



NP ISO 1996-1:2018

Acústica

Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente

Parte 1: Grandezas fundamentais e métodos de avaliação

Alterações principais relativamente à anterior edição de 2011

Jorge Fradique
jfradique@ipq.pt



Norma NP ISO 1996:2011

- Primeira edição, de 2011, substituiu NP 1730:1996
- Norma utilizada no RGR
 - Regulamento Geral do Ruído (Decreto-Lei 9/2007)
- Cálculo de incertezas; janela meteorológica
- Guia APA
 - Guia prático para medições de ruído ambiente - no contexto do Regulamento Geral do Ruído tendo em conta a NP ISO 1996



Norma NP ISO 1996

- ISO editou a 3ª edição da norma ISO 1996:
 - ISO 1996-1:2016
 - ISO 1996-2:2017
- Relevância da norma para aplicação em ruído ambiente → Decisão da CT 28 de traduzir e propor a edição da nova versão da norma



NP ISO 1996-1:2018

Alterações principais
(NP ISO 1996-1:2018 / NP ISO 1996-1:2011)



Norma NP ISO 1996-1:2018 - Definições

- **3.6 Níveis sonoros diurno, entardecer e noturno**

- **3.6.1 Nível sonoro diurno**

$L_{\text{dia},h}$ ou $L_{\text{d},h}$

Nível sonoro contínuo equivalente quando o intervalo de tempo de referência é o diurno

- **3.6.2 Nível sonoro entardecer**

$L_{\text{entardecer},h}$ ou $L_{\text{e},h}$

Nível sonoro contínuo equivalente quando o intervalo de tempo de referência é o entardecer

- **3.6.3 Nível sonoro noturno**

$L_{\text{noite},h}$ ou $L_{\text{n},h}$

Nível sonoro contínuo equivalente quando o intervalo de tempo de referência é o noturno



Norma NP ISO 1996-1:2018 - Definições

- **3.6.4 Nível sonoro diurno-entardecer-noturno L_{den}**

Nível sonoro ponderado diurno-entardecer-noturno, definido por:

$$L_{den} = 10 \lg \left[\frac{1}{24h} \left(t_{dia} \cdot 10^{0,1L_{dia,12}} + t_{entardecer} \cdot 10^{0,1(L_{entardecer,4} + 5dB)} + t_{noite} \cdot 10^{0,1(L_{noite,8} + 10dB)} \right) \right]$$

- **3.6.4 Nível sonoro diurno-noturno L_{dn}**

Nível sonoro ponderado diurno-noturno, definido por:

$$L_{dn} = 10 \lg \left[\frac{1}{24h} \left(t_{dia} \cdot 10^{0,1L_{dia,15}} + t_{noite} \cdot 10^{0,1(L_{noite,9} + 10dB)} \right) \right]$$



Norma NP ISO 1996-1:2018 - Definições

- **3.6.6 Nível de tolerância de uma comunidade**

L_{ct}

- Nível sonoro diurno-noturno para o qual se preveja que 50 % das pessoas de uma comunidade se sintam muito incomodadas pela exposição ao ruído
- O L_{ct} é utilizado como um parâmetro que contabiliza as diferenças entre fontes e/ou comunidades, na previsão da percentagem de pessoas muito incomodadas pela exposição ao ruído



Norma NP ISO 1996-1:2018 - Símbolos

GRANDEZA	SÍMBOLO
Nível de pressão sonora ponderado em frequência e no tempo	L_{pAF}
Nível máximo de pressão sonora ponderado em frequência e no tempo	L_{AFmax}
Nível percentil	L_{AFNT}
Nível de pressão sonora de pico	L_{Cpeak}
Nível de exposição sonora	L_{AE}
Nível sonoro contínuo equivalente	L_{AeqT}
Nível de avaliação de exposição sonora	L_{RE}
Nível de avaliação contínuo equivalente	L_{ReqT}



Norma NP ISO 1996-1:2018 – Indicadores de ruído ambiente

- **5.1 Acontecimentos acústicos discretos**

- **5.1.1 Indicadores**

- a) Nível de exposição sonora com uma dada ponderação em frequência
- b) Nível máximo de pressão sonora com uma dada ponderação no tempo e ponderação em frequência
- c) Nível de pressão sonora de pico com uma dada ponderação em frequência
- Para níveis sonoros de pico, não é recomendado o uso da ponderação A

- **5.1.2 Duração do acontecimento acústico discreto**

- **5.2 Acontecimentos discretos repetitivos**

- **5.3 Som contínuo**

- Preferencialmente descrito pelo nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A, ao longo de um intervalo de tempo especificado



Norma NP ISO 1996-1:2018 – Incomodidade devida ao ruído

- **6.1 Indicadores para o ruído na comunidade**
- **6.2 Ponderação em frequência**
 - Ponderação em frequência com malha A para avaliar o som emitido por todo o tipo de fontes sonoras
 - Exceções: sons impulsivos de elevada energia ou os sons com conteúdo de baixa frequência significativo
 - Também não deve ser utilizada na medição de níveis de pressão sonora de pico
- **6.3 Níveis corrigidos**
 - **6.3.1 Níveis de exposição sonora corrigidos**
 - **6.3.2 Nível sonoro contínuo equivalente corrigido**



Norma NP ISO 1996-1:2018 – Incomodidade devida ao ruído

- **6.4 Níveis de avaliação**
 - **6.4.1 Fonte sonora única**
 - **6.4.2 Fontes combinadas**
- **6.5 Nível de avaliação composto diurno-noturno**

$$L_{\text{Rdn}} = 10 \lg \left[\frac{d}{24} \cdot 10^{0,1(L_{\text{Rd}} + K_d)} + \frac{24-d}{24} \cdot 10^{0,1(L_{\text{Rn}} + K_n)} \right] \text{dB}$$

$$L_{\text{Rden}} = 10 \lg \left[\frac{d}{24} \cdot 10^{0,1(L_{\text{Rd}} + K_d)} + \frac{e}{24} \cdot 10^{0,1(L_{\text{Re}} + K_e)} + \frac{24-d-e}{24} \cdot 10^{0,1(L_{\text{Rn}} + K_n)} \right] \text{dB}$$

- As autoridades competentes deverão estabelecer a duração, início e fim, dos períodos diurno, entardecer e noturno
- Se uma autoridade incluir correções para o fim de semana, o nível de avaliação deve ser calculado separadamente para dias da semana, sábados e domingos. A média anual deve incluir a proporção correta de dias da semana, sábados e domingos, para corresponder a todo o período de tempo



Norma NP ISO 1996-1:2018 – Requisitos dos limites de ruído

• 7 Requisitos dos limites de ruído

A regulamentação que estabelece os limites de ruído incide tanto nos valores limite, como nos procedimentos que descrevem as circunstâncias sob as quais a conformidade com esses regulamentos pode ser verificada. Estes procedimentos podem ser baseados em cálculos usando modelos de previsão ou em medições.

O procedimento deve incluir os seguintes elementos:

- a) Um ou mais indicadores de ruído
- b) Os intervalos de tempo relevantes
- c) A fonte sonora, o seu modo de funcionamento e a sua envolvente
- d) A(s) localização(ões) onde os limites de ruído devem ser verificados
- e) As condições de propagação da fonte para o recetor
- f) A metodologia de aplicação da incerteza da medição ou da incerteza associada ao método de previsão
- g) O tipo e a caracterização da zona onde os limites devem ser verificados
- h) Os critérios para a avaliação da conformidade com os valores limite



Norma NP ISO 1996-1:2018 – Requisitos dos limites de ruído

- **7.2 Especificações**

- **7.2.1 Indicadores do ruído**

- nível de avaliação relativo a um ou mais intervalos de tempo de referência

- **7.2.2 Intervalos de tempo relevantes**

- Intervalos de tempo de referência devem ser especificados
- Relacionados com as atividades humanas típicas e variações de funcionamento das fontes sonoras

- **7.2.3 Fontes sonoras e respetivas condições de funcionamento**

- Fontes sonoras a que se aplicam os limites de ruído devem ser especificadas
- Condições de funcionamento das fontes devem ser também especificadas



Norma NP ISO 1996-1:2018 – Requisitos dos limites de ruído

- **7.2.4 Locais**

- Os locais onde os limites do ruído devem ser cumpridos devem ser especificados
- Orientações da ISO 1996-2 para medições realizadas na proximidade

- **7.2.5 Condições de propagação**

- Propagação do som no exterior: níveis de pressão sonora medidos no recetor podem ser influenciados pelas alterações das condições meteorológicas
- Limites do ruído devem ser baseados nos valores médios para todas as condições de propagação relevantes, ou para uma única condição especificada

- **7.2.6 Incertezas**

- Definida a metodologia de aplicação da incerteza da medição ou da incerteza associada ao método de previsão
- Para a incerteza da medição, pode ser necessário especificar um número mínimo de medições estatisticamente independentes
- A ISO 1996-2 fornece orientações adicionais sobre incertezas



Norma NP ISO 1996-1:2018 – Relatório de avaliação de ruído ambiente e estimativa da resposta da comunidade à incomodidade de longa duração

• 8.1 Estimativa da resposta da comunidade à incomodidade de longa duração

- Avaliações sonoras representativas de um intervalo de tempo de longa duração, normalmente um ano, são utilizadas para estimar a resposta da comunidade à incomodidade
- Anexos E e F devem ser utilizados para estimar a resposta da comunidade à incomodidade de longa duração devida ao ruído de tráfego aéreo, rodoviário e ferroviário
- Estes anexos estabelecem estimativas da percentagem de uma população típica que provavelmente se sentirá muito incomodada com o valor da média anual corrigida do nível sonoro diurno-noturno, desse ruído ambiente
- Os dados dos Anexos E e F mostram uma grande dispersão, evidenciada pelos valores para os intervalos expandidos de 95%. A reação de qualquer comunidade específica pode variar substancialmente relativamente ao valor típico. Esta variação entre comunidades diferentes é quantificada pelo respetivo nível de tolerância da comunidade apresentado no Anexo H e que é utilizado nos Anexos A, D e E



Norma NP ISO 1996-1:2018 – Relatório de avaliação de ruído ambiente e estimativa da resposta da comunidade à incomodidade de longa duração

• 8.2 Relatório de avaliação

• 8.2.1 Os elementos a incluir no relatório de avaliação, se relevantes, são os seguintes:

- a) o intervalo de tempo de referência;
- b) o intervalo de tempo de longa duração;
- c) para as medições, a instrumentação utilizada, bem como a respetiva calibração, configuração e intervalos de tempo de medição;
- d) o nível de avaliação e respetivas componentes, incluindo os níveis sonoros correspondentes;
- e) a descrição da(s) fonte(s) sonora(s) incluída(s) nos intervalos de tempo de referência;
- f) a descrição das condições de funcionamento da(s) fonte(s) sonora(s) em causa;
- g) a descrição do local em avaliação, incluindo a topografia, a geometria do edificado, o tipo e o estado do solo;
- h) a descrição do som residual, bem como de qualquer procedimento utilizado na sua correção;
- i) os resultados da estimativa da resposta da comunidade à incomodidade de longa duração, incluindo o intervalo expandido de 95%;
- j) a descrição das condições meteorológicas observadas durante as medições, designadamente, a direção e a velocidade do vento, a nebulosidade e a precipitação;
- k) as incertezas dos resultados e o(s) método(s) utilizado(s) para as ter em consideração (ver 7.2.6);
- l) nos métodos de cálculo, a origem dos dados de entrada e os mecanismos usados para verificar a validade e a representatividades dos mesmos



NP ISO 1996-1:2018

Anexos (todos informativos)

Alterações principais

(NP ISO 1996-1:2018 / NP ISO 1996-1:2011)



Correções para níveis de avaliação de fontes sonoras

- Introdução do conceito de L_{ct}
- **Nível de tolerância de uma comunidade**
 - Nível sonoro diurno-noturno para o qual se preveja que 50 % das pessoas de uma comunidade se sintam muito incomodadas pela exposição ao ruído
- Estudos de variação de L_{ct} ao longo de vários anos, para ruído de tráfego aéreo e ruído de tráfego rodoviário



Norma NP ISO 1996-1:2018 – Anexo A

Correções típicas aos níveis sonoros com base no tipo de fonte sonora e período do dia

Tipo	Especificação	Correção ao nível (2018) dB	Correção ao nível (2011) dB
Fonte sonora	Tráfego rodoviário	0	0
	Tráfego Aéreo	5 a 8	3 a 6
	Tráfego Ferroviário	-3 a -6	-3 a -6
	Indústria	0	0
Características da fonte	Impulsiva regular	5	5
	Elevada impulsividade	12	12
	Impulsiva de alta energia	Ver anexo B	Ver anexo B
	Tonalidades proeminentes	3 a 6	3 a 6
Período de tempo	Entardecer	5	5
	Noite	10	10
	Dias de fim de semana	5	5



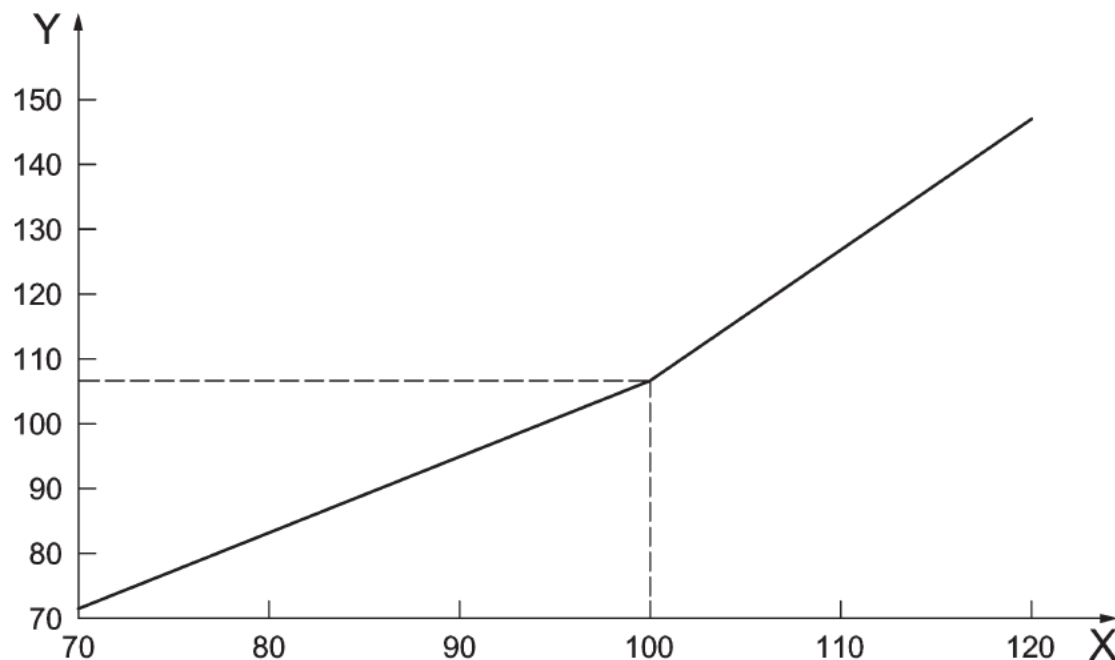
Norma NP ISO 1996-1:2018 – Anexo B

Sons impulsivos de alta energia

- Sem alterações
- Explosões em pedreiras e em minas, estampido sónico (sonic boom), demolições ou processos industriais que utilizem explosivos de carga elevada, disjuntores explosivos industriais, material militar (blindados, artilharia, morteiros, bombas, ignição explosiva de foguetes e mísseis)



Norma NP ISO 1996-1:2018 – Anexo B



Nível de avaliação de exposição sonora como uma função do nível de exposição sonora ponderado C para sons impulsivos de alta-energia



Norma NP ISO 1996-1:2018 – Anexo B

X nível de exposição sonora ponderado C, L_{EC} , dB

Y nível de avaliação de exposição sonora L_{RE} , dB

Interseção das duas curvas a um nível de avaliação de 107 dB quando L_{EC} é igual a 100 dB

$$L_{RE} = 2 L_{EC} - 93 \text{ dB para } L_{EC} \geq 100 \text{ dB}$$

$$L_{RE} = 1,18 L_{EC} - 11 \text{ dB para } L_{EC} < 100 \text{ dB}$$



Norma NP ISO 1996-1:2018 – Anexo C

Sons com forte componente de baixa frequência

- Sem alterações
- O intervalo de frequência de interesse parece ser entre 5 Hz a 100 Hz. Na gama inferior a 20 Hz, alguns países usam a ponderação G para avaliar o som. Acima de 15 Hz, vários países usam análise de banda de oitava ou de um terço de oitava na gama de cerca de 16Hz a 100Hz



Norma NP ISO 1996-1:2018 – Anexo D

Relações para estimar a percentagem de uma população muito incomodada, e o intervalo expandido de 95 %, em função dos níveis de avaliação dia-entardecer-noite e dia-noite

- **D.2 Funções dose-resposta**

- Relações dose-resposta especificadas para o intervalo médio dos indicadores dia-entardecer-noite (L_{den}) ou dia-noite (L_{dn}), entre 45 dB e 75 dB
- Predominância de população muito incomodada em função de L_{den} ou L_{dn} para ruído de tráfego aéreo e ruído de tráfego rodoviário, é apresentada no Anexo E (referências 7 e 18), e no Anexo F (referência 15); valores muito semelhantes mas não idênticos
- Anexo E – baseado na metodologia de L_{ct}
- Anexo F – baseado numa metodologia de regressão



Norma NP ISO 1996-1:2018 – Anexo D

- **D.3 Intervalo expandido de 95%**
 - Anexos E e F incluem intervalos expandidos, próximos de 95% representando a gama na qual um grupo de dados, com a probabilidade de 95% podem ser encontrados
- **D.4 Validade das funções dose-resposta [Fórmulas (E.1) a (E.9) e (F.1) a (F.8)]**
 - Fórmulas são apenas aplicáveis a ruído ambiente de longa duração, como a média anual
 - Não devem ser usadas em períodos de tempo curtos, como fins-de-semana, uma única estação do ano ou "dias ocupados". Deve ser utilizada a média anual ou algum outro período de longa-duração
 - Não são aplicáveis a ruídos ambientais limitados no tempo, como por exemplo, o motivado pelo aumento no tráfego rodoviário resultante de um projeto de construção de curta duração
 - São aplicáveis apenas a situações existentes



Norma NP ISO 1996-1:2018 – Anexo E

Estimativa da predominância da população muito incomodada em função dos níveis de avaliação dia-noite ou dia-entardecer-noite utilizando a metodologia do nível de tolerância de uma comunidade


- E.1 Ruído de tráfego aéreo

$$P_{HA} = 100 e^{-\left(\frac{1}{10^{0,1(L_{dn} - L_{ct} + 5,3 \text{ dB})}}\right)^{0,3}}$$

$$P_{HA} = 100 e^{-\left(\frac{1}{10^{0,1(L_{den} - L_{ct} + 4,7 \text{ dB})}}\right)^{0,3}}$$

Norma NF

L_{dn} ou L_{den} com uma penalização de 5 dB relativamente ao ruído de tráfego rodoviário dB	L_{dn} ou L_{den} Com uma penalização de 7 dB relativamente ao ruído de tráfego rodoviário dB	Limite superior do intervalo expandido de 95%	Limite inferior do intervalo expandido de 95%	Predominância de população muito incomodada usando L_{dn} de com base na Ref. [7]	Predominância de população muito incomodada usando L_{den} com base na Ref. [7]
45	43	33,5	0,3	1,4	1,2
46	44	35,7	0,4	2	1,8
47	45	38	0,4	2,7	2,4
48	46	40,3	0,5	3,5	3,2
49	47	42,7	0,6	4,3	4
50	48	45,1	0,7	5,3	4,8
51	49	47,5	0,9	6,3	5,8
52	50	49,9	1	7,4	6,8
53	51	52,3	1,2	8,5	7,9
54	52	54,7	1,4	9,7	9
55	53	57,1	1,7	11	10,3
56	54	59,5	1,9	12,4	11,6
57	55	61,8	2,2	13,8	12,9
58	56	64,1	2,6	15,3	14,4
59	57	66,3	3	16,9	15,9
60	58	68,5	3,4	18,6	17,5
61	59	70,6	3,9	20,3	19,1
62	60	72,7	4,4	22	20,9



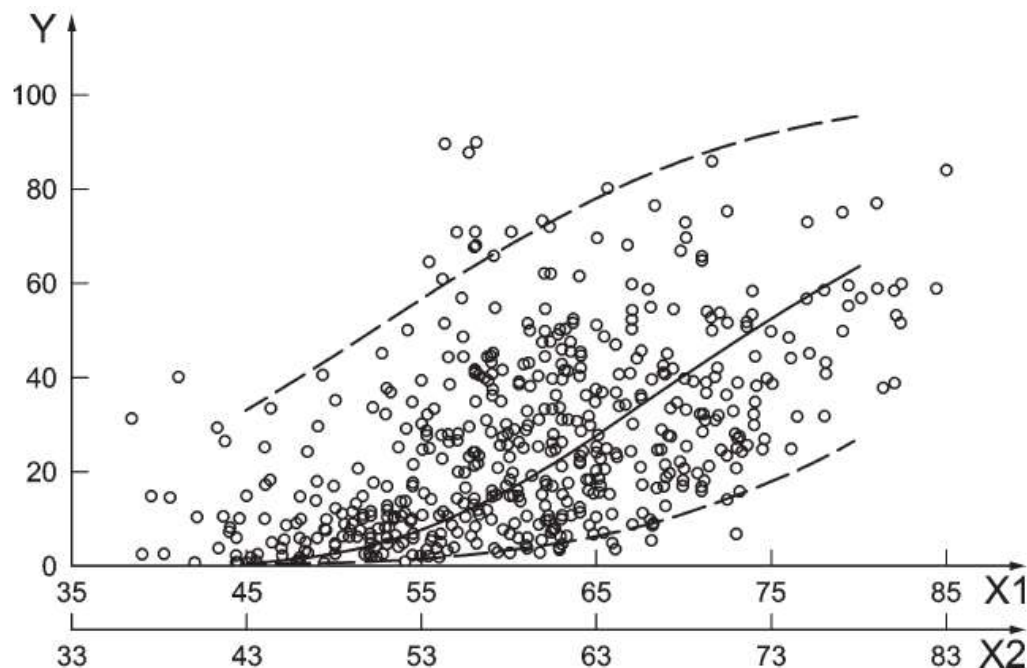
IPO

Análise Psicológica da Qualidade





Norma NP ISO 1996-1:2018 – Anexo E



Predominância de população muito incomodada ao ruído de tráfego aéreo (linha contínua) e o correspondente intervalo de 95% intervalo expandido (limite superior e inferior linhas tracejadas) versus L_{den} baseado na Referência [7]



Norma NP ISO 1996-1:2018 – Anexo F

Estimativa da predominância da população muito incomodada em função dos níveis de avaliação dia-noite ou dia-entardecer-noite utilizando a metodologia da regressão

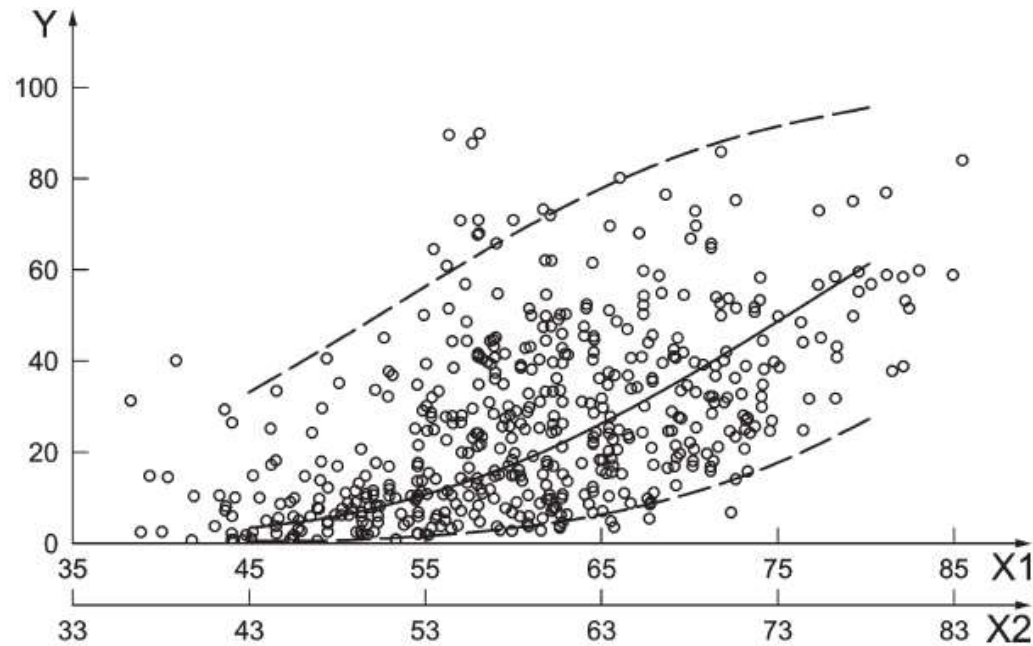
- E.1 Ruído de tráfego aéreo

$$P_{HA} = -9,199 \times 10^{-5} (L_{den} - 42 \text{ dB})^3 + 3,932 \times 10^{-2} (L_{den} - 42 \text{ dB})^2 + 0,294 (L_{den} - 42 \text{ dB})$$

$$P_{HA} = -1,395 \times 10^{-4} (L_{dn} - 42 \text{ dB})^3 + 4,081 \times 10^{-2} (L_{dn} - 42 \text{ dB})^2 + 0,342 (L_{dn} - 42 \text{ dB})$$



Norma NP ISO 1996-1:2018 – Anexo F



Predominância de população muito incomodada ao ruído de tráfego aéreo (linha contínua) e o correspondente intervalo expandido de 95% (limite superior e inferior linhas tracejadas) versus L_{den} baseado na Referência [15]



Norma NP ISO 1996-1:2018 – Anexo G

Incomodidade causada pela exposição sonora em ambientes com várias fontes

Semelhante ao antigo anexo E

- **G.2 Método do evento único**
- **G.3 Método do nível equivalente**
- **G.4 Método baseado na Intensidade sonora (*loudness*)**
- Métodos ainda em desenvolvimento



Norma NP ISO 1996-1:2018 – Anexo H

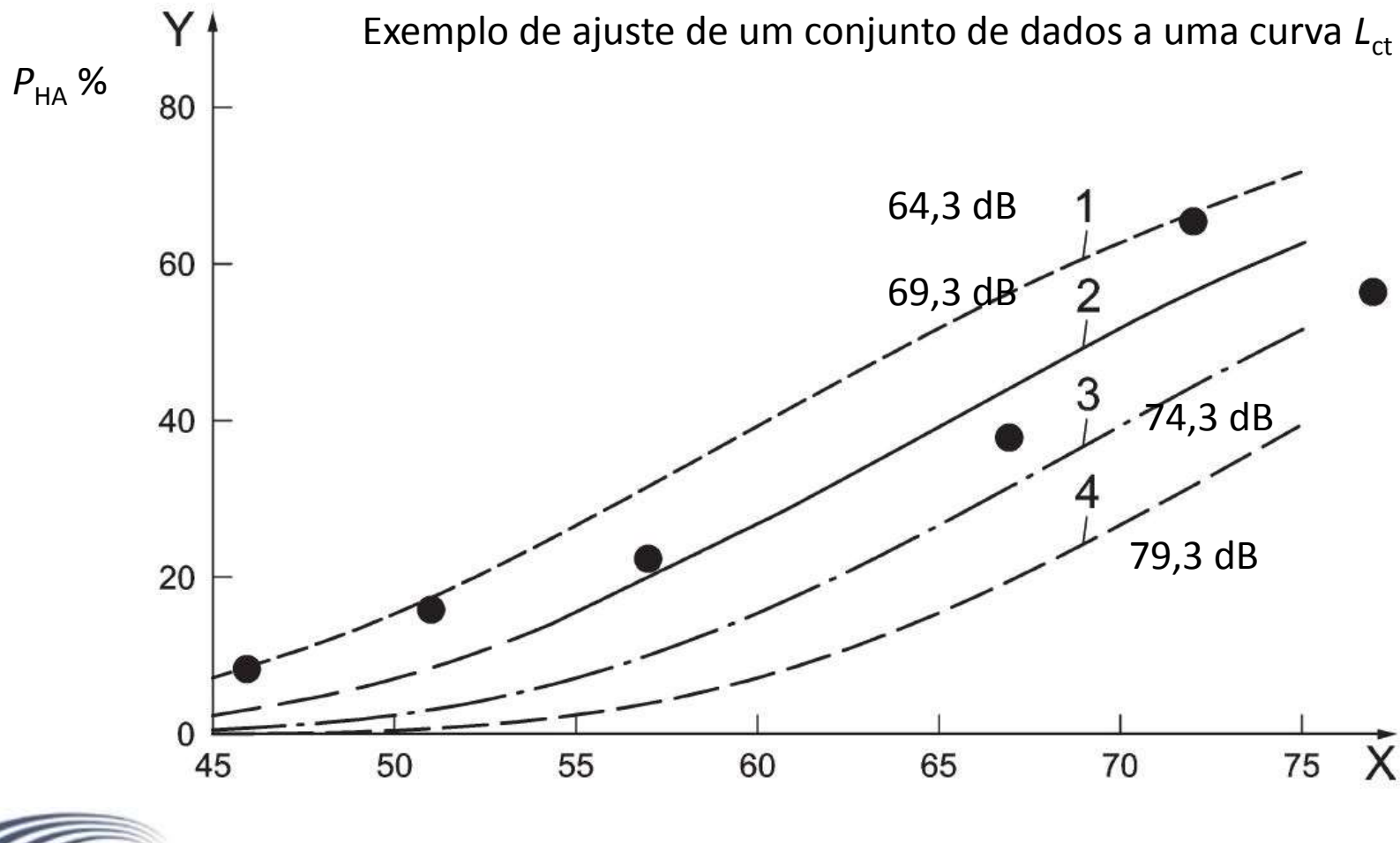
Abordagem, de base teórica, para prever o aumento da incomodidade

- Com o método do nível de tolerância da comunidade (L_{ct}), não se ajusta uma curva aos dados, ajustam-se os dados a uma curva. Especificamente, um conjunto de resultados de inquéritos sociais (ou seja, pares de valores de L_{dn} e P_{HA}) é comparado com a família de curvas da função de transição
- A curva L_{ct} , à qual os dados mais se aproximam (conforme determinado ou por um método de máxima verosimilhança ou pelo método dos mínimos quadrados), é usada para designar o L_{ct} para esses dados



Norma NP ISO 1996-1:2018 – Anexo H

Exemplo de ajuste de um conjunto de dados a uma curva L_{ct}





Norma NP ISO 1996-1:2018 – Anexo H

1 – 64,3 dB; 2 – 69,3 dB; 3 – 74,3 dB; 4 – 79,3 dB

- O melhor ajuste (mínimos quadrados) dos dados dos inquéritos de tráfego rodoviário austríaco foi de 69,3 dB
- A figura também mostra a curva L_{ct} menos 5 dB, mais 5 dB e mais 10 dB, que é 64,3 dB, 74,3 dB e 79,3 dB, respetivamente
- Todos os dados estão à direita da curva de 64,3 dB, todos os dados estão à esquerda ou na curva de 74,3 dB e os dados revelam-se afastados da curva de 79,3 dB
- Num caso prático, traçam-se as curvas de L_{ct} , para cada décimo de decibel e encontra-se o melhor ajuste, o menor erro mínimo-quadrático
- Neste caso, o menor erro mínimo-quadrático leva a $L_{ct} = 69,3$ dB



Norma NP ISO 1996-1:2018 – Anexo H

Três principais pontos fortes desta abordagem de base teórica:

- O L_{ct} como um parâmetro de número único permite a diferenciação numérica entre diferentes situações de exposição, tais como diferentes meios de transporte, diferentes fatores como boas ou fracas relações comunitárias, diferentes períodos do dia, diferentes comunidades (urbanas ou rurais), etc., e, até diferentes anos
- O parâmetro L_{ct} apresenta apenas 50% da variância do que L_{dn} ou L_{den}
- Encontrar o L_{ct} para um grupo comum de inquéritos, tais como inquéritos de tráfego rodoviário permite efetuar comparações entre meios de transporte e dentro de cada um



Norma NP ISO 1996-1:2018 – Anexo H

L_{ct} médios e desvios padrão

Source and condition	Mean L_{ct} dB	Difference from road traffic dB	Number of surveys	Standard deviation dB	95 % Prediction interval dB
Aircraft	73,3	5	43	7,1	73,3 ± 14,2
Road traffic	78,3	0	37	5,1	78,3 ± 10,2
Railroad (low-vibration levels)	87,8	-9,5	9	3,5	87,8 ± 7,0
Railroad (high-vibration levels)	75,8	2,5	6	4,2	75,80 ± 8,4



Muito obrigado!

jfradique@ipq.pt