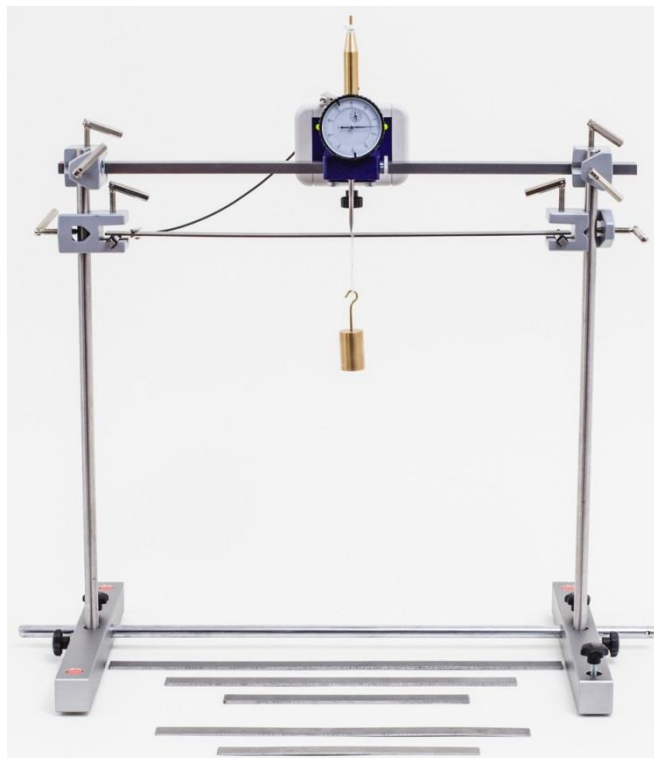


## Conjunto de aparelhos módulo de elasticidade 1018527

### Instruções de uso

05/16 TL/UD



### 1. Instruções de segurança

Para o uso conforme as determinações, a operação segura do aparelho é garantida. A segurança não é garantida, entretanto, se o aparelho for operado de forma indevida ou descuidada.

Quando houver a probabilidade de que o uso seguro não mais seja possível (por exemplo, em caso de danos visíveis), o aparelho deve ser posto fora de operação imediatamente.

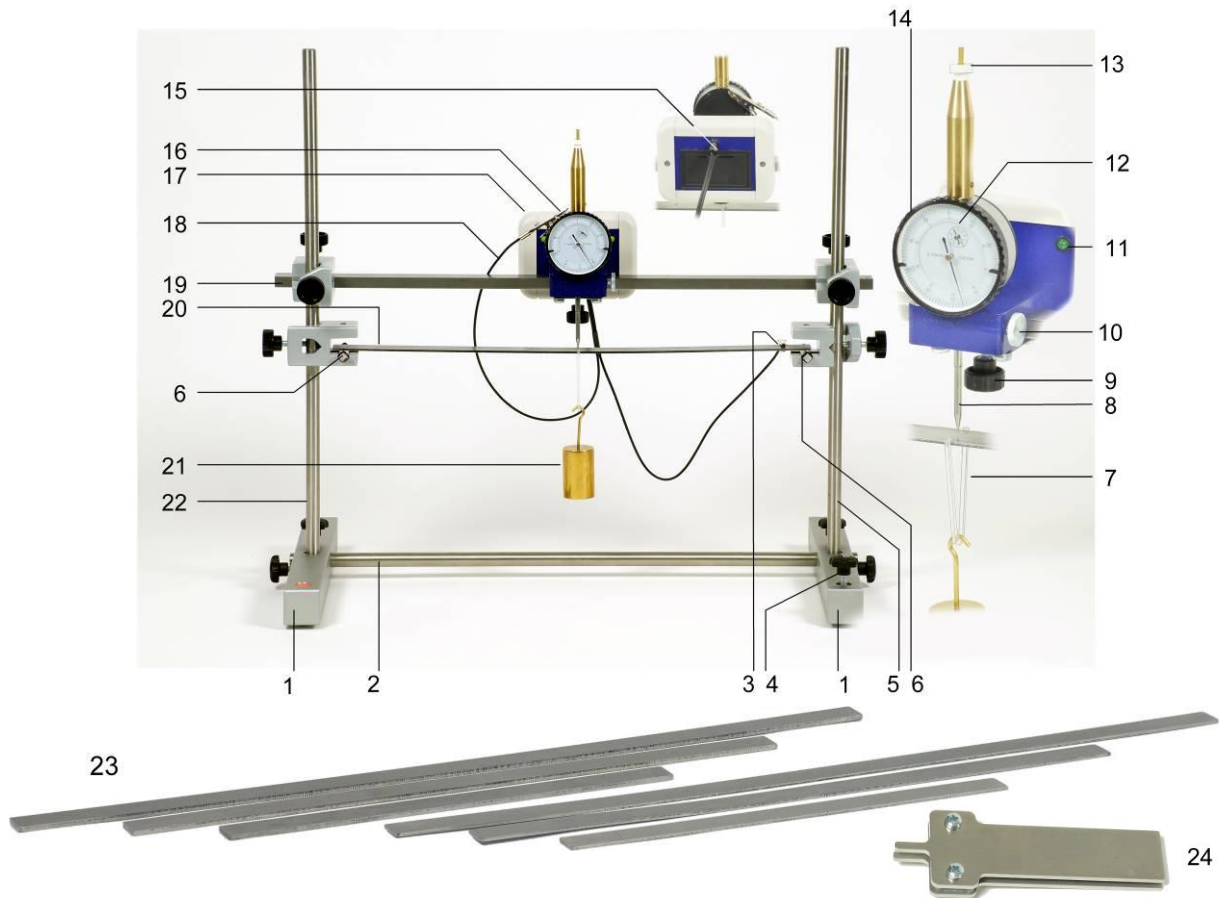
- Utilizar o aparelho somente em ambientes secos.
- Não aplicar tensões externas no conector jack de 3,5 mm da unidade do medidor.
- Somente operara com a pilha de 9 V incluída no fornecimento ou com pilhas idênticas (6F22).



O deslizamento da barra horizontal das luvas universais com a unidade do medidor fixada àquela pode danificar irreversivelmente a unidade do medidor.

- Na montagem e desmontagem da barra horizontal com a unidade do medidor fixada a ela, atentar par que a barra horizontal não deslize das luvas universais e caia.
- Somente apoiar a barra horizontal com a unidade do medidor fixada a ela antes da montagem e depois da desmontagem somente na parte traseira do estojo plástico da unidade do medidor. Antes, retirar o cabo do contato da ponta de medição do conector jack de 3,5 mm.

## 2. Conteúdo do fornecimento



- |  |  |
|--|--|
| 1 suporte de quatro pontos                       | 14 anel de escala  |
| 2 haste do suporte                               | 15 conector jack de 3,5 mm para o cabo de conexão do contato da ponta de medição |
| 3 grampo amostra material                        | 16 grampo do relógio de medição  |
| 4 parafuso de ajuste de nível                    | 17 unidade do medidor  |
| 5 haste vertical direita                         | 18 cabo de conexão contato da ponta de medição                                   |
| 6 apoio  | 19 barra horizontal  |
| 7 grampo de suporte para peso                    | 20 amostra material  |
| 8 ponta de medição                               | 21 peso 5x 50 g  |
| 9 parafuso de fixação da unidade do medidor      | 22 haste vertical esquerda   |
| 10 parafuso de fixação do relógio de medição     | 23 amostras materiais (6x)   |
| 11 tela LED contato da ponta de medição          | 24 bloco de aperto   |
| 12 relógio de medição                            |  |
| 13 parafuso de ajuste de altura ponta de medição |  |

### 3. Amostras materiais

Largura:	Espessuras:	Comprimentos:
15 mm	2 mm	215 mm, 315 mm, 415 mm
15 mm	3 mm	215 mm, 315 mm, 415 mm
Material: aço		

### 4. Dados técnicos

Bateria para a unidade do medidor:	9 V, 6F22
Faixa de medição medidor:	0 - 10 mm
Resolução medidor:	0,01 mm
Dimensões:	aprox. 550x280x500 mm <sup>3</sup>
Peso:	aprox. 5,5 kg

## 5. Descrição

O conjunto de aparelhos módulo de elasticidade constitui-se de seis hastes planas de aço com largura de 15 mm e diferentes espessuras e comprimentos, uma unidade do medidor, uma barra horizontal com suporte, dois apoios, um bloco de aperto e dois pesos com grampos de suporte.

O conjunto de aparelhos permite a investigação da deformação elástica de hastes com geometria plana e a determinação do módulo de elasticidade. A unidade do medidor permite a determinação da deformação em amostras de material condutor elétrico, sem que a curva característica de carga do medidor precise ser considerada. A unidade do medidor é conectada eletricamente à amostra de material de forma que a colocação da ponta de medição sobre a amostra do material é determinada sensivelmente e indicada com auxílio de dois LEDs. A medição, desta forma, ocorre praticamente sem carga. A deflexão da amostra de material com peso suspenso é medida com precisão de leitura de 0,01 mm e, a partir dela, o módulo de elasticidade é determinado.

As medições são possíveis com amostras apoiadas em ambas as extremidades e fixadas em apenas uma das extremidades.

## 6. Colocação em operação

### 6.1 Amostra material apoiada em ambas as extremidades



Fig. 1: Montagem da experiência para uma amostra material apoiada em ambas as extremidades.

- Inicialmente, deve ser montado somente o suporte, constituído de ambos os suportes de quatro pontos, da haste do suporte, das duas hastes verticais e das quatro luvas universais conforme Fig. 1. Fixar ambas as luvas universais para fixação da barra horizontal com a unidade do medidor respectivamente à mesma altura nas hastes verticais. Fixar ambas as luvas universais para fixação da amostra material aprox. 15 mm abaixo nas hastes verticais. Observar a disposição das luvas universais na Fig. 1!
- Colocar um apoio em cada luva universal para suporte da amostra material. Fixar os apoios com os elásticos.
- Ajustar a distância entre os suportes de quatro pontos de forma que a distância dos apoios corresponda ao comprimento *efetivo* da amostra material a ser medida, ou seja, 200 mm, 300 mm ou 400 mm.
- Deslizar a unidade do medidor sobre a barra horizontal e fixá-la com o parafuso de fixação da unidade do medidor na metade da barra horizontal.
- Fixar a barra horizontal com a unidade do medidor em ambas as luvas universais (observar instrução de segurança sob item 1), de forma que a ponta de medição esteja posicionada exatamente na metade entre ambos os apoios.
- Centrar a posição da altura da ponta de medição. Para tanto, rosquear a ponta de medição para dentro ou para fora com auxílio do parafuso de ajuste de altura, de forma que a haste roscada sobressaia cerca de 14 mm acima do parafuso de ajuste de altura.
- Elevar a ponta de medição e posicionar a amostra material a ser medida de tal forma sobre os apoios que repouse horizontalmente e simetricamente e que suas extremidades não toquem as luvas universais. Apoiar cuidadosamente a ponta de medição sobre a amostra material. Caso a amostra material não esteja em posição horizontal, corrigir a posição da amostra material por meio do deslocamento das luvas universais ao longo das hastes verticais.
- Compensar inclinações menores, p. ex., causadas por uma base desnivelada, da amostra material com auxílio do parafuso de ajuste de nível.
- Conectar o conector jack de 3,5 mm do cabo de conexão para o contato do medidor na tomada jack de 3,5 mm na parte traseira do invólucro da unidade do medidor. Fixar um dos dois grampos do cabo de conexão

no receptáculo previsto para o grampo n medidor e o outro na amostra material, conforme ilustrado na Fig. 1.

- Pendurar o peso, com auxílio do grampo de fixação, exatamente no centro da amostra material na altura da ponta de medição.
- Antes da medição de uma amostra material mais curta ou mais longa, primeiramente desmontar a barra horizontal com a unidade do medidor (observar instrução de segurança sob item 1.), correspondentemente, ajustar novamente os suportes de quatro pontos e proceder conforme descrito acima.

## 6.2 Amostra material fixada em uma das extremidades



Fig. 2: Montagem da experiência para uma amostra material fixada em uma das extremidades.

- Montar o suporte conforme Fig. 2. Fixar ambas as luvas universais para suporte da barra vertical com a unidade do medidor respectivamente à mesma altura nas hastes verticais, fixar a luva vertical para suporte em uma das extremidades da amostra material aprox. 15 mm abaixo. Observar a disposição das luvas universais!
- Ajustar a distância dos suportes de quatro pontos de forma que as extremidades da barra horizontal estejam justas com as duas luvas universais superiores.
- Deslizar a unidade do medidor sobre a barra horizontal e fixá-la com o parafuso de fixação da unidade do medidor inicialmente na metade da barra horizontal.
- Fixar a barra horizontal com a unidade do medidor em ambas as luvas universais superiores (observar instrução de

segurança sob item 1).

- Centrar a posição da altura da ponta de medição. Para tanto, rosquear a ponta de medição para dentro ou para fora com auxílio do parafuso de ajuste de altura, de forma que a haste roscada sobressaia cerca de 14 mm acima do parafuso de ajuste de altura.
- Colocar a amostra material a ser medida na direção longitudinal no bloco de aperto e fixar na luva universal inferior, conforme mostrado na Fig. 2. Nisto, elevar e, em seguida, apoiar cuidadosamente a ponta de medição sobre a amostra material. Atentar para que as chapas do bloco de aperto estejam alinhadas com a luva universal no lado saliente da amostra material.
- Soltar o parafuso de fixação da unidade do medidor, elevar a ponta de medição e deslocar a unidade do medidor ao longo da barra horizontal de forma que a ponta de medição esteja posicionada poucos milímetros antes da extremidade livre da amostra material.
- Conectar o conector jack de 3,5 mm do cabo de conexão para o contato do medidor na tomada jack de 3,5 mm na parte traseira do invólucro da unidade do medidor. Fixar um dos dois grampos do cabo de conexão no receptáculo previsto para o grampo n medidor e o outro na extremidade traseira do bloco de aperto, conforme ilustrado na Fig. 2.
- Pendurar o peso, com auxílio do grampo de fixação, na amostra material à altura da ponta de medição.

### Orientações:

Limpar as amostras materiais no ponto de contato com a ponta de medição, se for o caso, com material abrasivo seco, p. ex., uma esponja de louça.

Medir com precisão as distâncias dos apoios das amostras materiais apoiadas em ambas as extremidades, as distâncias entre ponta de medição e borda anterior do bloco de aperto em caso de amostras materiais fixadas em uma das extremidades, bem como largura e espessura das amostras materiais, p. ex., com auxílio da trena 2 m (1002603) e paquímetro digital (1002602) e anotar os valores.

## 7. Operação do medidor

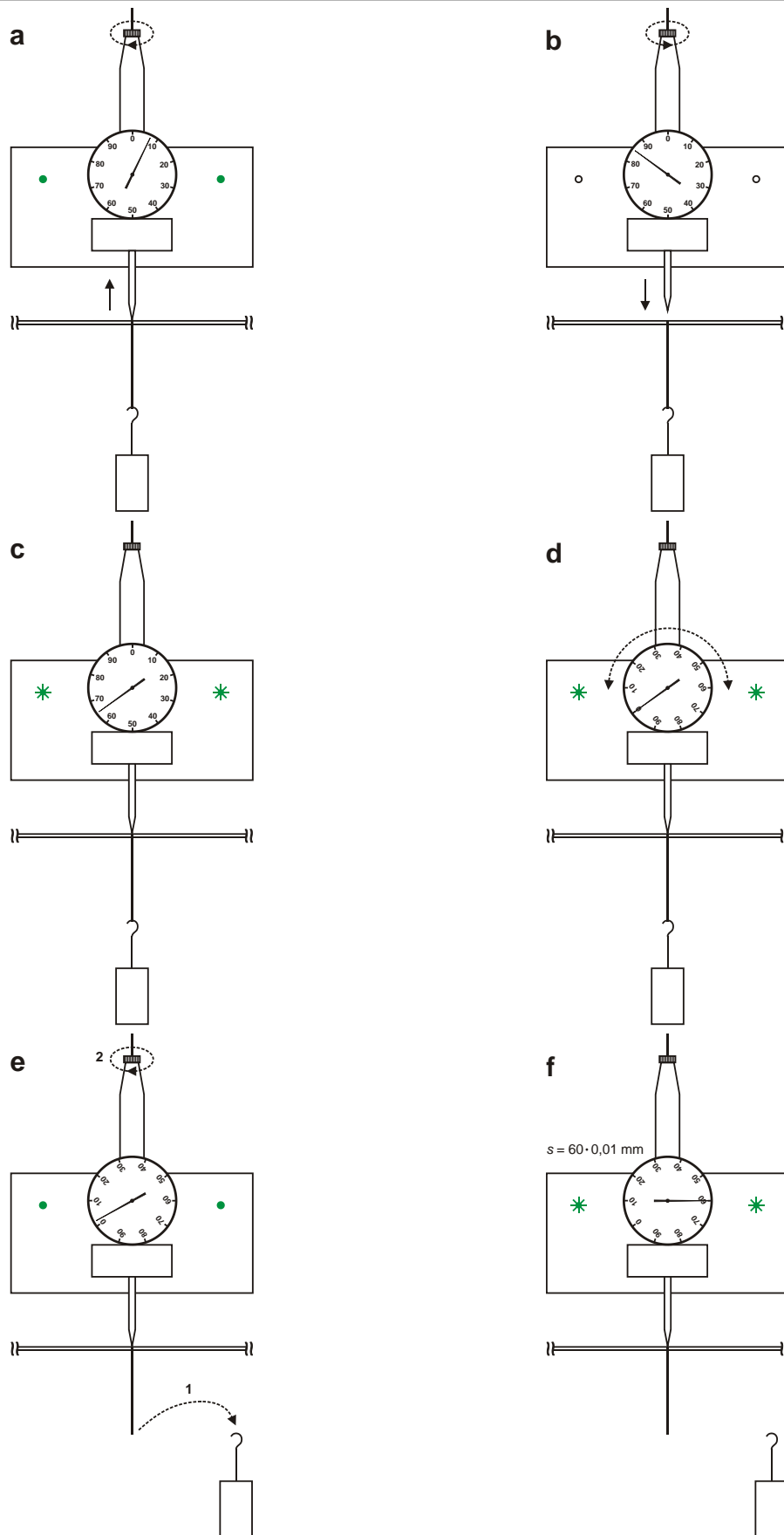


Fig. 3: Operação do medidor.

- Inicialmente, girar o anel de escala do medidor até que o zero da escala se encontre na posição de 12 horas.

Ambos os LEDs da unidade do medidor brilham quando a ponta de medição estiver em contato com a amostra material e desligam quando o contato é interrompido.

#### Orientação:

Em caso de amostras materiais apoiadas em ambas as extremidades com espessura de 2 mm e carga de 200 g, a deflexão pode ser tamanha que a ponta de medição não faça contato com a amostra material mesmo com o parafuso de ajuste de altura totalmente inserido. Neste caso, aproximar a luva universal em que a amostra material está fixada da luva universal em que está fixada a barra horizontal (distância aprox. 10 mm).

- Se os LEDs brilharem com o peso pendurado, girar o parafuso de ajuste da altura para a direita até que os LEDs comecem a piscar (Fig. 3a,c).
- Se os LEDs estiverem apagados com o peso pendurado, girar o parafuso de ajuste da altura para a esquerda até que os LEDs comecem a piscar (Fig. 3b,c).

#### Orientações:

Quando os LEDs piscam, sinalizam um apoio praticamente sem carga da ponta de medição sobre a amostra material.

Ambos os LEDs têm a mesma função de sinalização.

- Girar o anel de escala no medidor até que o zero da escala corresponda com a posição do ponteiro (Fig. 3d).
- Retirar o peso cuidadosamente do gancho (Fig. 3e). A amostra material exerce força de restauração sobre a ponta de medição e, dependendo do método de medição (vide 6.1 ou 6.2), amostra material e peso utilizados, o ponteiro do medidor se desloca, ao remover o peso, mais ou menos fortemente do ponto zero ajustado. Os LEDs, agora, brilham constantemente.
- Girar o parafuso de ajuste de altura para a direita (Fig. 3e) até que os LEDs voltem a piscar, ou seja, até que a ponta de medição esteja sem carga (Fig. 3f). O valor mostrado na escala preta do medidor corresponde à deflexão da amostra material. Ler e anotar o valor. Atentar para que o ponteiro gire completamente uma ou mais vezes dependendo da amostra material e do peso. Cada volta inteira corresponde a uma deflexão de 1 mm e deve ser considerada correspondentemente.
- Se for o caso, repetir a medição várias vezes e formar a média.

#### Orientação:

Também é possível proceder de forma inversa, ou seja, o ajuste do zero pode ocorrer sem peso pendurado e a leitura com o peso pendurado. Neste caso, o medidor gira para a esquerda e o valor pode ser lido na escala vermelha do medidor.

## 8. Cálculo do módulo de elasticidade $E$

### 8.1 Amostra material apoiada em ambas as extremidades

$$E = \left(\frac{L_2}{d}\right)^3 \cdot \frac{F}{4 \cdot b \cdot s}$$

$E$ : módulo de elasticidade

$L_2$ : distância entre os apoios

$d$ : espessura da amostra material

$b$ : largura da amostra material

$s$ : deflexão da amostra material

$F$ : força peso

$$E = \left(\frac{300 \text{ mm}}{2 \text{ mm}}\right)^3 \cdot \frac{0,1 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{4 \cdot 15 \text{ mm} \cdot (29 \cdot 0,01 \text{ mm})}$$

$$= 190 \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} = 190 \text{ GPa}$$

### 8.2 Amostra material fixada em uma das extremidades

$$E = \left(\frac{L_1}{d}\right)^3 \cdot \frac{4 \cdot F}{b \cdot s}$$

$L_1$ : distância entre ponta de tato e borda anterior do bloco de aperto

$$E = \frac{\left(\frac{244 \text{ mm}}{2 \text{ mm}}\right)^3 \cdot 4 \cdot 0,1 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{15 \text{ mm} \cdot (2 \text{ mm} + 58 \cdot 0,01 \text{ mm} - 0,024 \text{ mm})}$$

$$= 186 \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} = 186 \text{ GPa}$$

#### Orientação:

Em caso de amostras materiais fixadas em uma das extremidades, o torque atuante sobre a luva universal pode ser considerado em nome de maior precisão de medição. Por Newton de força peso e 100 mm de comprimento de amostra fixada, podem ser subtraídos 0,01 mm do valor indicado. No exemplo de medição acima com  $L_1 = 244 \text{ mm}$  e  $F = 0,98 \text{ N}$ , ou seja,  $2,44 \times 0,98 \times 0,01 \text{ mm} = 0,024 \text{ mm}$ .

Os valores determinados com ambos os métodos de medição apresentam variação de apenas cerca de 2% entre eles e correspondem bem aos valores de literatura (190 - 210 GPa, conforme o tipo de aço).

## 9. Armazenagem, limpeza, descarte

- Armazenar o aparelho em local limpo, seco e livre de pó.
- Não utilize produtos de limpeza agressivos ou solventes para limpar o aparelho.
- Para a limpeza utilizar um pano suave e úmido.
- A embalagem deve ser eliminada nas dependências locais de reciclagem.
- Em caso que o próprio aparelho deva ser descartado, então este não pertence ao lixo doméstico normal. É necessário cumprir com a regulamentação local para a eliminação de descarte eletrônico.
- Não dispor das baterias descarregadas no lixo caseiro. Devem ser observados os regulamentos legais do local (D: BattG; EU: 2006/66/EG).

