

# Schindler 1000, 3000 e 5000

## Informações sobre ruídos e vibrações

### Conteúdo

#### Introdução

##### 1. Conforto de condução

- Solavancos
- Aceleração da cabina
- Vibrações verticais da cabine
- Vibrações laterais da cabina
- Ruído na cabina

##### 2. Ruídos – Fundamentos

##### 3. Vibrações – Fundamentos

##### 4. Vibração mecânica

### Introdução

Esse documento contém informações básicas sobre ruídos e vibrações de sistemas de elevadores Schindler. Além disso, traz os valores de referência que os clientes podem esperar desses sistemas.

Os temas ruídos e vibrações em sistemas de elevadores se referem às seguintes áreas:

- Conforto de condução: ruídos e vibrações na cabina
- Ruído aéreo, como ruídos das portas e ruídos no poço de elevador
- Vibração mecânica nas paredes: aspecto importante uma vez que o ruído invade espaços adjacentes

Os fundamentos desses temas são abordados nos capítulos 2 a 4.

Durante a operação do elevador são gerados os seguintes tipos de ruídos:

- Ruído do ventilador de refrigeração (acionamento e inversor de frequência)
- Ruídos de acionamento
- Ruídos causados por comutações de relê (ruídos de impulso)
- Ruídos das portas
- Ruídos causados pelo deslize das sapatas-guia (somente durante um período reduzido na sequência à montagem)

Nem todos os tipos de ruído causam os mesmos incômodos. Isso depende principalmente do caráter do ruído, dos ruídos de fundo e de aspectos psicológicos. Vale destacar que ruído é definido como fenômeno acústico indesejado, ou seja, um fenômeno acústico que ocorre no local errado e no momento errado.



# 1. Conforto de Condução

O conceito Conforto de Condução engloba os seguintes temas:

- Solavancos
- Aceleração da cabina
- Vibrações verticais da cabina
- Vibrações laterais da cabina
- Ruídos na cabina

## 1.1 Solavancos

Solavancos (unidade de medida pertinente:  $m/s^3$ ) é a derivação cronológica da aceleração. Quando o elevador provoca fortes solavancos durante o movimento, as alterações de aceleração são muito abruptas e são percebidas como impactos.

## 1.2 Aceleração da cabina

A aceleração da cabina (unidade de medida pertinente:  $m/s^2$ ) define o tempo necessário para a cabina alcançar a velocidade máxima. A aceleração elevada é normalmente percebida como desagradável. No entanto, ela dá a impressão de que a cabina se desloca de forma muito rápida.

## 1.3 Vibrações verticais da cabina

A medição das vibrações também é feita por meio da aceleração (unidade de medida pertinente:  $m/s^2$ ). Os passageiros podem perceber esse tipo de vibração em seus pés, mas também o estômago e o ouvido interno percebem essas vibrações. As vibrações verticais da cabina são causadas na maioria das vezes por meio de vibrações do acionamento e do inversor de frequência. Elas são transmitidas à cabina através dos meios de acionamento.

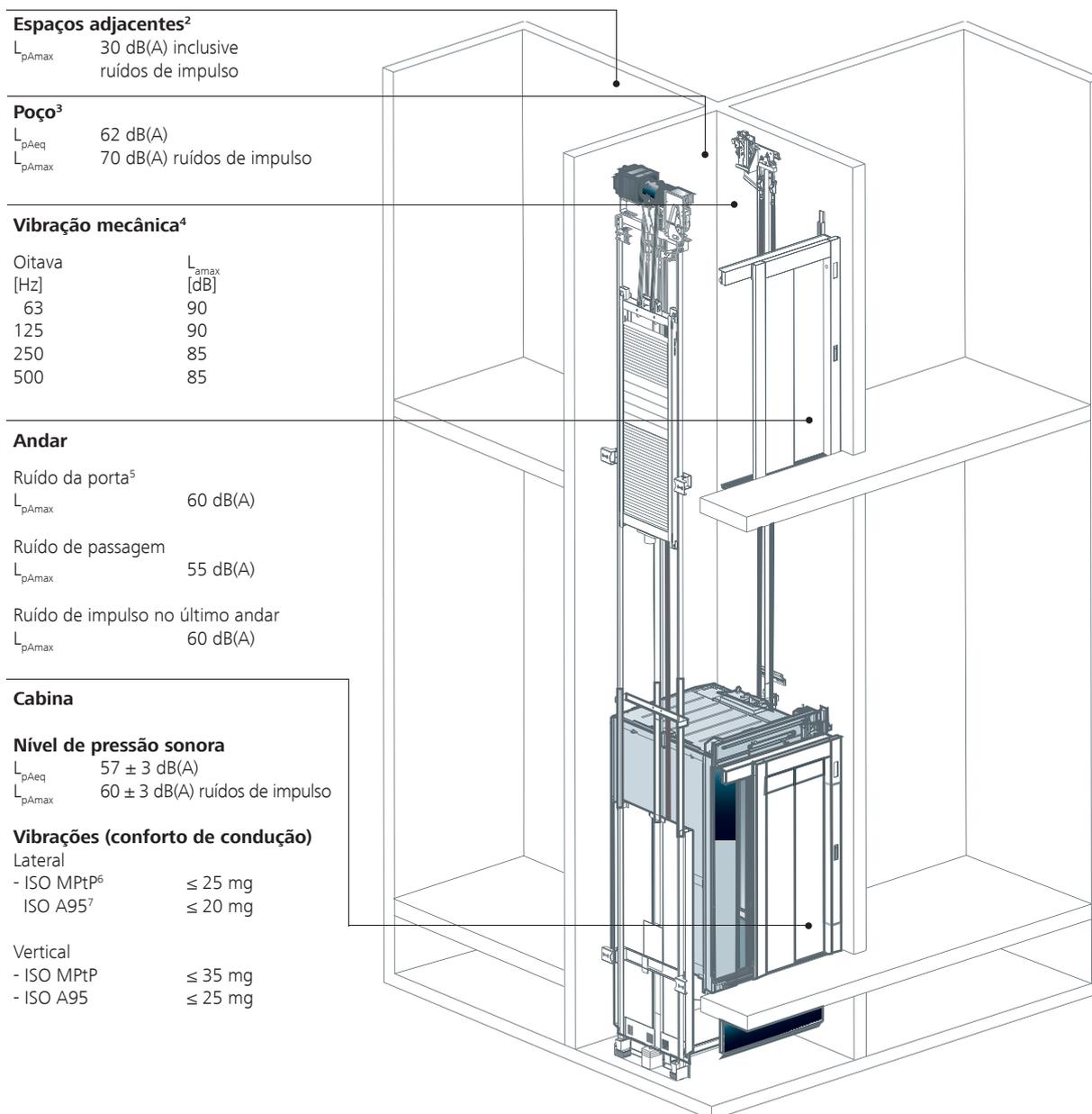
## 1.4 Vibrações laterais da cabina

As vibrações laterais da cabina são causadas pelos trilhos-guia não exatamente retos, pela folga entre a cabina e o trilho-guia e pelas transições desniveladas dos trilhos-guia. Em geral, essas imperfeições provocam movimentos laterais de baixa frequência.

## 1.5 Ruídos na cabina

Em geral, o nível de ruído em elevadores deveria ser baixo de modo que a conversação dos passageiros na cabina não fosse afetada; no entanto, do ponto de vista psicológico é desejável que o movimento do elevador seja audível.

## Comportamento de ruído e de vibrações<sup>1</sup>



<sup>1</sup> Indicações para velocidades nominais de 0,63 – 1,6 m/s.

<sup>2</sup> A norma DIN 8989 define que o nível máximo de pressão sonora  $L_{pAmax}$  de ponderação A deve ser ≤ 30 dB(A) em espaços adjacentes a serem protegidos. O arquiteto e/ou o construtor civil deve assegurar que as paredes e o teto do poço fornecem isolamento suficiente do ruído aéreo e da vibração mecânica. O parâmetro principal é a massa específica da parede do poço. A Tabela 4 da norma DIN 8989 apresenta as regras para a construção de paredes em decorrência da configuração espacial. Essas regras se baseiam na norma DIN 4109, Folha Suplementar 1.

<sup>3</sup> A norma DIN 8989 define que o nível de pressão sonora no poço deve ser no máximo de 75 dB(A) no caso de elevadores sem casa de máquina.

<sup>4</sup> Os níveis listados correspondem aos níveis da norma DIN 8989. Os sistemas de elevadores Schindler correspondem a esses valores dependendo do tipo de parede conforme DIN 8989.

<sup>5</sup> A norma DIN 8989 define que os ruídos de portas devem ter no máximo o nível de pressão sonora de ponderação A de 65 dB(A). Esse valor se aplica à área diante das portas do poço tanto na abertura e no fechamento das portas quanto na passagem da cabina do elevador em velocidade nominal.

<sup>6</sup> Máximo nível de vibração ponta a ponta conforme ISO 18738-1:2012. O máximo nível de vibração ponta a ponta é o valor máximo de todos os valores de vibrações ponta a ponta encontrados entre limites definidos.

<sup>7</sup> Níveis típicos de vibração ponta a ponta conforme ISO 18738-1:2012. O nível de vibração ponta a ponta A95 (típico) é o valor no qual 95% dos níveis de vibração ponta a ponta se situam entre limites definidos iguais ou inferiores ao referido valor.

## Ruído

$L_{pAeq}$  Nível de ruído permanente equivalente de ponderação A: nível de pressão sonora constante que gera a mesma energia como o nível de ruído variável efetivo (pode ser interpretado como nível médio e apurado diretamente com o auxílio de um medidor de nível de pressão sonora).

$L_{pAmax}$  Nível máximo de pressão sonora de ponderação A

Para todas as medições do nível de pressão sonora é necessária a configuração do medidor de pressão sonora em "FAST" (RÁPIDO).

## Vibrações / Vibração mecânica

$L_{amax}$  Nível máximo de aceleração sonora [Db] lin re:  $1 \times 10^{-6}$  m/s<sup>2</sup>

**ISO MPtP** Valor máximo de vibração ponta a ponta de ponderação ISO conforme ISO 18738-1:2012

**ISO A95** Valor de vibração A95 de ponderação ISO conforme ISO 18738-1:2012.

95% de todos os valores de pico do sinal de ponderação ISO são inferiores a esse valor.

## Normas a serem aplicadas

**DIN 8989 ISO** Proteção sonora em edificações – elevadores

**2631-1:1997 e AMD 1:2010** Vibrações e impactos mecânicos – Avaliação do efeito de vibrações de corpo inteiro sobre o ser humano – Parte 1: Requisitos Gerais

**ISO 18738-1:2012** Medição do conforto de condução – Parte 1: Elevadores

**DIN EN ISO 8041-1:2017** Impacto de vibrações sobre o ser humano – dispositivo de medição

# 2. Ruídos – Fundamentos

O som é uma alteração da pressão atmosférica percebida pelo ouvido. O alto-falante, por exemplo, é um gerador de som. Por meio do movimento da membrana do alto-falante são provocadas uma diluição e uma compressão variáveis do ar diante da membrana.

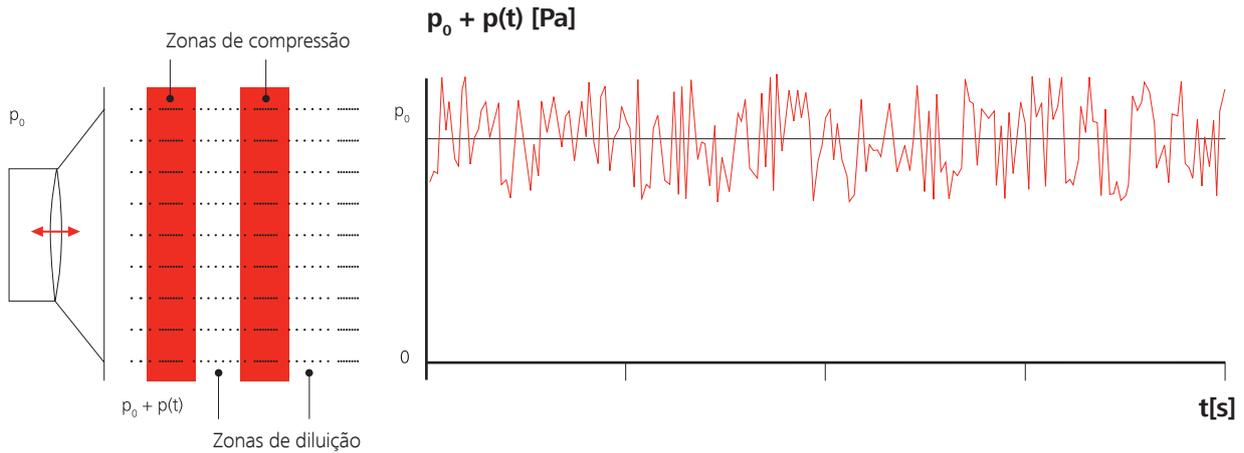


Figura 2.1

A velocidade com que as zonas de diluição e de compressão se afastam do alto-falante é a velocidade do som  $c$ . Com a temperatura ambiente de 20 °C se aplica  $c = 344$  m/s.

A variação da pressão  $p(t)$  é adicionada à pressão atmosférica local  $p_0$ . O ouvido percebe apenas essa variação de pressão.

Para considerar a grande amplitude da capacidade auditiva humana, o nível de pressão sonora foi definido como

$$L_p = 20 \cdot \log_{10} \left( \frac{p}{p_0} \right)$$

Sendo:

$L_p$  = nível de pressão sonora [dB]

$p$  = pressão sonora instantânea [Pa]

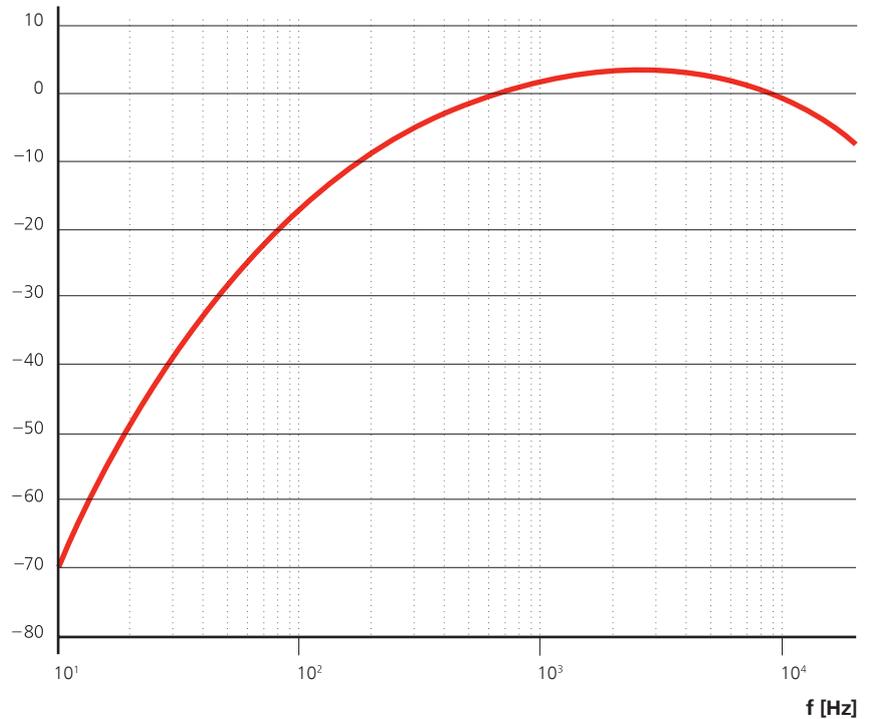
$p_0$  = pressão de referência correspondente a 20\_Pa (limiar auditivo)

No caso normal, o nível de pressão sonora tem ponderação A (conf. a figura 2.2)

Um nível de pressão sonora de ponderação A é identificado com a unidade dB(A).

A ponderação A é considerada geralmente como a melhor avaliação para representação da capacidade auditiva humana. Componentes de baixa frequência são fortemente atenuados por meio desse tipo de ponderação de frequência.

**Figura 2.2**  
Curva de ponderação A



Exemplos de diferentes níveis de pressão sonora de ponderação A se encontram na Tabela 2.1.

**Tabela 2.1**

Fenômeno	SPL [dB(A)]
Avião com motores a reação, 25 m, limiar de dor	140
Música ao vivo	120
Caminhão pesado a pouca distância	100
Ambiente ruidoso de escritório	80
Conversação, 1 m	60
Cômodo residencial	40
Sussurro, barulho das folhas de árvores	20
Limiar auditivo	0

# 3. Vibrações – Fundamentos

a	a
[m/s <sup>2</sup> ]	[mg]
0.01	1.02
0.1	10.2
1	102

**Tabela 3.1**

O limiar da percepção de vibrações se situa no caso de vibrações verticais em aproximadamente 2-3 mg.

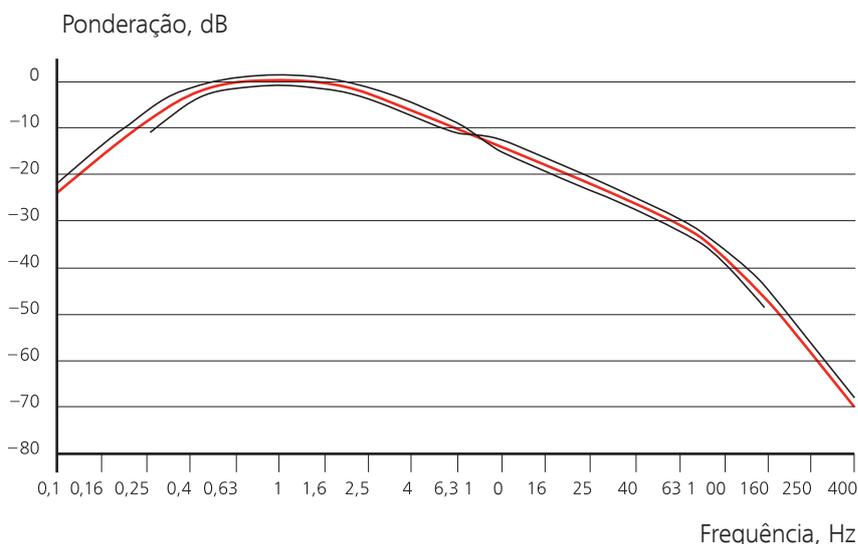
Na indústria de elevadores, a unidade “Milli-g (mg)” é a unidade de vibração reconhecida. Um mg corresponde a aproximadamente 0,01 m/s<sup>2</sup>. Valores em mg e m/s<sup>2</sup> podem ser convertidos sem problema com o auxílio da Tabela 3.1.

### Percepção subjetiva de vibrações

A maneira como as pessoas percebem vibrações depende fortemente da direção da vibração. É preciso distinguir entre vibrações verticais e vibrações horizontais. As vibrações horizontais frequentemente também são chamadas vibrações laterais. A diferença na percepção é aproximada pelo filtro ISO descrito na norma DIN EN ISO 8041-1:2017. As curvas de avaliação do filtro para vibrações horizontais e vibrações verticais são representadas nas Figuras 3.1 e 3.2.

**Figura 3.1**

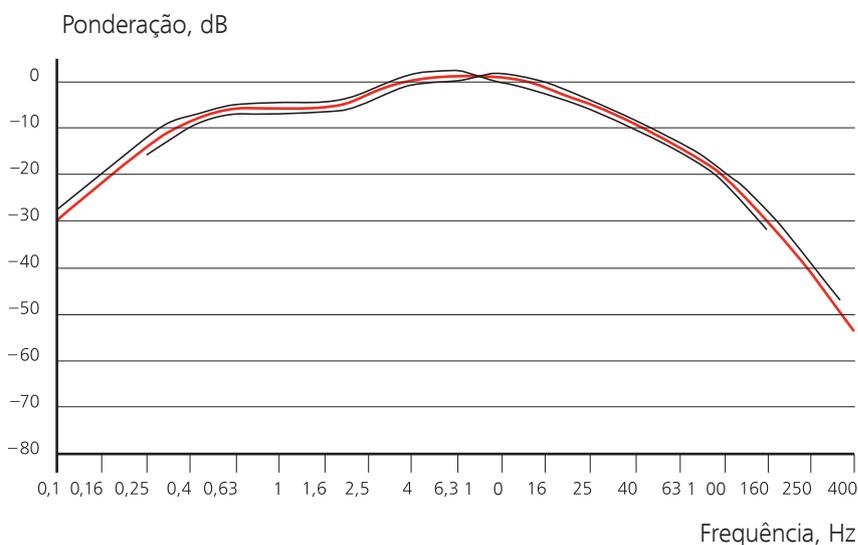
Curva de ponderação do filtro para vibrações horizontais conforme DIN EN ISO 8041-1:2017



**Figura 3.2**

Curva de ponderação do filtro para vibrações verticais conforme DIN EN ISO 8041-1:2017

Das curvas de ponderação pode ser deduzido que as pessoas percebem vibrações horizontais de forma especialmente clara na faixa de frequência de 0,5 até 2 Hz. No caso de vibrações verticais, essa faixa se situa entre 5 e 12 Hz.



# 4. Vibração mecânica

Acima de 20 Hz, as vibrações podem ser chamadas de vibrações mecânicas. Essas vibrações podem causar ruídos audíveis. Em geral, a vibração mecânica pode ser considerada como forte no caso de frequências inferiores a 1.000 Hz.

A norma DIN 8989 "Proteção sonora em edificações - elevadores" indica valores de referência para a vibração mecânica que pode existir na parede do poço de um elevador. O objetivo de referida norma é minimizar ruídos de elevador perceptíveis em espaços adjacentes em conformidade com as normas internacionais.

Embora para vibrações sejam utilizadas as unidades  $m/s^2$  ou  $mg$ , a medição da vibração mecânica é feita em dB em decorrência de seu vínculo estreito com o ruído aéreo.

$$L_a = 20 \cdot \log_{10} \left( \frac{a}{a_0} \right)$$

sendo:

$L_a$  nível de aceleração (de vibração) [dB]

$a$  Aceleração instantânea [ $m/s^2$ ]

$a_0$  Aceleração de referência conforme ISO,  $a_0 = 1 \cdot 10^{-6} m/s^2$

Frequência média da banda de oitava [Hz]	$L_{a,max}$ [dB] lin re: $1E-6m/s^2$
63	90
125	86
250	85
500	85

Tabela 4.1

A Tabela 4.1 apresenta uma lista dos valores máximos admissíveis.

Esses níveis não garantem automaticamente que o nível de pressão sonora em espaços adjacentes seja inferior a 30 dB(A). As paredes devem ter uma massa específica para conseguir atender a esse requisito.

Os arquitetos e construtores civis devem assegurar que a interface predial seja projetada de forma adequada.

A norma DIN 8989 define na Tabela 4 quais massas relacionadas a áreas de paredes e tetos devem ser observadas para alcançar as devidas metas quanto à proteção antirruído.

