

SPL Máximo em Função da Distância e da Altura

www.studior.com.br

Homero Sette

3 - 08 - 2012

Em trabalho anterior ^[1] respondemos às seguintes perguntas:

- 1 – Qual o SPL máximo que uma caixa é capaz de produzir a determinada distância ?
- 2 – Quantas pessoas a caixa pode cobrir ?

Neste trabalho responderemos a essas mesmas perguntas, mas enfocando uma situação particular: a montagem em pedestal.

O que muda ?

A montagem em pedestal, geralmente feita em um tripé, regulável ou não, pode utilizar qualquer outro tipo de suporte, desde que seja seguro e adequado. O que acontece é a caixa ser fixada a uma altura menor do que as praticadas quando da montagem no teto ou em parede.

Esse fato tornará corriqueira a existência de ângulos de inclinação e de montagem negativos, bem como a operação com ângulo de montagem nulo será extremamente comum (caixa sem qualquer inclinação, ou seja, com o eixo da corneta paralelo ao piso e ao plano de audição, conforme vemos na Fig. 6).

No entanto, mesmo com uma altura de montagem pequena, se o plano de audição estiver abaixo do de montagem, nada de novo surgirá e poderemos usar os gráficos fornecidos em ^[1].

Conceitos Importantes

Antes de detalharmos a montagem em pedestal, com suas particularidades, vamos rever os conceitos básicos que são válidos em qualquer situação.

Primeiramente devemos notar que a quantidade A , utilizada neste trabalho e em ^[1,2], denominada *altura de utilização*, é a diferença entre a *altura de montagem* A_M e a *altura do plano da audição*, A_L , ou seja, $A = A_M - A_L$.

Assim, $A = 0$ não significa que a caixa está montada no chão, mas que $A_M = A_L$, ou seja, o plano de audição está situado na altura de montagem da caixa, conforme a Fig. 6.

Altura do *plano da audição* é a distância do piso (piso = referência zero das alturas) onde se supõem estarem, na média, a altura das orelhas dos ouvintes. Para pessoas sentadas costuma-se utilizar 1,20 metros. Isso garante que os ouvintes situados entre a distância de cobertura máxima, C_2 , e a de cobertura mínima, C_1 (Fig. 1.1), ou seja, no intervalo coberto $C = C_2 - C_1$ estarão em situação adequada de audição.

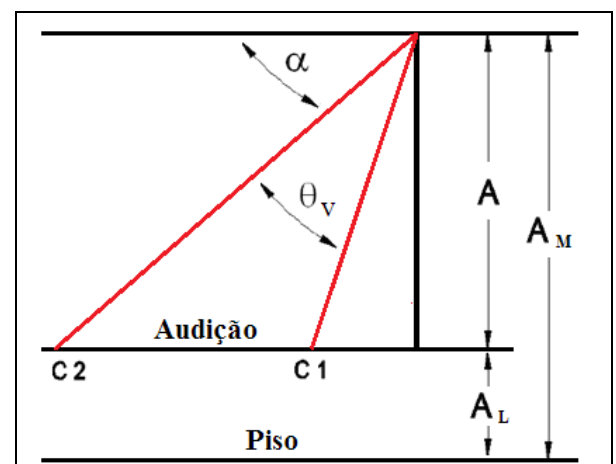
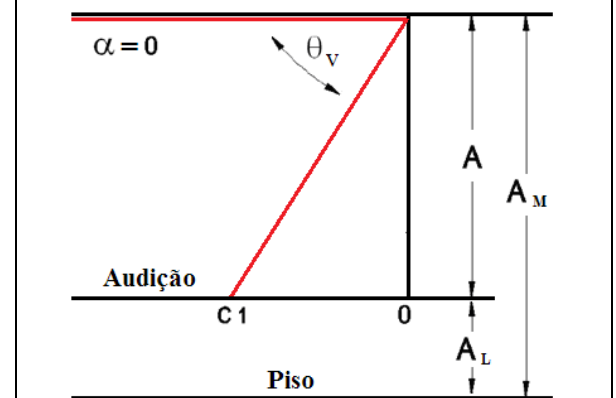
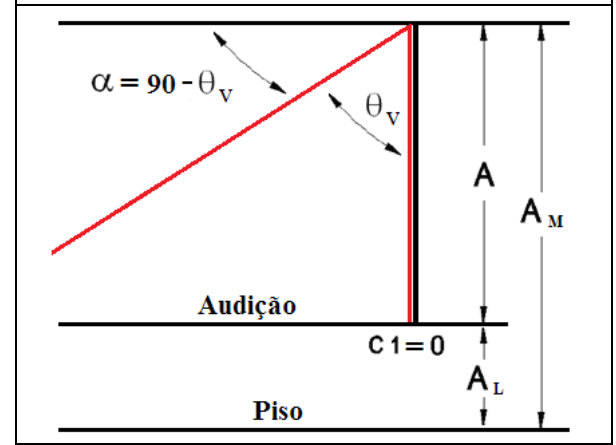


Fig. 1.1 - Cobertura Vertical genérica.

Fig. 1.2 - Cobertura Vertical para $\alpha = 0$.Fig. 1.3 - Cobertura Vertical para $\alpha = 90 - \theta_V$.

Outra característica da montagem em tripé são os pequenos ângulos de inclinação utilizados, principalmente em suportes sem a possibilidade do ajuste da inclinação, onde o ângulo α poderá ser igual a 0, situação esta que coloca a maior distância coberta no infinito ($C_2 = \infty$), mostrada na Fig. 1.2.

É claro que a diluição da energia com a distância (lei dos inversos dos quadrados) colocará um limite para essa cobertura, pois a 10 m da fonte teremos 20 dB de atenuação e a 100 m esta dobrará para 40 dB.

Pequenos valores do ângulo de inclinação, α , compensam a redução da cobertura com a diminuição da altura de montagem.

Já o ângulo máximo de inclinação, aqui considerado, será

$\alpha = 90 - \theta_v$, situação mostrada na Fig. 1.3, onde a cobertura inicial C_1 começará na base do tripé.

Ângulos de inclinação e de Montagem

As Figs. 2 e 3 mostram que o ângulo de montagem α_M é igual à soma do ângulo de inclinação α com a metade do ângulo de cobertura vertical, de modo que

$$\alpha_M = \alpha + \frac{\theta_v}{2}.$$

Fica claro, na Fig. 3, que o ângulo de inclinação α é aquele formado entre o *plano de montagem* que representa o teto (mesmo que este não exista na montagem em pedestal) e o perfil da lateral superior da corneta ideal (Fig. 2), na qual os ângulos de cobertura θ_H e θ_V determinam a inclinação das paredes da corneta ideal.

Em uma corneta real, com um perfil complexo, isso pode não ser tão simples assim e dificultar bastante o processo da instalação correta.

Esta dificuldade será sanada com base na Fig. 3, onde vemos que a linha de centro da corneta é paralela às faces superior e inferior da caixa.

O ângulo formado por essas paralelas, com o *plano de montagem*, é o *ângulo de montagem* α_M , que pode, assim, ser facilmente determinado, no local da instalação.

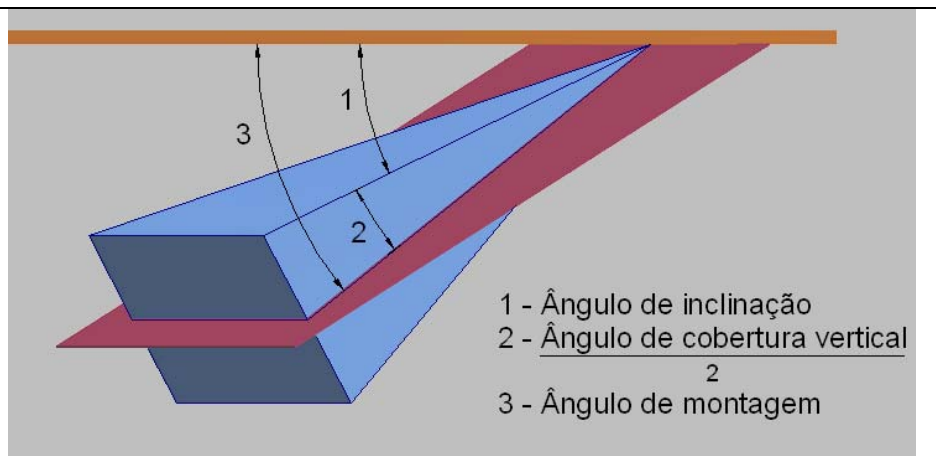


Fig. 2 - Coberturas Vertical e Horizontal e o ângulos de inclinação α e montagem α_M

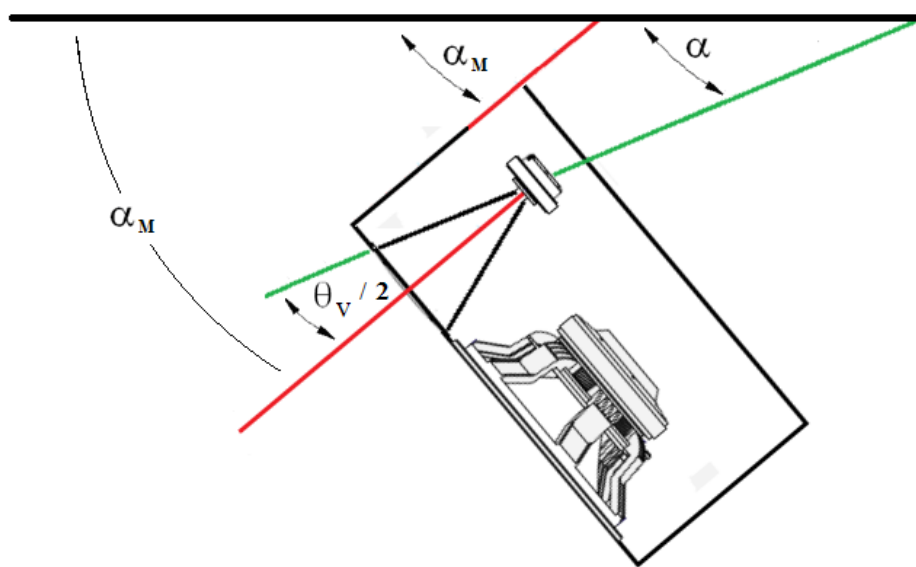


Fig. 3 - Ângulos de inclinação α e montagem α_M , em caixa inclinada para baixo.

Conforme o exposto acima, concluímos que:

- 1 – O ângulo de inclinação α é mais adequado para a visualização e o entendimento da cobertura (teoria).
- 2 – O ângulo de montagem α_M é mais adequado para posicionar a caixa no local da instalação (prática).

Como todas as caixas citadas na Tabela 1 possuem $\theta_v = 50^\circ$, facilmente podemos obter o valor do ângulo de montagem α_M a partir do ângulo de inclinação, α , utilizado, bastando somar 25° ao ângulo de inclinação α para determinar o ângulo de montagem α_M .

$$\alpha_M = \alpha + \frac{\theta_v}{2} = \alpha + \frac{50}{2} \quad \therefore \quad \alpha_M = \alpha + 25$$

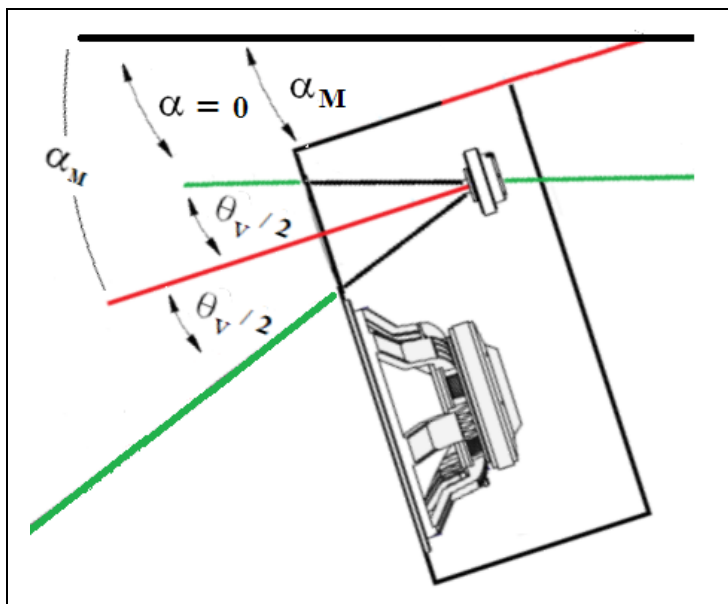


Fig. 4 – Montagem com ângulo de inclinação $\alpha = 0$.

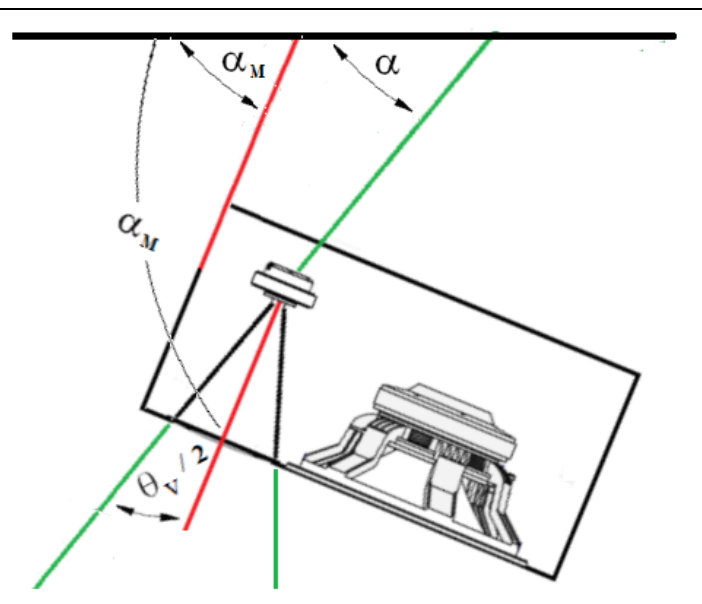


Fig. 5 – Montagem com ângulo de inclinação $\alpha = 90 - \theta_v$.

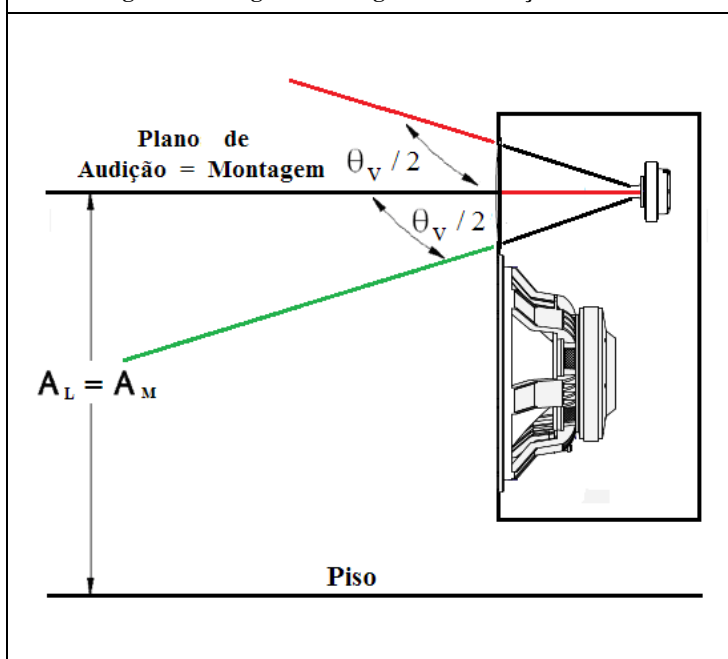


Fig. 6 – Ângulo $\alpha_M = 0$ e de inclinação negativo $\alpha = -\theta_v/2$.

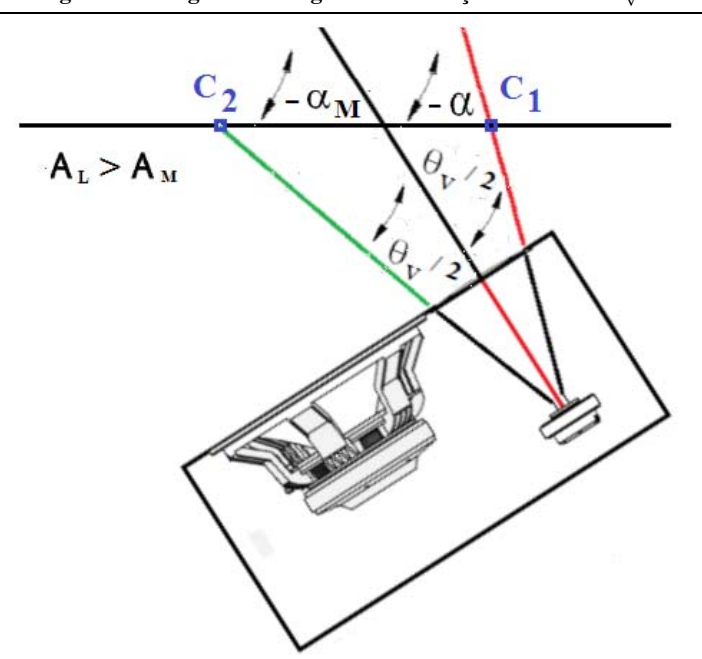


Fig. 7 – Ângulos de montagem e de inclinação negativos e $A_L > A_M$.

Isso feito inclina-se a caixa de modo a fazer com que este ângulo α_M seja aquele formado pela face superior da caixa e o plano de montagem.

Na Fig. 4 vemos a situação particular que acontece quando $\alpha = 0$, o que implica em $\alpha_M = \alpha + \frac{\theta_v}{2} = 0 + \frac{\theta_v}{2} = \frac{\theta_v}{2}$.

Neste caso a cobertura começa no ponto em que o prolongamento da lateral inferior da corneta cruza o plano da audição. Já a cobertura final teoricamente projeta-se para o infinito, pois a lateral superior da corneta é paralela ao plano da audição.

Outra situação particular está representada na Fig. 5 e corresponde a um ângulo de inclinação $\alpha = 90 - \theta_v$, o que faz com que a cobertura inicial esteja logo abaixo do tripé, terminando na interseção do prolongamento da lateral superior da corneta com o plano da audição. Neste caso, teremos:

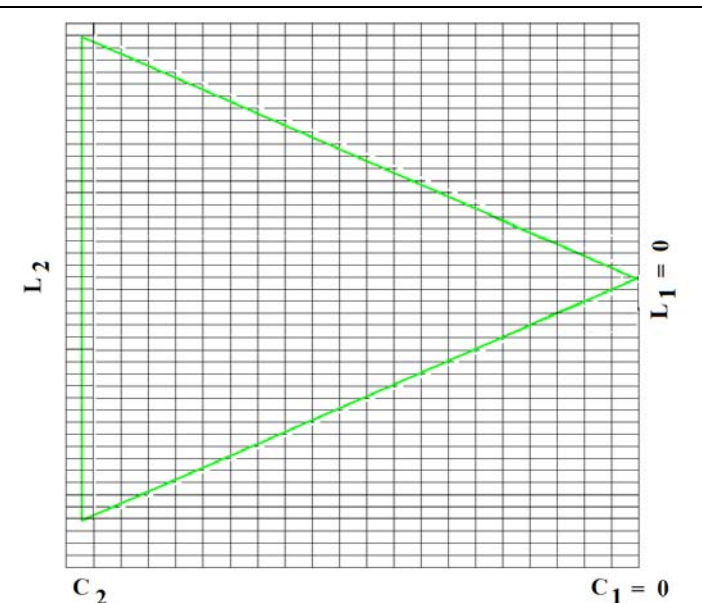


Fig. 8 – Área coberta, na situação da Fig. 6 : ângulo $\alpha_M = 0$ e de inclinação negativo $\alpha = -\theta_v/2$, para C_2 arbitrário.

$$\alpha_M = \alpha + \frac{\theta_v}{2} = 90 - \theta_v + \frac{\theta_v}{2} = 90 - \frac{\theta_v}{2}.$$

A cobertura inicia em $C_1 = 0$ e termina em C_2 , que é o ponto de interseção da lateral superior da corneta com o plano de audição, sendo, também a distância até ao pé do cluster, sobre o plano da audição.

Na Fig. temos a situação correspondente ao ângulo de montagem $\alpha_M = 0$, o que implica em um ângulo de inclinação negativo e igual a $\alpha = -\theta_v/2$.

Neste caso o plano de montagem coincide com o de audição e a área coberta, de formato triangular, pode ser vista na Fig. 8, onde $C_1 = 0$ e $C_2 = \infty$. Isto significa que deveremos limitar o valor de C_2 em um valor finito, que seja conveniente, como, por exemplo, a profundidade da sala ou a distância em que o SPL atinja um valor mínimo aceitável. Assim, o valor de C_2 deverá ser escolhido (arbitrado).

A menor largura coberta será nula, $L_1 = 0$, e a maior dada por $L_2 = 2 \cdot C_2 \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\theta_H}{2}\right)$ e a menor, L_1 , será nula.

A área coberta será igual ao dobro da área de um triângulo, com lados iguais a $L_2/2$ e C_2 , ou seja, a de um retângulo com essas mesmas dimensões: $S = \frac{L_2 \cdot C_2}{2}$.

Ângulos Negativos

Na Fig. 6 vimos que a situação comum, de uma caixa montada em pedestal, onde o ângulo de montagem α_M é nulo, implicou em *ângulo de inclinação negativo*, igual à metade do ângulo de cobertura vertical, pois:

$$\alpha_M = \alpha + \frac{\theta_v}{2} \Rightarrow 0 = \alpha + \frac{\theta_v}{2} \Rightarrow \alpha = -\frac{\theta_v}{2}$$

Este fato indica que, conforme a Fig. 7, quando a caixa estiver inclinada para cima (o que pode ocorrer em um tripé articulado), os ângulos de montagem e de inclinação serão negativos. Esta também é a situação de um monitor de palco, onde o plano de audição está acima do de montagem, ou seja, $A_L > A_M$ e os ângulos de inclinação e montagem são também negativos.

Cobertura Horizontal		$\Theta_{\text{H}} = 90^{\circ}$		Cobertura Vertical		$\Theta_{\text{V}} = 50^{\circ}$
Modelo	Sensibilidade em dB @ 1 Watt / 1 metro	Número de Falantes	Pot. Máxima, W		SPL Máximo @ 1 m , em dB	
			p/Falante	Total		
SKY 3000	96	2	250	500	126	
SKY 2200	100	2	250	500	130	
SKY 700	96	1	250	250	120	
SKY 600	100	1	200	200	123	
NASH 1244	97	1	250	250	121	

Tab. 1 – Características de sensibilidade, eficiência e potência de diversos modelos de caixas STUDIO R.

Área de Cobertura

A área coberta depende:

1 - Da altura de montagem A_M .

Como normalmente o plano de audição A_L está a certa altura do chão, que corresponde à altura dos ouvidos das pessoas, sentadas ou de pé, a área coberta no plano de audição dependerá da *altura de utilização* A , dada por: $A = A_M - A_L$. Quanto maior o valor de A , maior será a área coberta.

2 – Do ângulo α de inclinação da caixa.

3 – Dos ângulos de cobertura horizontal e vertical da caixa.

Para as caixas da Tabela 1 esses ângulos são: $\Theta_H = 90^\circ$ e $\Theta_V = 50^\circ$, pois utilizam o mesmo modelo de corneta. Em frequências abaixo de 200 Hz a cobertura torna-se praticamente omnidirecional, ou seja, a energia sonora distribui-se naturalmente por todo o recinto.

No caso da Montagem em tripé teremos três casos:

1 – Plano de montagem acima do plano da audição, ou seja, $A_M > A_L \Rightarrow A = A_M - A_L$.

Esta situação é a mesma encontrada nas montagens em teto e paredes. A única particularidade é que a altura de montagem é muito menor. Nas curvas aqui apresentadas a altura máxima de montagem será igual a 2 m e a mínima 10 cm.

Utilizar as Figuras 9 a 21

2 – Plano da audição acima do plano de montagem, ou seja, $A_L > A_M \Rightarrow A = A_L - A_M$.

Neste caso os ângulos de montagem e inclinação serão negativos (e não nulos), conforme vemos na Fig. 7.

Utilizar as Figuras 10, 11 a 15, 21 a 27

3 – Plano de montagem coincidente com o plano da audição, ou seja, $A_M = A_L \Rightarrow A = A_M - A_L = 0$.

Situação mostrada na Fig. 6, onde o ângulo de montagem é nulo, ou seja, $\alpha_M = 0$ e o ângulo de inclinação é negativo e igual à metade do ângulo de cobertura vertical da corneta, $\alpha = -\theta_V / 2$. A cobertura horizontal está mostrada na Fig. 8.

Utilizar as Figuras 6, 8, (11 a 15 somente as curvas para $A = 0$)

Modelo	Sensibilidade em dB @ 1 Watt / 1 metro	Número de Falantes	Potência Máxima	SPL Máximo @ 1 m em dB
SKY 3000	99	2	500 W	126
SKY 2200	103	2	500 W	130
SKY 700	96	1	250 W	120
SKY 600	100	1	200 W	123
NASH 1244	97	1	250 W	121
Tab. 2 – Sensibilidade, SPL e potência máximas para as caixas STUDIO R , acima.				

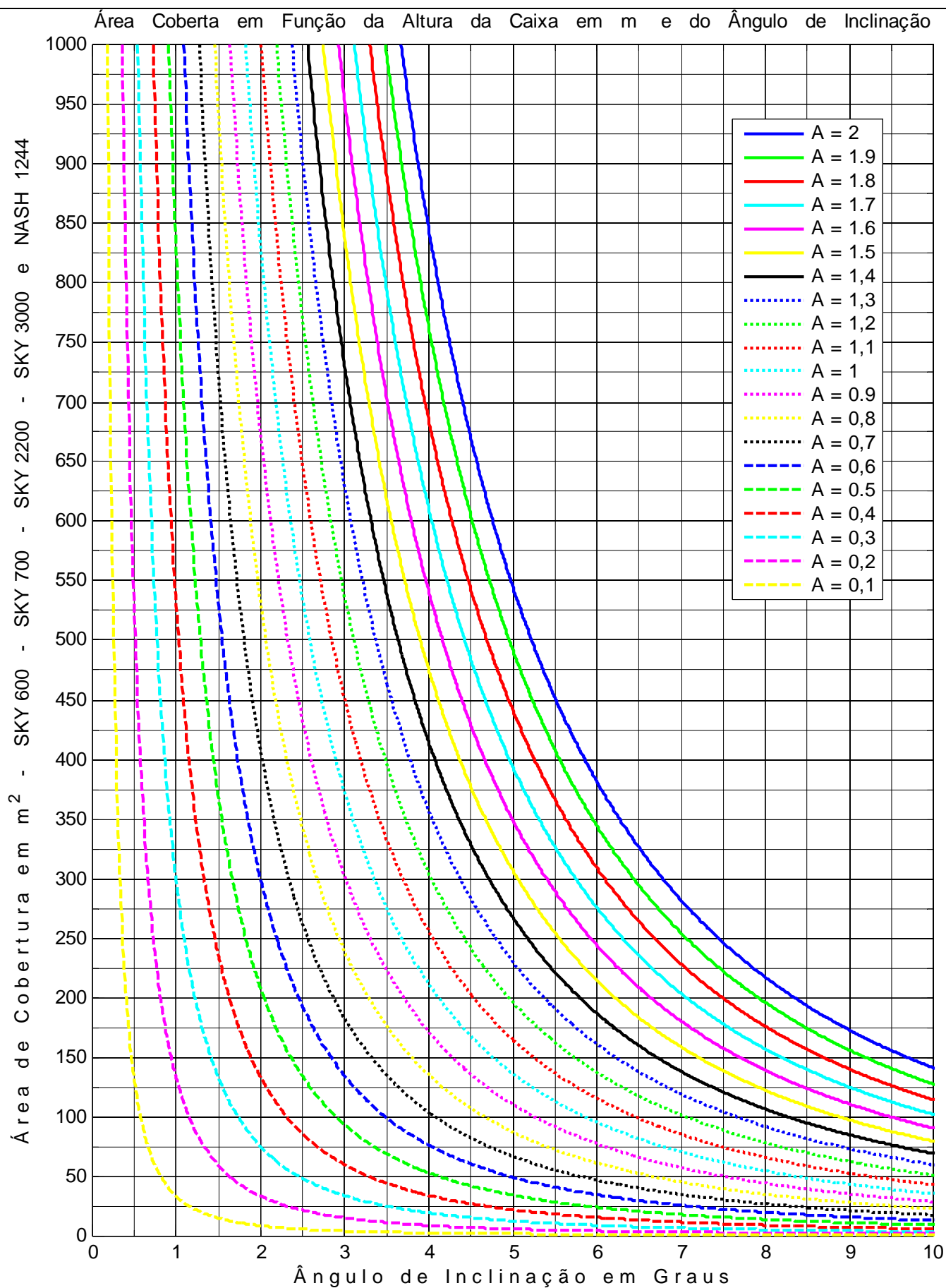


Fig. 9

- 1 - Entre com o valor do ângulo de inclinação ;
- 2 - Levante uma perpendicular até encontrar a curva correspondente à altura de utilização ;
- 3 - No ponto de interseção trace uma reta horizontal e obtenha o valor da **área coberta**, em metros quadrados, no eixo vertical.
- 4 - Multiplique a **área coberta** pela densidade de público (1, 2, 3, 4 ou 5 pessoas por m^2) e encontre a quantidade total de **pessoas cobertas**, ou use o gráfico da página seguinte.

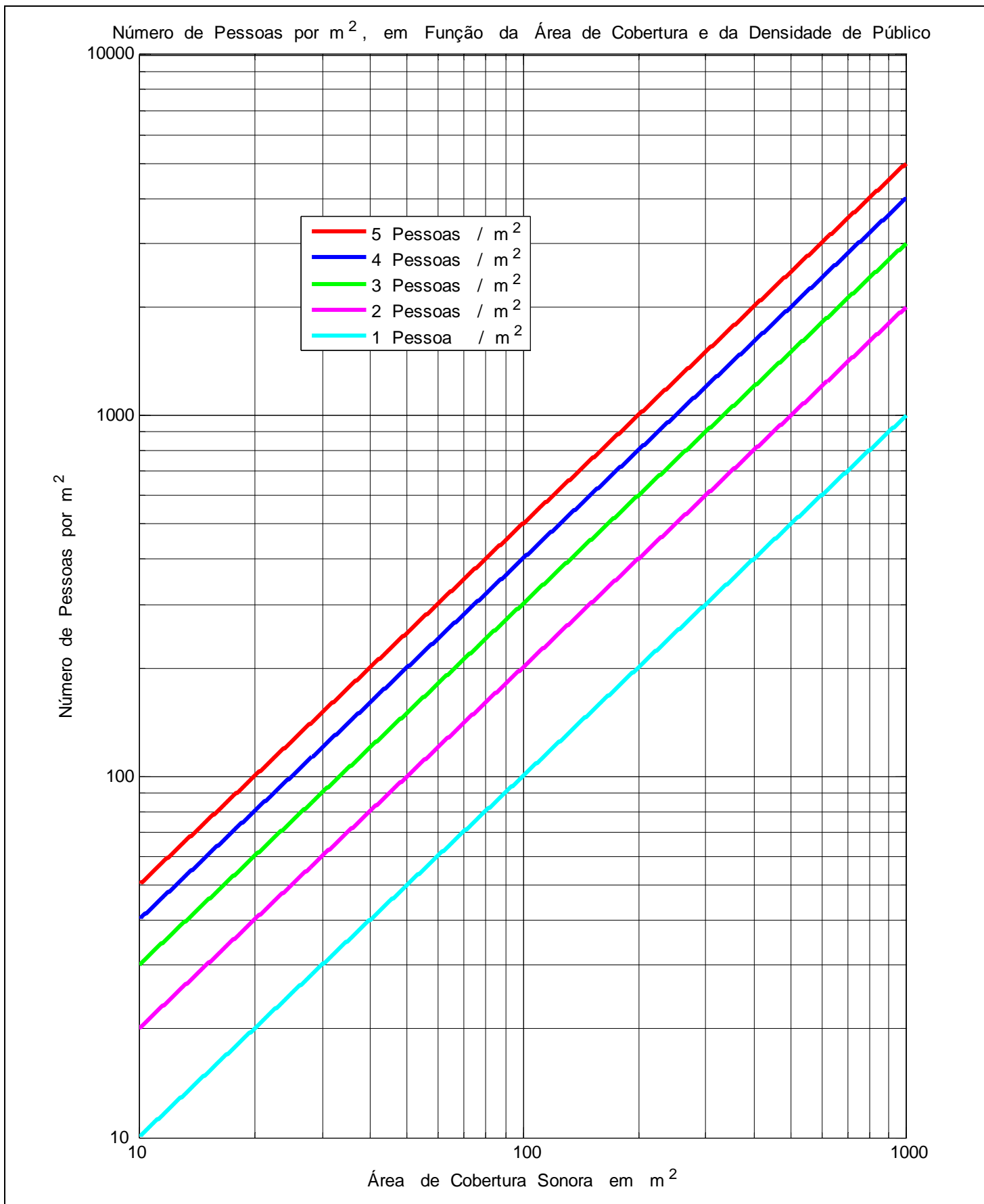


Fig. 10

Se preferir, entre no eixo horizontal com a área coberta e levante uma perpendicular até encontrar a reta correspondente à densidade de público desejada. Pelo ponto de cruzamento passe uma reta horizontal e obtenha a quantidade de **pessoas cobertas**, no eixo vertical. *Note que a graduação dos eixos é logarítmica.*

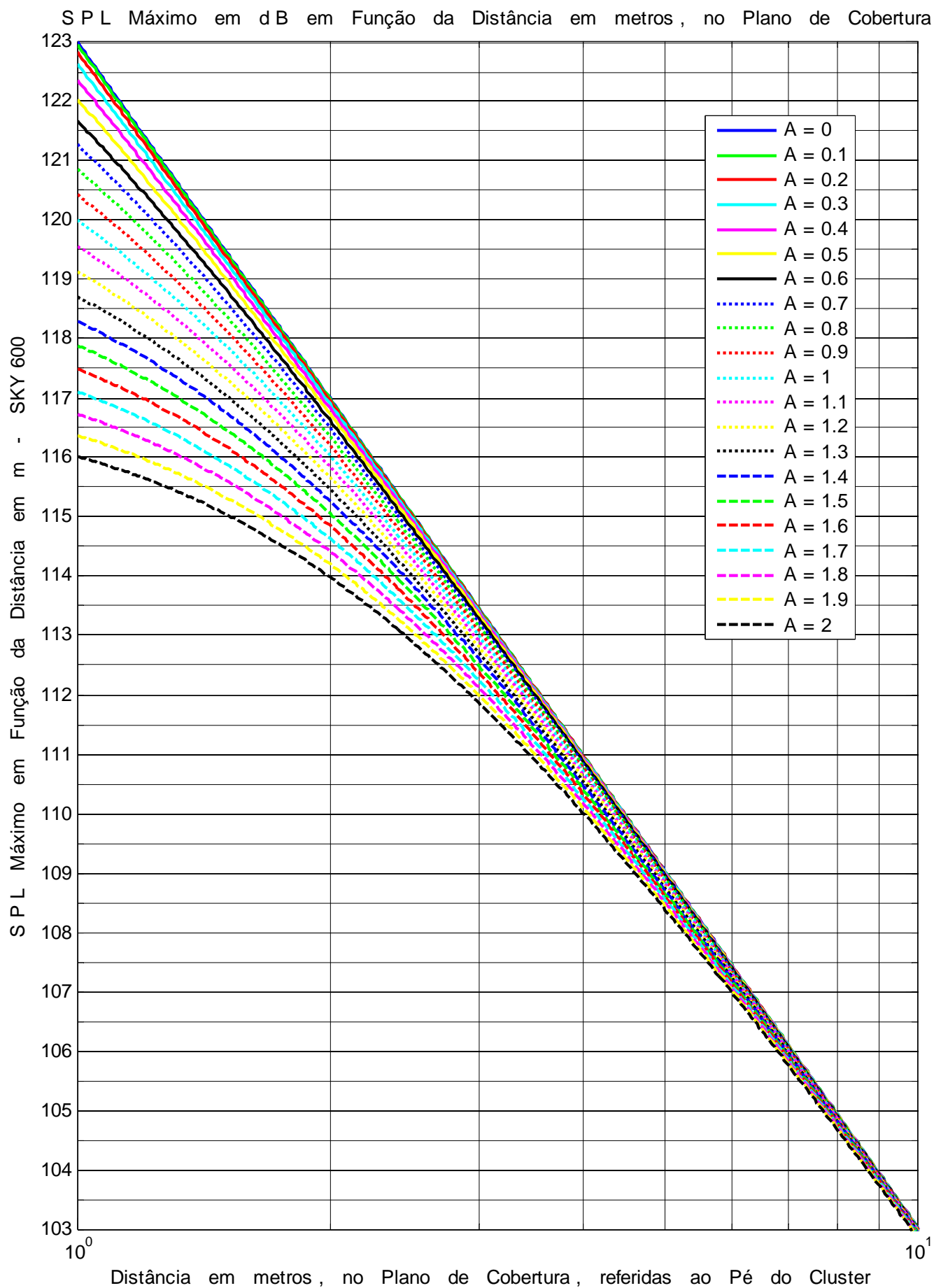


Fig. 11.1

Entre com a distância desejada em metros e levante uma perpendicular até à curva correspondente à altura. Trace uma reta horizontal pelo ponto de cruzamento e obtenha o SPL máximo, em dB, no eixo vertical.

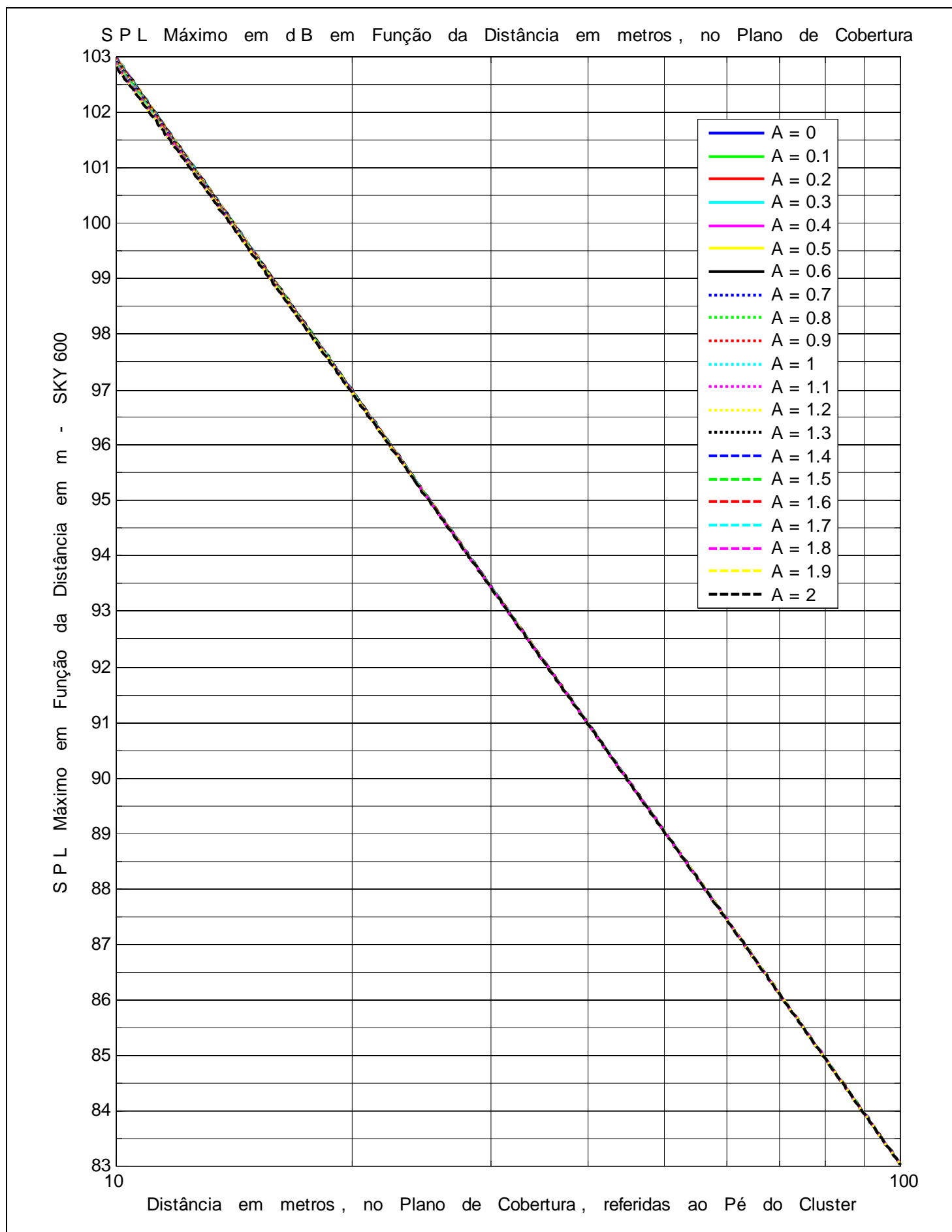


Fig. 11.2

Entre com a distância desejada em metros e levante uma perpendicular até à curva correspondente à altura. Trace uma reta horizontal pelo ponto de cruzamento e obtenha o SPL máximo, em dB, no eixo vertical.

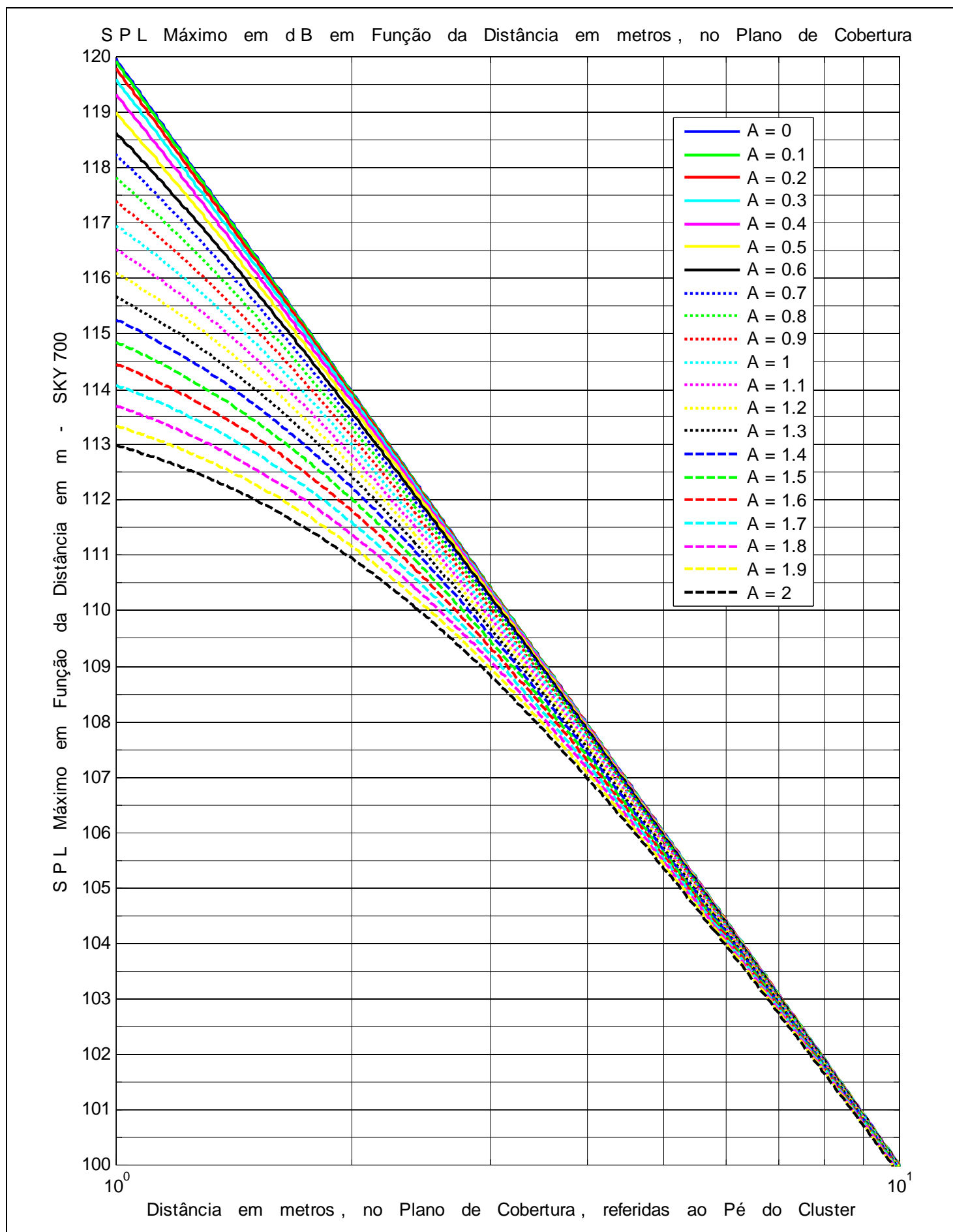


Fig. 12.1

Entre com a distância desejada em metros e levante uma perpendicular até à curva correspondente à altura. Trace uma reta horizontal pelo ponto de cruzamento e obtenha o SPL máximo, em dB, no eixo vertical.

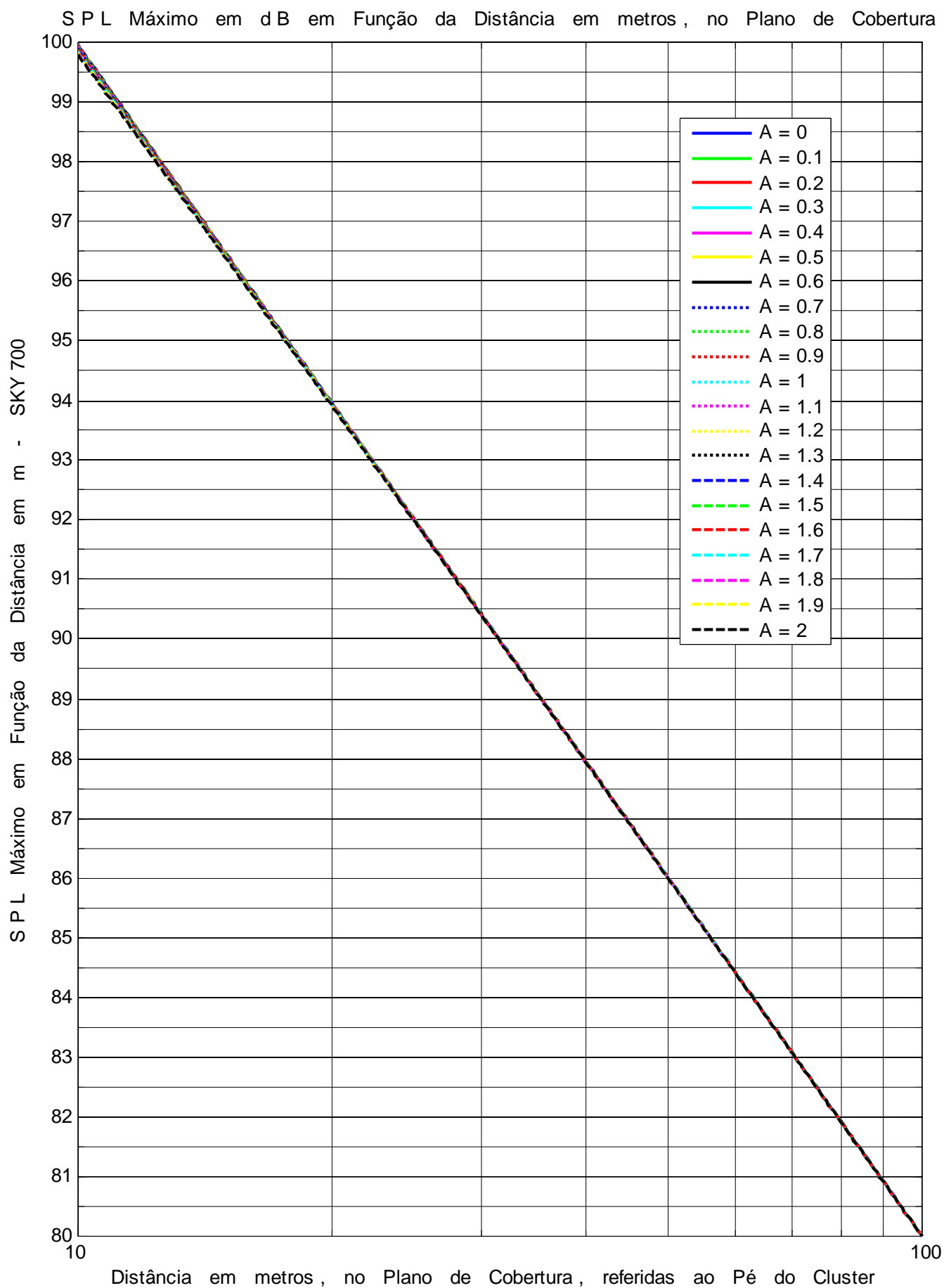


Fig. 12.2

Entre com a distância desejada em metros e levante uma perpendicular até à curva correspondente à altura. Trace uma reta horizontal pelo ponto de cruzamento e obtenha o SPL máximo, em dB, no eixo vertical.

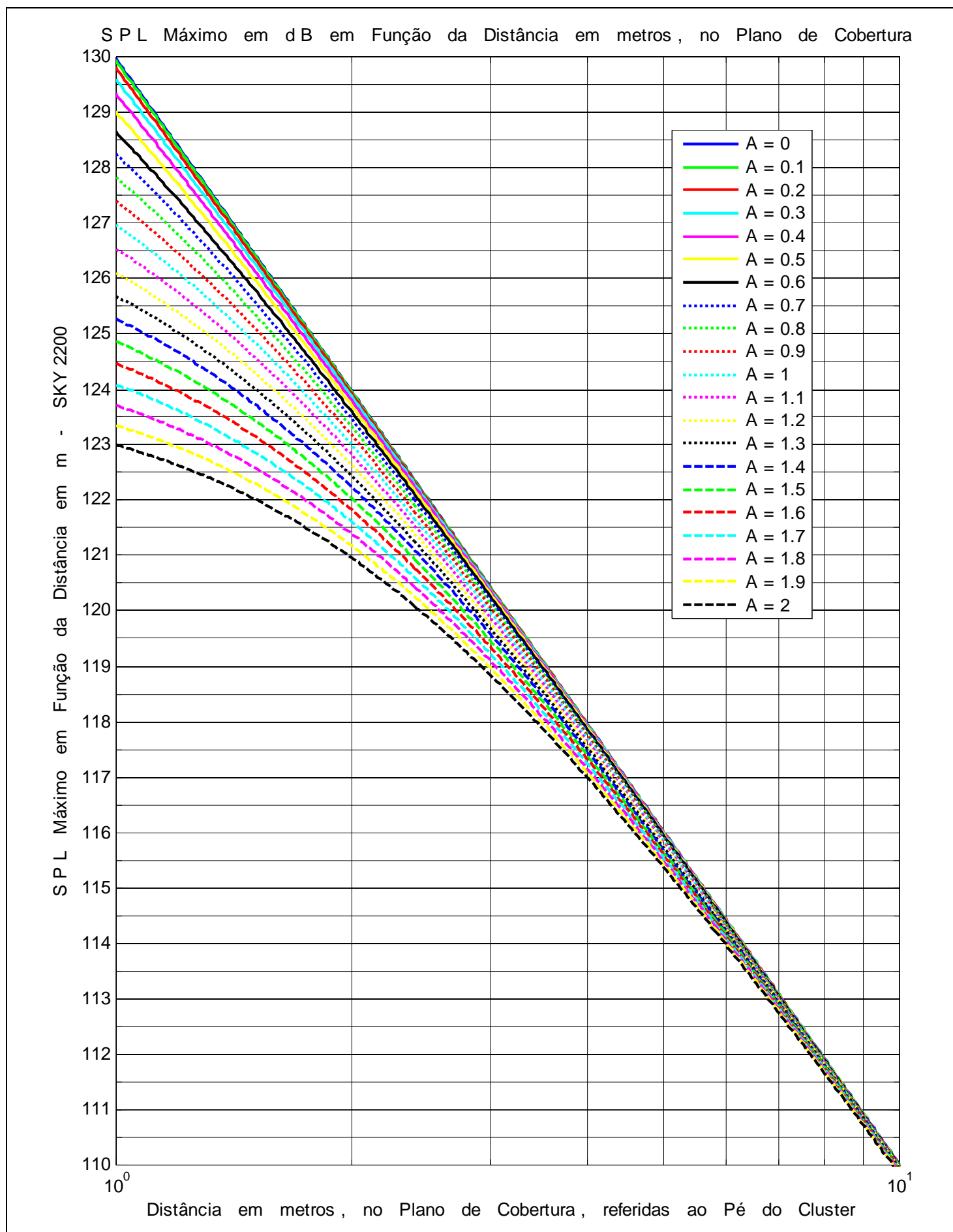


Fig. 13.1

Entre com a distância desejada em metros e levante uma perpendicular até à curva correspondente à altura. Trace uma reta horizontal pelo ponto de cruzamento e obtenha o SPL máximo, em dB, no eixo vertical.

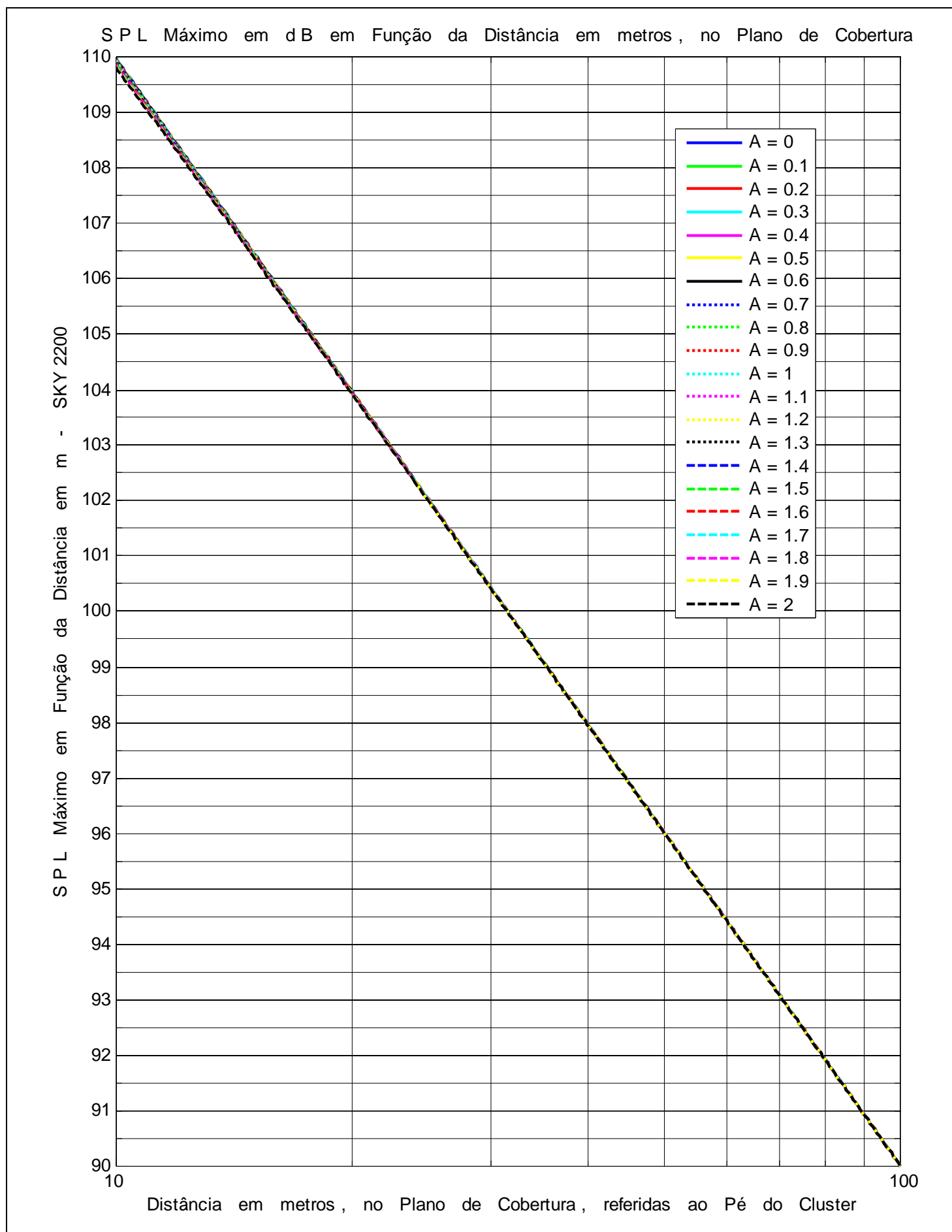


Fig. 13.2

Entre com a distância desejada em metros e levante uma perpendicular até à curva correspondente à altura. Trace uma reta horizontal pelo ponto de cruzamento e obtenha o SPL máximo, em dB, no eixo vertical.

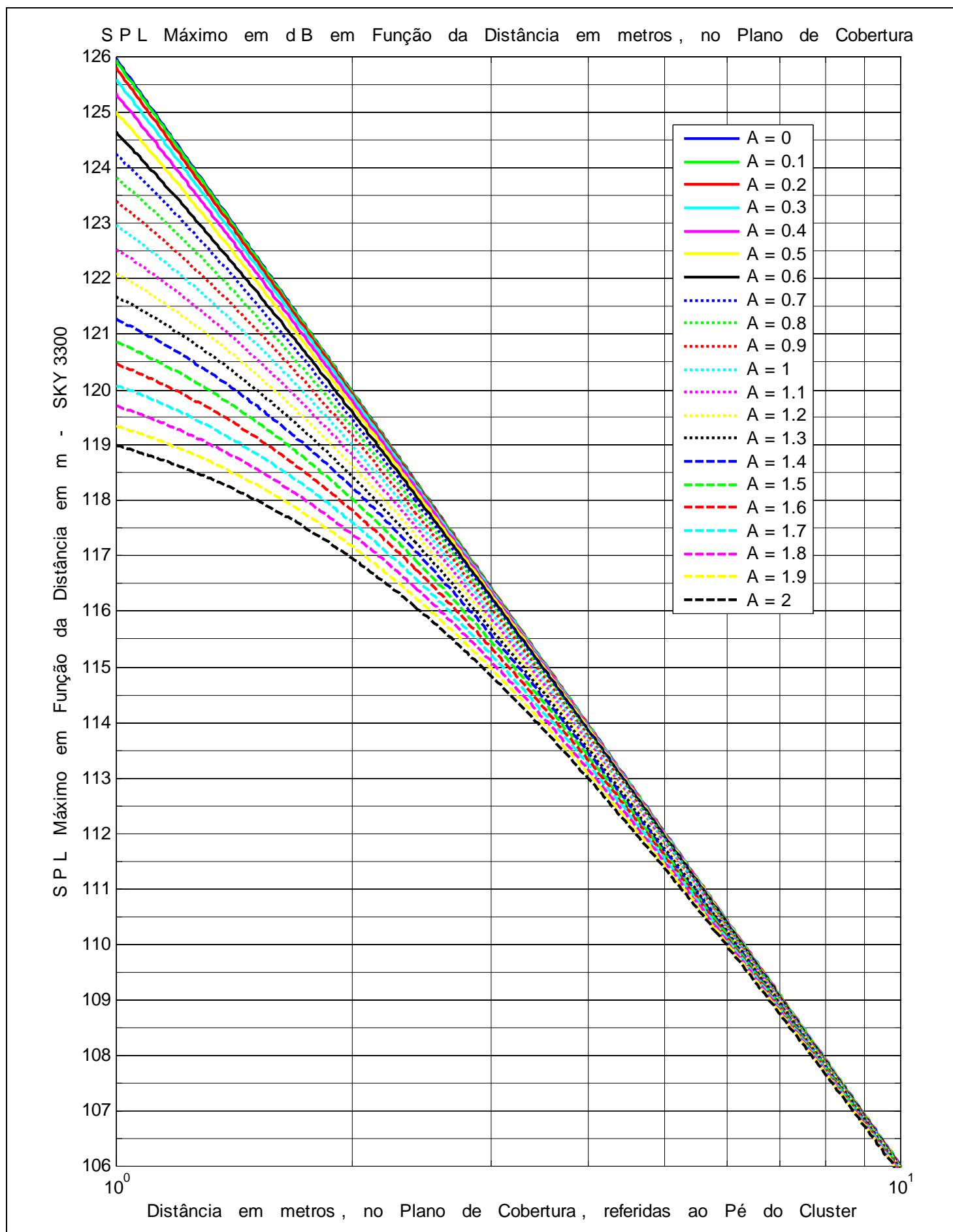


Fig. 14.1

Entre com a distância desejada em metros e levante uma perpendicular até à curva correspondente à altura. Trace uma reta horizontal pelo ponto de cruzamento e obtenha o SPL máximo, em dB, no eixo vertical.

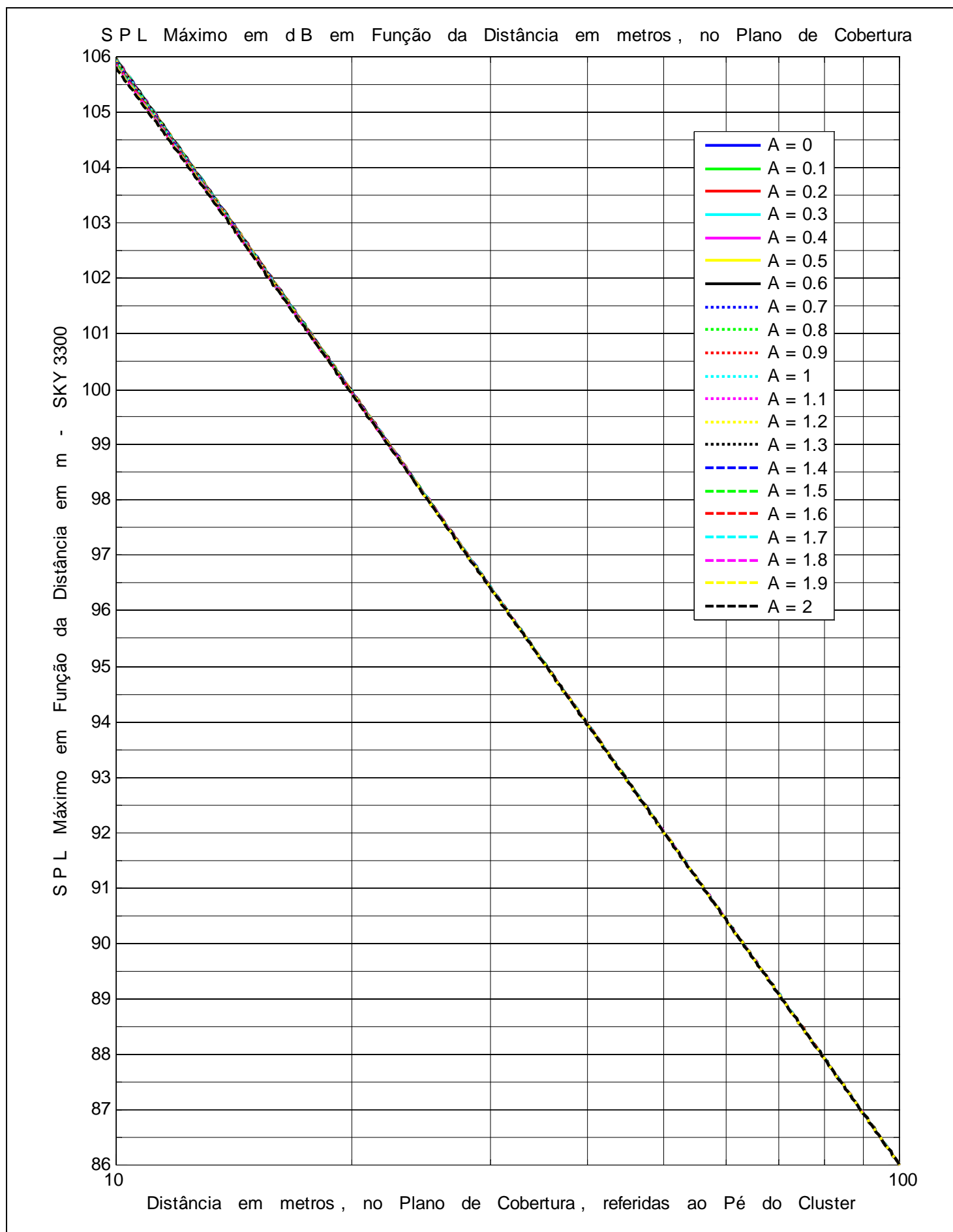


Fig. 14.2

Entre com a distância desejada em metros e levante uma perpendicular até à curva correspondente à altura. Trace uma reta horizontal pelo ponto de cruzamento e obtenha o SPL máximo, em dB, no eixo vertical.

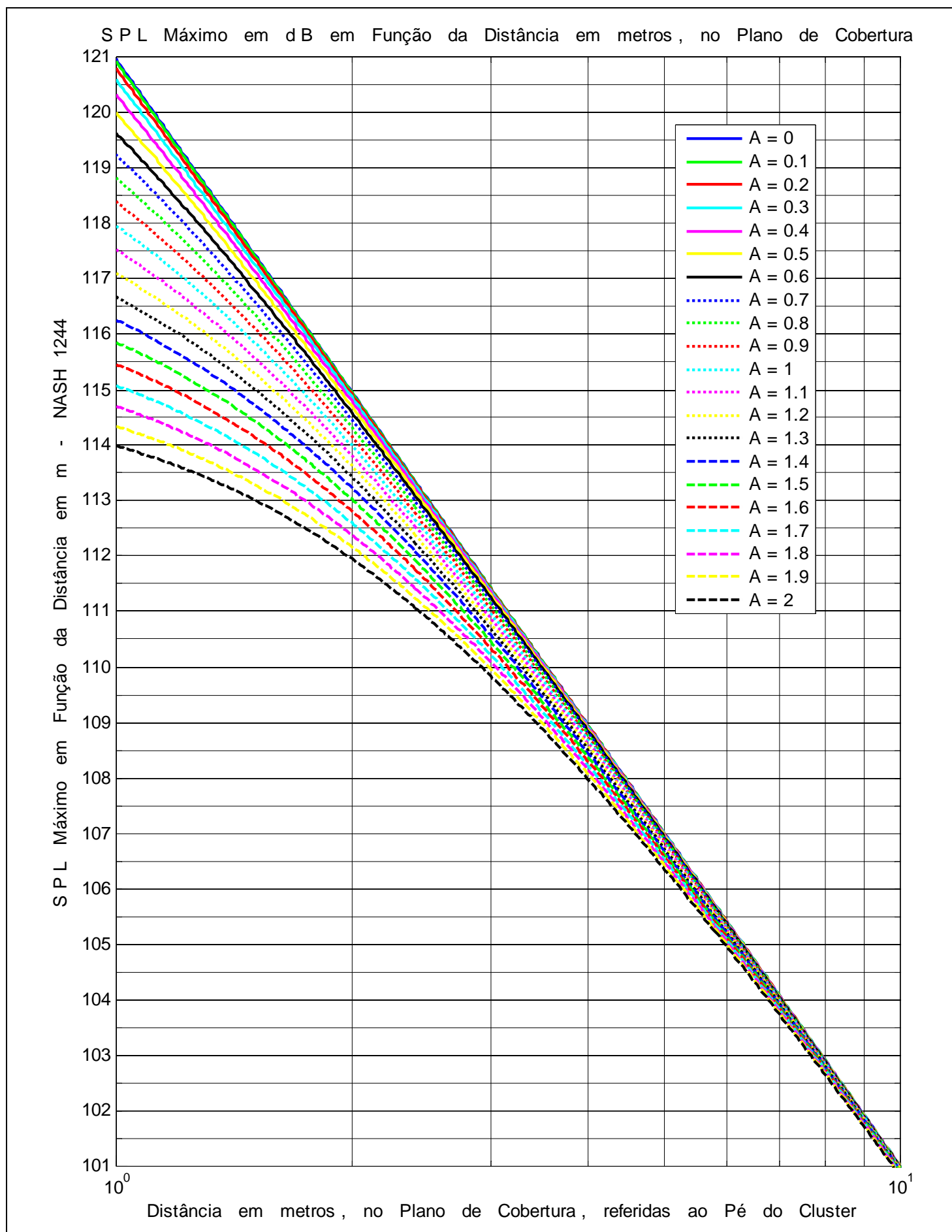


Fig. 15.1

Entre com a distância desejada em metros e levante uma perpendicular até à curva correspondente à altura. Trace uma reta horizontal pelo ponto de cruzamento e obtenha o SPL máximo, em dB, no eixo vertical.

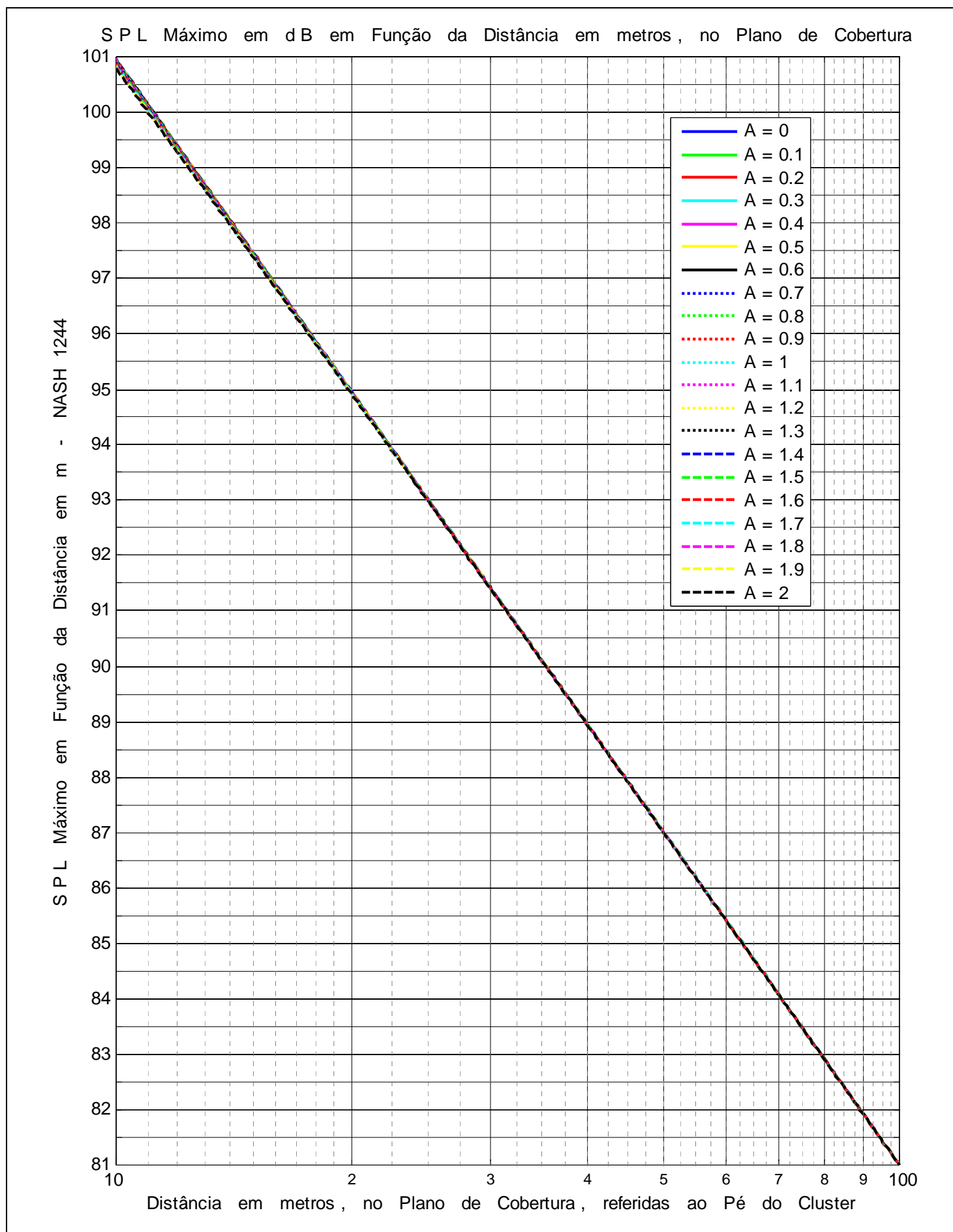


Fig. 15.2

Entre com a distância desejada em metros e levante uma perpendicular até à curva correspondente à altura. Trace uma reta horizontal pelo ponto de cruzamento e obtenha o SPL máximo, em dB, no eixo vertical.

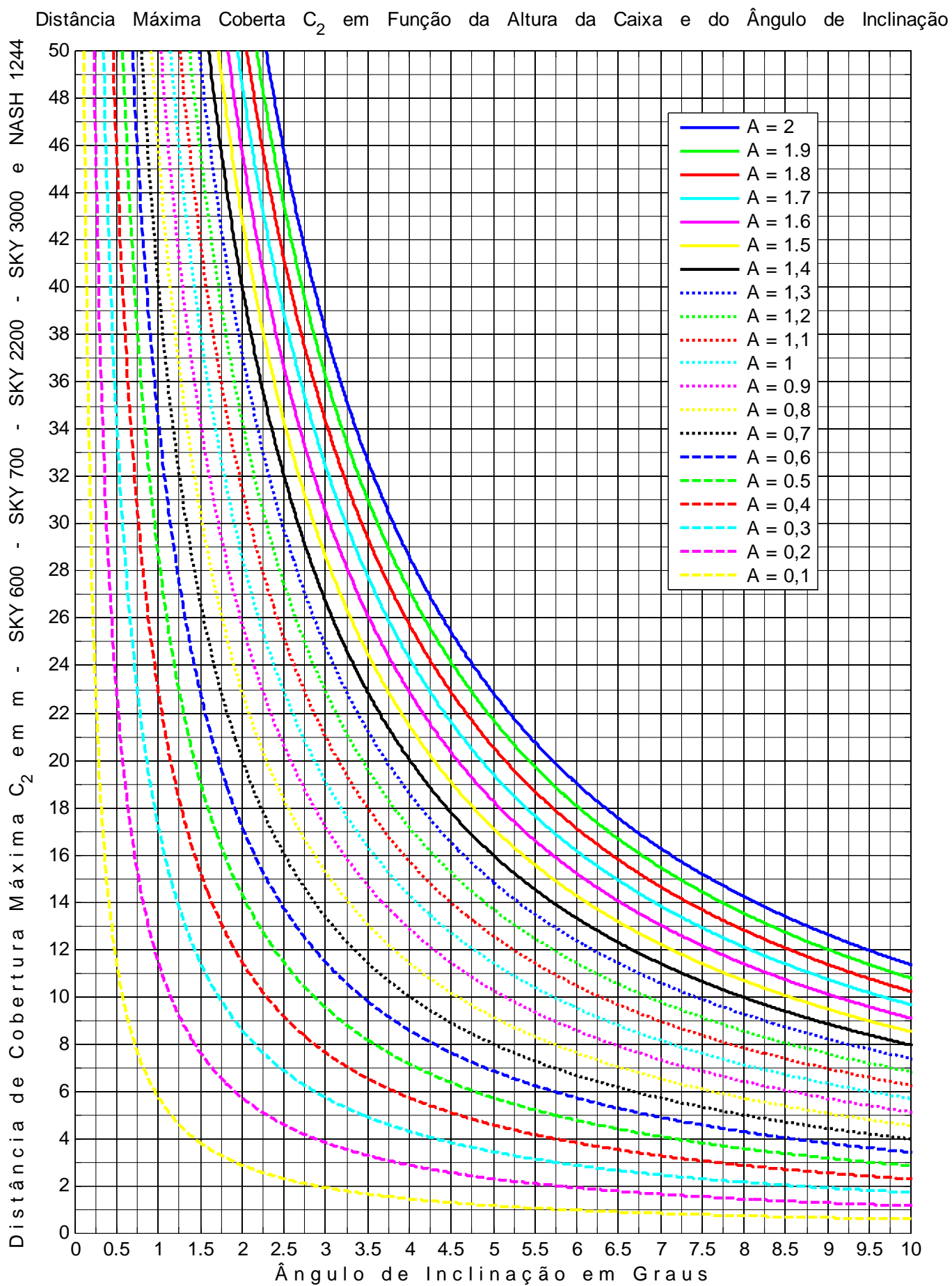


Fig. 16

Entre com o ângulo de inclinação e levante uma perpendicular até à curva correspondente à altura desejada. Trace uma reta horizontal pelo ponto de cruzamento e obtenha a distância maior coberta, C_2 , no eixo vertical.

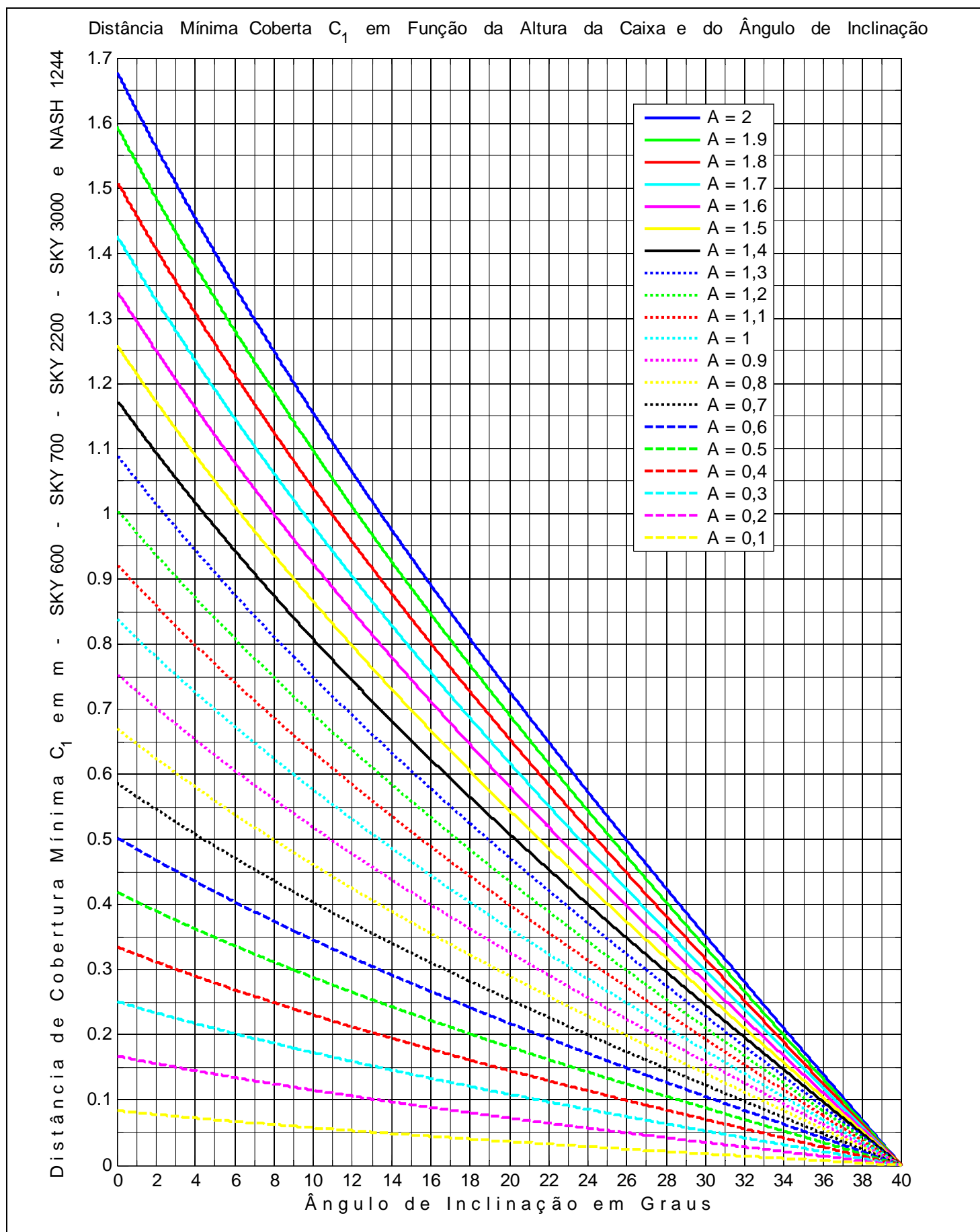


Fig. 17

Entre com o ângulo de inclinação e levante uma perpendicular até à curva correspondente à altura desejada. Trace uma reta horizontal pelo ponto de cruzamento e obtenha a distância menor coberta, C_1 , no eixo vertical.

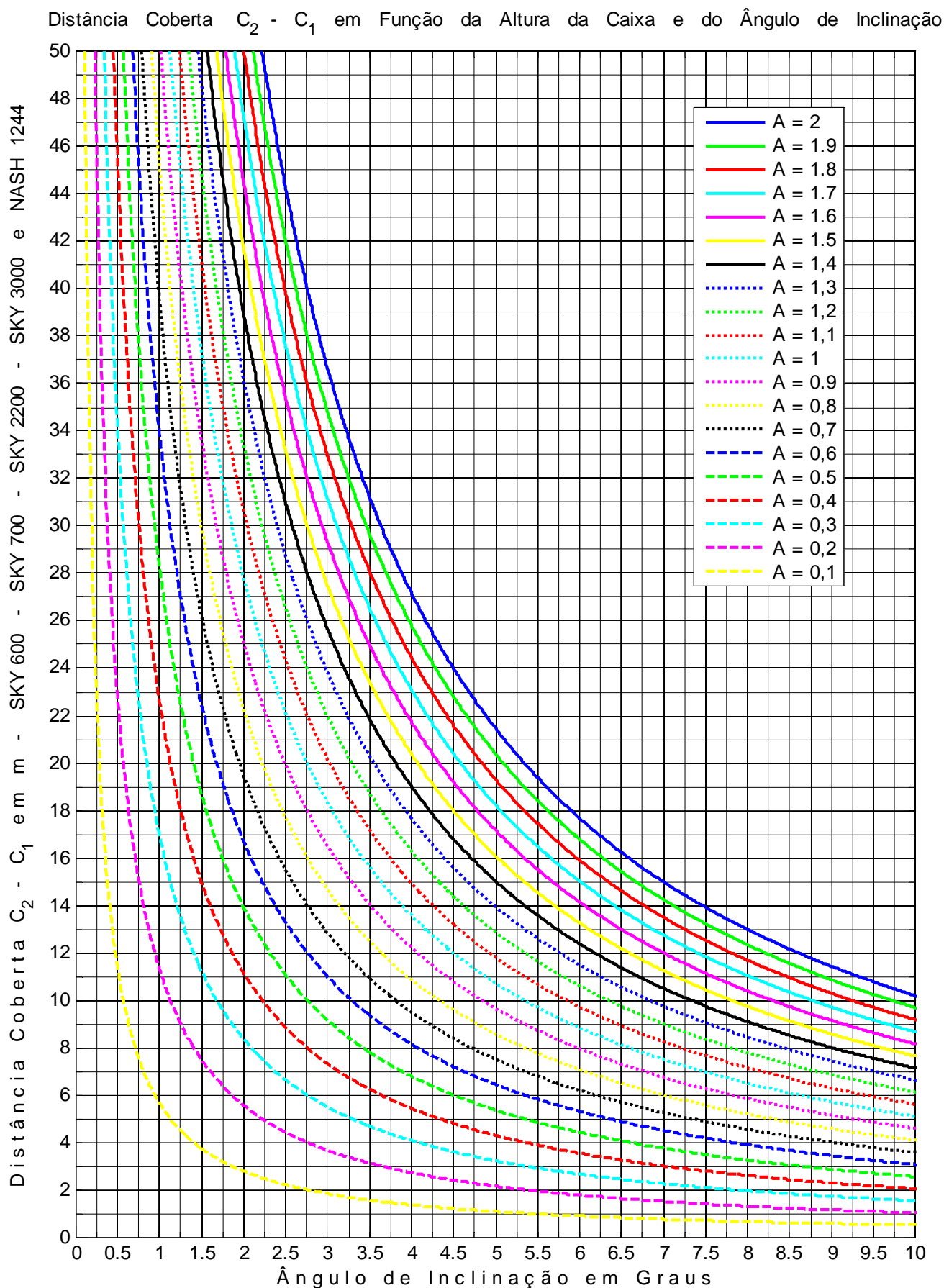


Fig. 18

Entre com o ângulo de inclinação e levante uma perpendicular até à curva correspondente à altura desejada. Trace uma reta horizontal pelo ponto de cruzamento e obtenha a distância coberta, $C_2 - C_1$, no eixo vertical.

Largura Máxima Coberta L_2 em Função da Altura da Caixa e do Ângulo de Inclinação

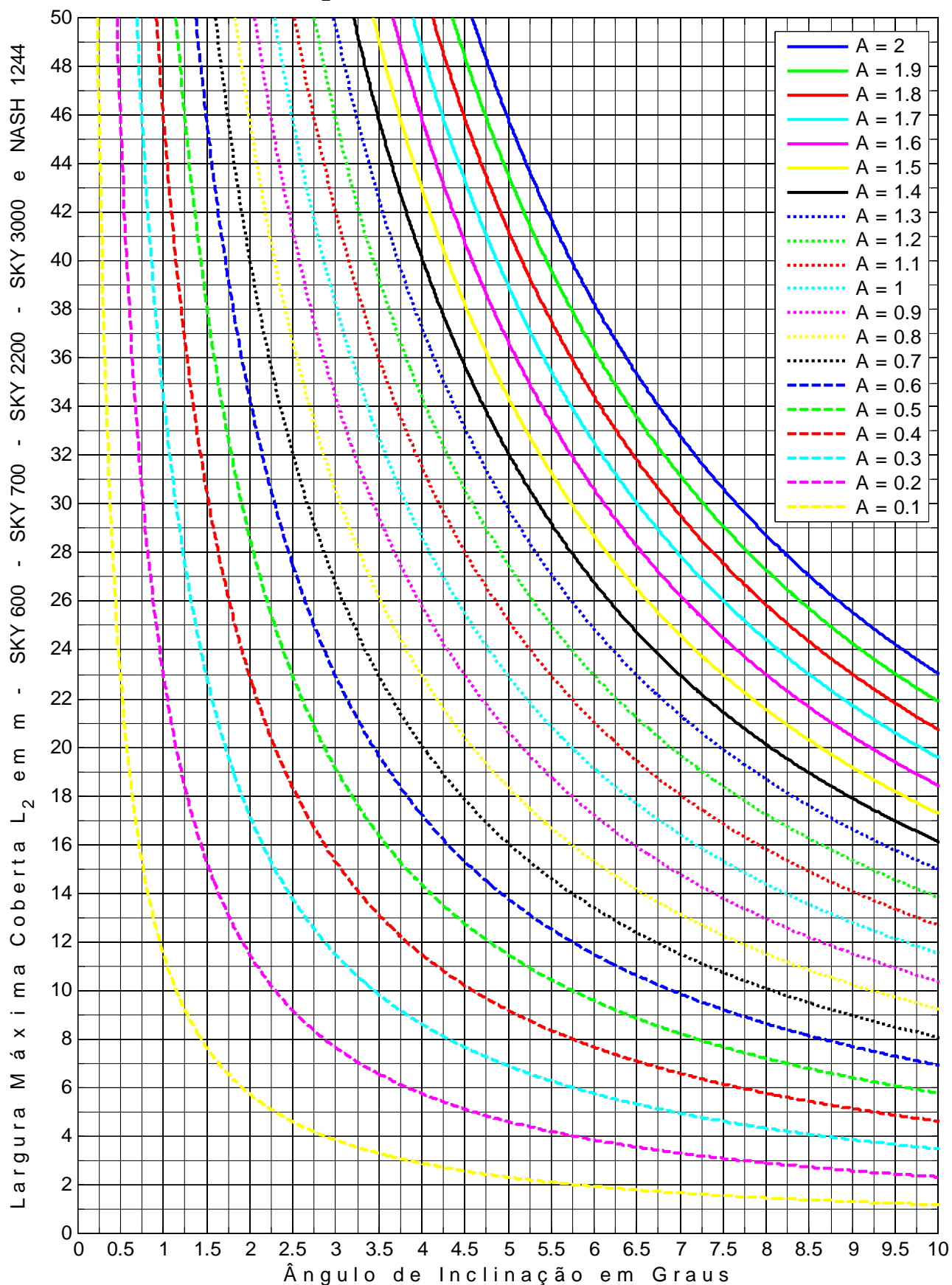


Fig. 19

Entre com o ângulo de inclinação e levante uma perpendicular até à curva correspondente à altura desejada. Trace uma reta horizontal pelo ponto de cruzamento e obtenha a maior largura coberta, L_2 , no eixo vertical.

Largura Mínima Coberta L_1 em Função da Altura da Caixa e do Ângulo de Inclinação

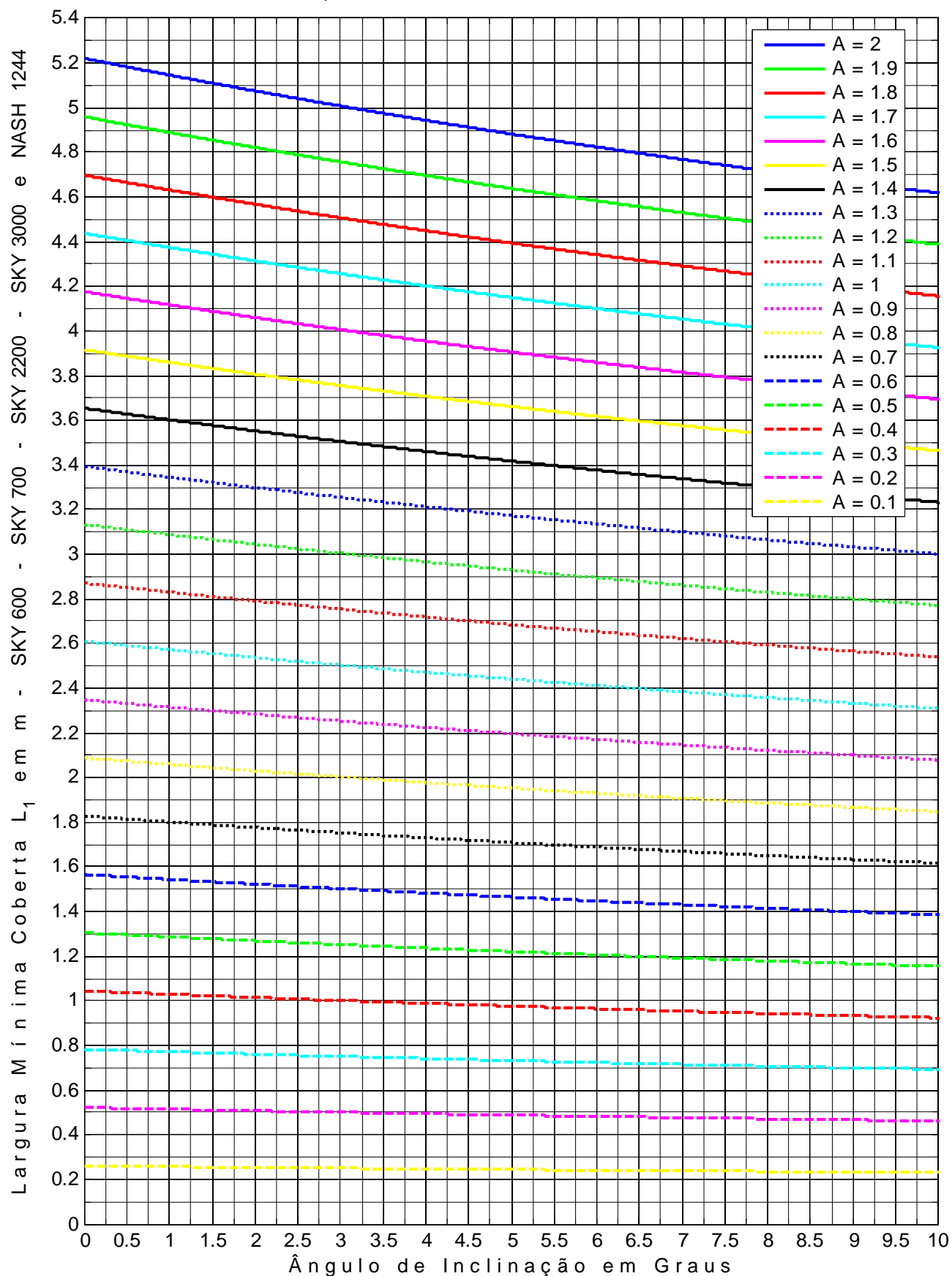


Fig. 20

Entre com o ângulo de inclinação e levante uma perpendicular até à curva correspondente à altura desejada. Trace uma reta horizontal pelo ponto de cruzamento e obtenha a menor largura, L_1 , no eixo vertical.

Distâncias no Plano de Cobertura

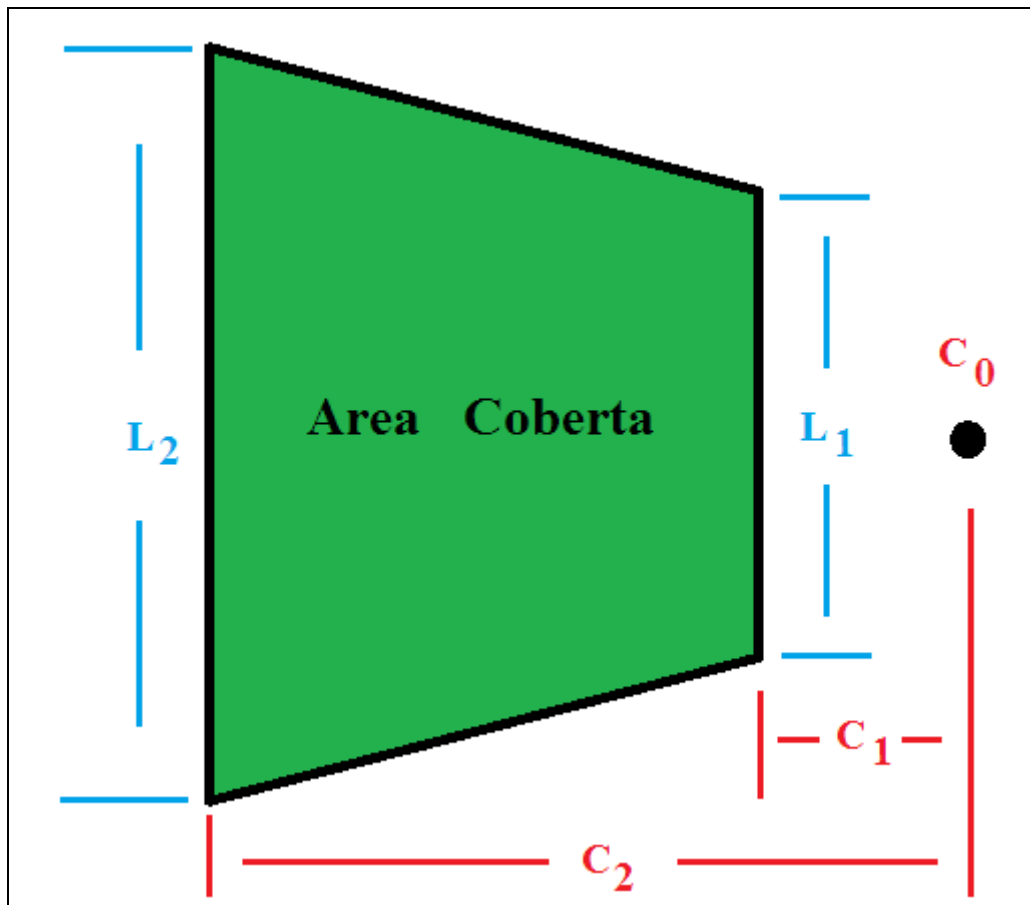


Fig. 21 – Distâncias envolvidas na área de cobertura.

C_0 = Distância de referência (0) exatamente abaixo do cluster.

C_1 = Menor comprimento coberto.

C_2 = Maior comprimento coberto.

L_1 = Menor largura coberta.

L_2 = Maior largura coberta.

Bibliografia

1 - SPL em Recintos Fechados

Homero Sette Silva , publicado em 12 - 07 – 2012

Disponível em www.studior.com.br e www.homerosette.com.br

2 - Áreas de Cobertura e Quantidade de Público

Homero Sette Silva , publicado em 18 - 07 – 2012

Disponível em www.studior.com.br e www.homerosette.com.br

3 - Projeto de Cluster Central para Igreja Evangélica

Homero Sette Silva

Apresentado na IX Convenção Nacional da AES, de 11 a 13 de Abril de 2005 em SP, SP.

Disponível em www.studior.com.br e www.homerosette.com.br

Plano de audição acima do plano da montagem ($A_L > A_M$)

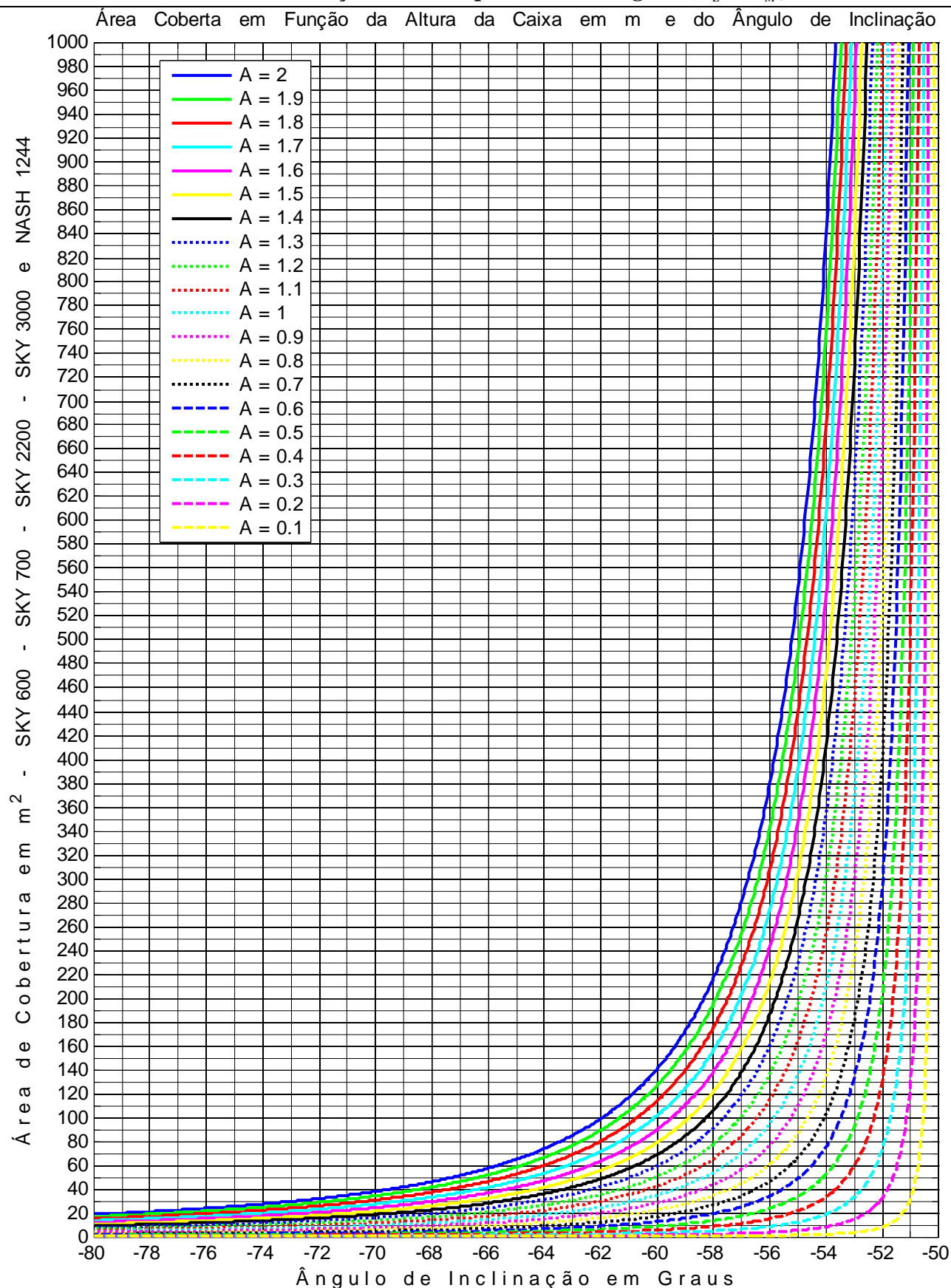


Fig. 22

- 1 - Entre com o valor do ângulo de inclinação ;
- 2 - Levante uma perpendicular até encontrar a curva correspondente à altura de utilização ;
- 3 - No ponto de interseção trace uma reta horizontal e obtenha o valor da **área coberta**, em metros quadrados, no eixo vertical.
- 4 - Multiplique a **área coberta** pela densidade de público (1, 2, 3, 4 ou 5 pessoas por m²) e encontre a quantidade total de **pessoas cobertas**, ou use o gráfico da página seguinte.

Plano de audição acima do plano da montagem ($A_L > A_M$)

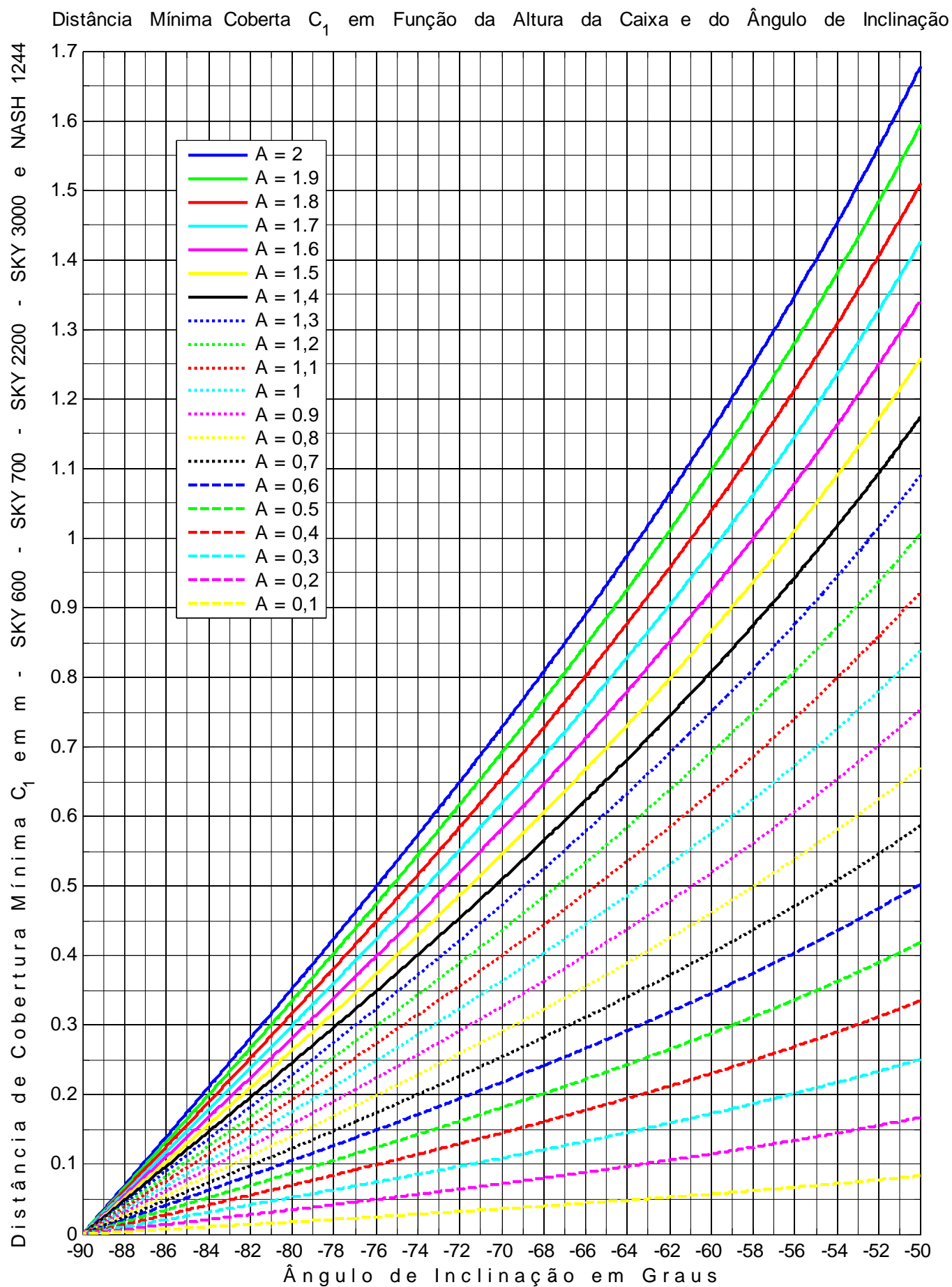


Fig. 23

Entre com o ângulo de inclinação e levante uma perpendicular até à curva correspondente à altura desejada. Trace uma reta horizontal pelo ponto de cruzamento e obtenha a distância menor coberta, C_1 , no eixo vertical.

Plano de audição acima do plano da montagem ($A_L > A_M$)

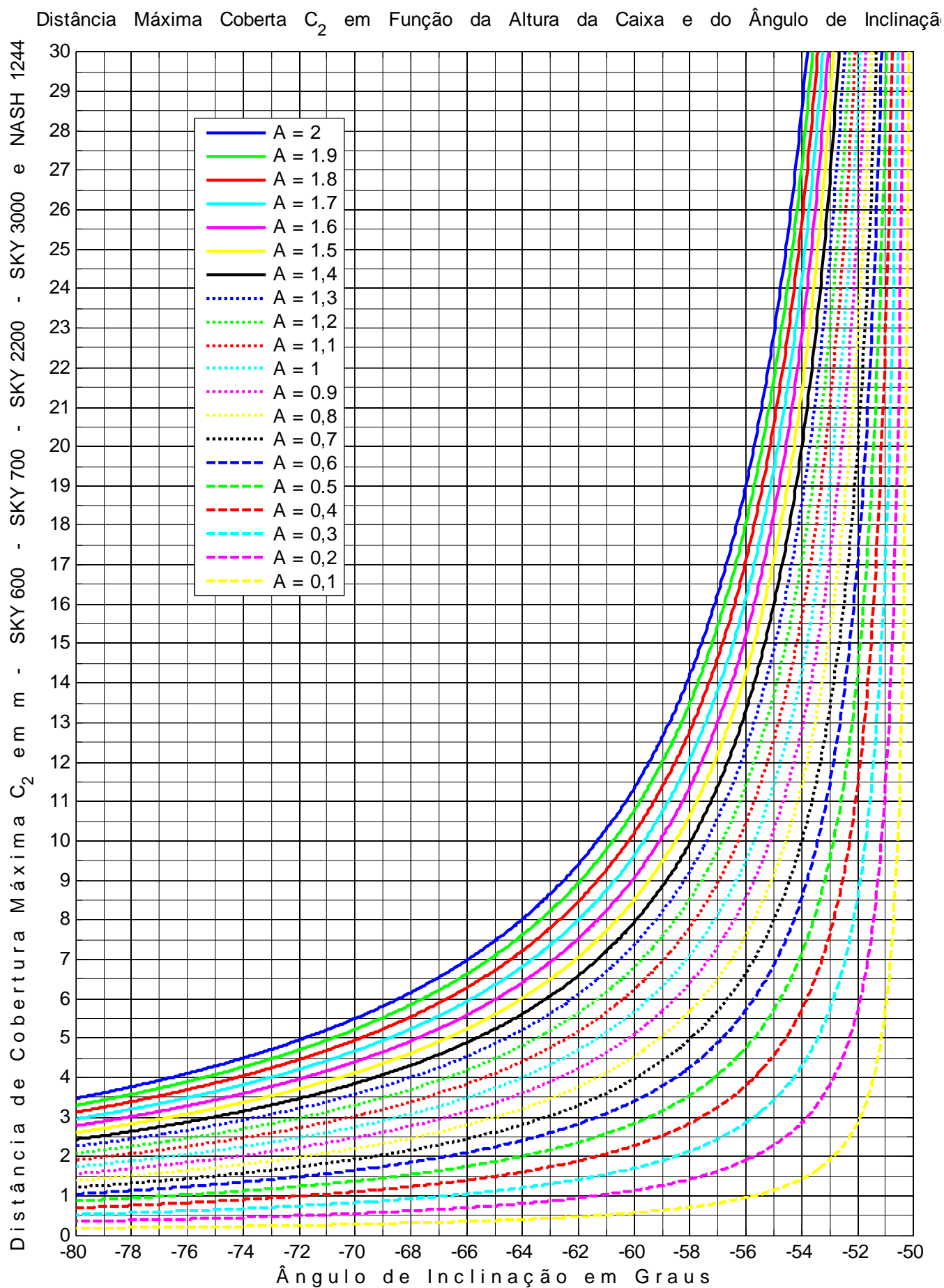


Fig. 24

Entre com o ângulo de inclinação e levante uma perpendicular até à curva correspondente à altura desejada. Trace uma reta horizontal pelo ponto de cruzamento e obtenha a distância maior coberta, C_2 , no eixo vertical.

Plano de audição acima do plano da montagem ($A_L > A_M$)

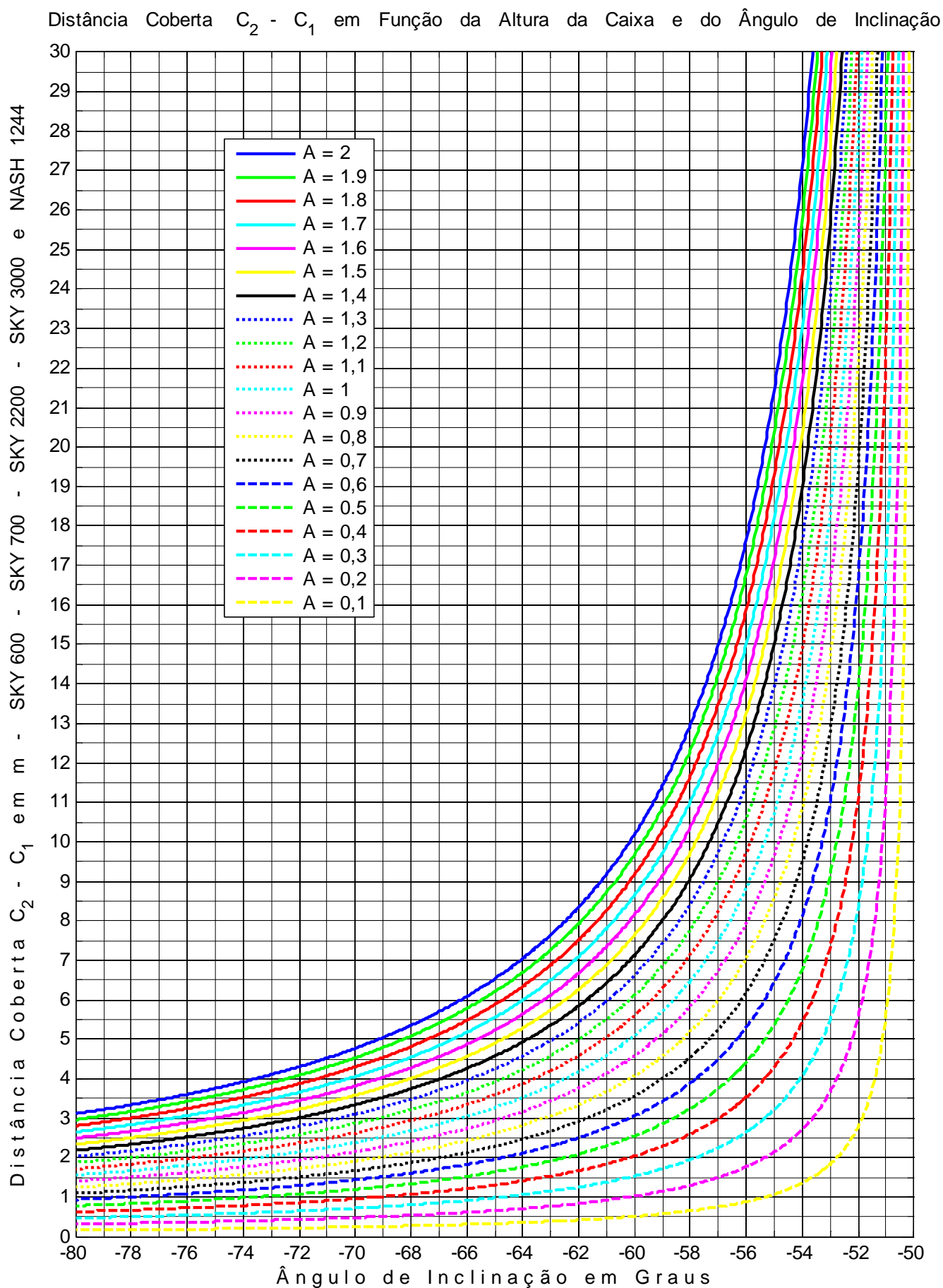


Fig. 25

Entre com o ângulo de inclinação e levante uma perpendicular até à curva correspondente à altura desejada. Trace uma reta horizontal pelo ponto de cruzamento e obtenha a distância coberta, $C_2 - C_1$, no eixo vertical.

Plano de audição acima do plano da montagem ($A_L > A_M$)

Largura Mínima Coberta L_1 em Função da Altura da Caixa e do Ângulo de Inclinação

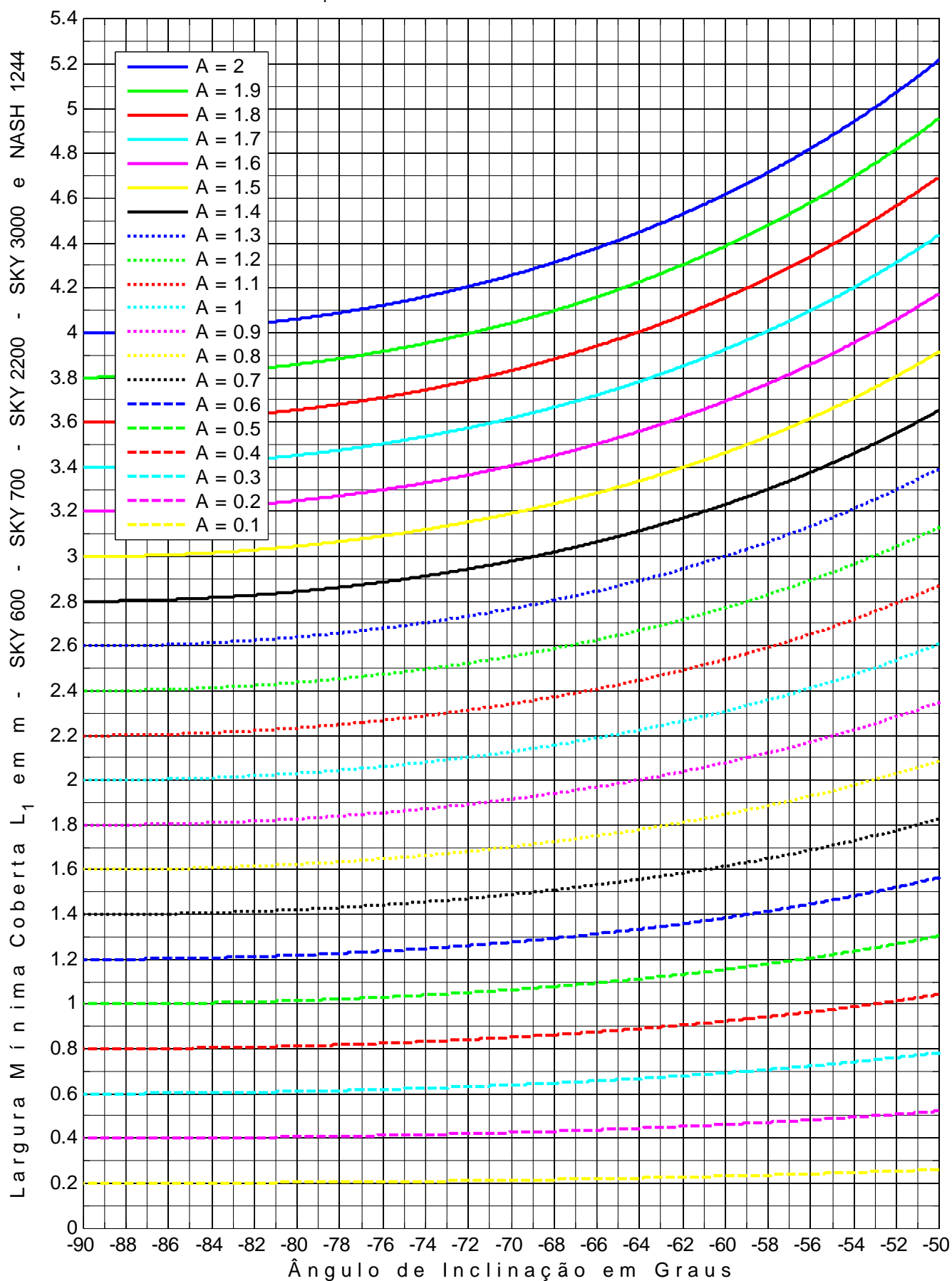


Fig. 26

Entre com o ângulo de inclinação e levante uma perpendicular até à curva correspondente à altura desejada. Trace uma reta horizontal pelo ponto de cruzamento e obtenha a menor largura, L_1 , no eixo vertical.

Plano de audição acima do plano da montagem ($A_L > A_M$)

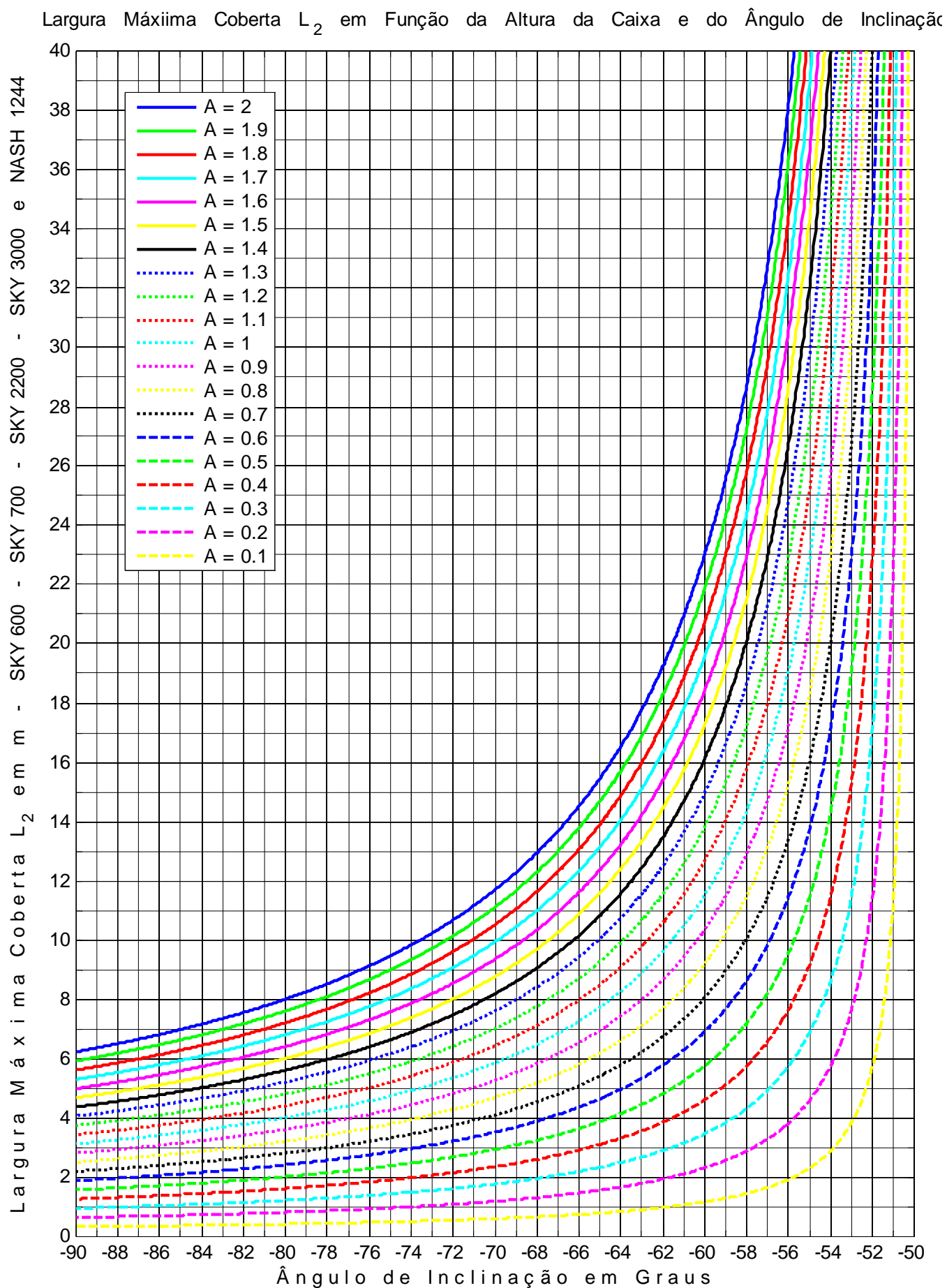


Fig. 27

Entre com o ângulo de inclinação e levante uma perpendicular até à curva correspondente à altura desejada. Trace uma reta horizontal pelo ponto de cruzamento e obtenha a maior largura coberta, L_2 , no eixo vertical.