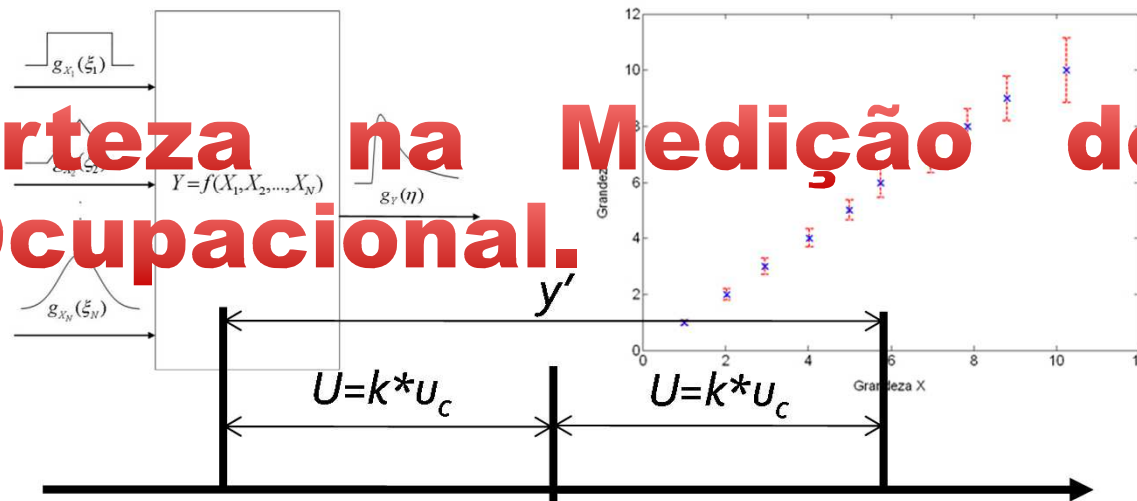


# VII Jornadas Técnicas de Segurança no Trabalho



- Nuno Pereira, ECO 14, Lda.

## A Incerteza na Medição do Ruído Ocupacional.



9 de Abril 2015

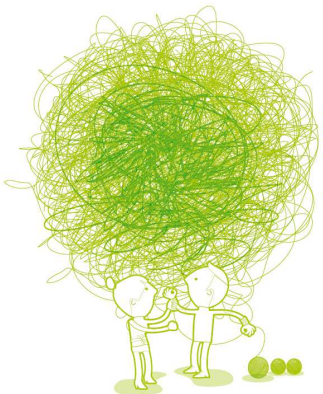


# VII Jornadas Técnicas de Segurança no Trabalho

## GENERALIDADES

**Medir algo significa atribuir-lhe um resultado (número) que expressa a sua relação com uma grandeza padrão.**

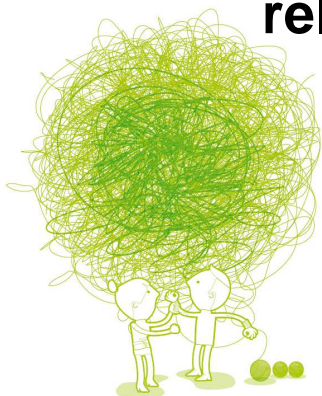
- **Alguém disse que medir é errar.**



# VII Jornadas Técnicas de Segurança no Trabalho

## GENERALIDADES

- **Mas será que a indicação somente do resultado de uma medição tem sentido?**
- **Existem sempre fatores que influenciam o resultado de uma medição.**
- **Este fatores contribuem para a incerteza do resultado relativamente ao seu valor verdadeiro.**

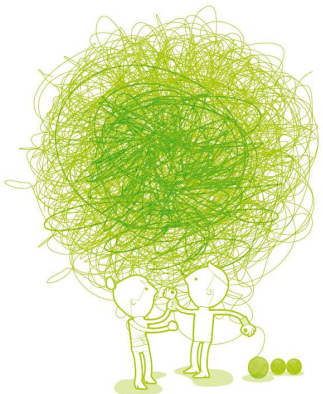


# VII Jornadas Técnicas de Segurança no Trabalho

## GENERALIDADES

### Incerteza de Medição

- **Parâmetro não negativo que caracteriza a dispersão dos valores atribuídos a uma mensuranda, com base nas informações utilizadas.**



# VII Jornadas Técnicas de Segurança no Trabalho

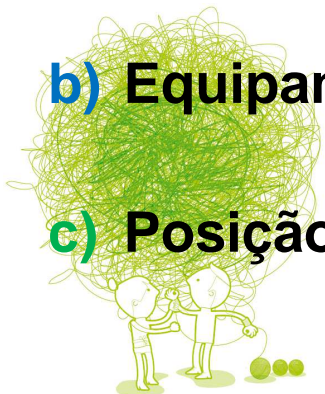
## Norma NP EN ISO 9612:2011

A incerteza pode ser originada quer por erros, quer por variações naturais na situação de trabalho. As principais fontes de incerteza no resultado da medição são:

**a)** Variações no trabalho diário, condições de funcionamento, incerteza da amostragem, etc.;

**b)** Equipamento de medição e calibração;

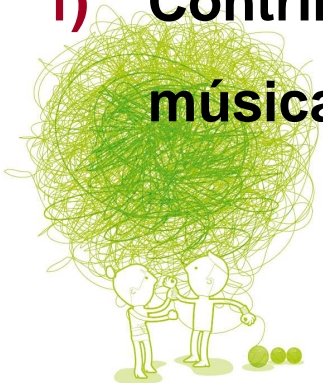
**c)** Posição do microfone;



# VII Jornadas Técnicas de Segurança no Trabalho

## Norma NP EN ISO 9612:2011

- d)** Falsas contribuições, como por ex., por causa do vento, de corrente de ar ou impactos mecânicos no microfone e da fricção no microfone no vestuário de trabalho;
- e)** Ausência ou deficiente análise do conteúdo de trabalho;
- f)** Contribuições de fontes de ruído atípicas, comunicação verbal, música (rádio), sinais de alarme e comportamento atípicos.



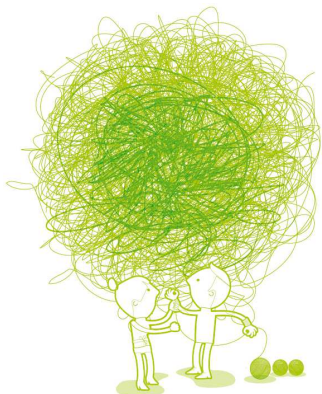
# VII Jornadas Técnicas de Segurança no Trabalho

## Norma NP EN ISO 9612:2011

### Estratégia de Medição

#### Medição Baseada na Tarefa

- O trabalho desenvolvido ao longo do dia é analisado e dividido num número de tarefas representativas e, para cada tarefa, são efetuadas medições dos níveis de pressão sonora.



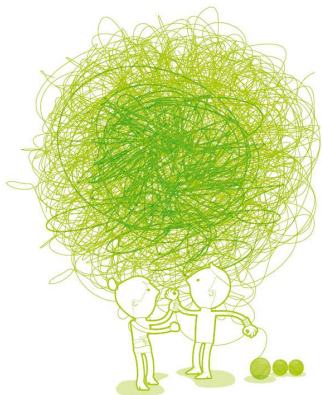
# VII Jornadas Técnicas de Segurança no Trabalho

## Norma NP EN ISO 9612:2011

### Estratégia de Medição

#### Medição Baseada no Posto de Trabalho (ou atividade)

- É retirado um número de amostras aleatórias do nível de pressão sonora durante a realização de uma atividade específica (ou para um dado posto de trabalho).





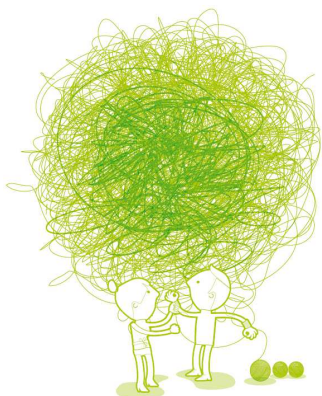
# VII Jornadas Técnicas de Segurança no Trabalho

Norma NP EN ISO 9612:2011

## Estratégia de Medição

### Medição Baseada no dia de Trabalho Completo

- O nível de pressão sonora é medido continuamente ao longo de todo o dia de trabalho.

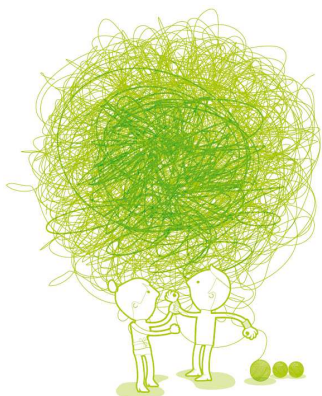


# VII Jornadas Técnicas de Segurança no Trabalho

## Norma NP EN ISO 9612:2011

### Estratégia de Medição

**Para cada estratégia de medição a norma apresenta um modelo matemático de calculo de incerteza nos ensaios de ruído ocupacional**



# VII Jornadas Técnicas de Segurança no Trabalho

## Guia Relacre n.º22 – Calculo de Incertezas

### Calculo para o Método das Tarefas

Com base nesta abordagem,  $L_{EX,8h}$  é calculado segundo a seguinte fórmula:

$$L_{EX,8h} = 10 \log \left[ \sum_{m=1}^M \frac{\overline{T}_m}{T_0} 10^{0,1 * L_{p,A,eqT,m}^*} \right]$$

onde,  $T_m$  é a duração da tarefa  $m$ ;  $T_0$  é o tempo de exposição de referência (8h),  $M$  é o número total de tarefas,  $L_{p,A,eqT,m}^*$  é a estimativa do nível sonoro contínuo equivalente da tarefa  $m$ .



# VII Jornadas Técnicas de Segurança no Trabalho

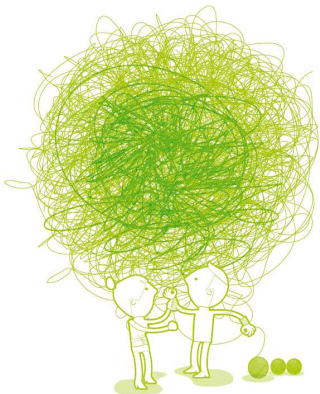
## Guia Relacre n.º22 – Calculo de Incertezas

### Calculo para o Método das Tarefas

Nestas condições, a incerteza padrão combinada ,  $u$ , e a incerteza expandida,  $U$ , são obtidas por:

$$u(L_{EX,8h}) = \sqrt{\sum_{m=1}^M [c_{1a,m}^2 (u_{1a,m} + u_{2,m} + u_3) + (c_{1b,m} u_{1b,m})^2]}$$

$$U = 1,65 * u$$



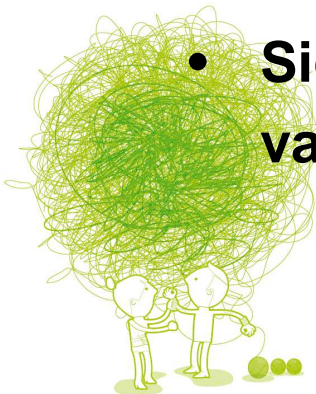
# VII Jornadas Técnicas de Segurança no Trabalho

## Guia Relacre n.º22 – Calculo de Incertezas

### Calculo para o Método das Tarefas

- A incerteza expandida apresentada, decorre da multiplicação da incerteza padrão combinada por um coeficiente de expansão igual a 1,65, para corresponder a um intervalo de confiança unilateral de 95%;

- Significa que 95% dos valor obtidos são inferiores ao valor limite ( $L_{EX,8h}+U$ ).



# VII Jornadas Técnicas de Segurança no Trabalho

## Guia Relacre n.º22 – Calculo de Incertezas

### Calculo para o Método das Tarefas

$$u(L_{EX,8h}) = \sqrt{\sum_{m=1}^M [c_{1a,m}^2 (u_{1a,m} + u_{2,m} + u_3) + (c_{1b,m} u_{1b,m})^2]}$$

$u_{1a,m}$   
(Repetibilidade)

é a incerteza padrão relativa à amostragem do nível sonoro da tarefa  $n$

$u_{1b,m}$

é a incerteza padrão relativa ao tempo de exposição na tarefa  $m$

$u_{2,m}$

é a incerteza padrão relativa ao equipamento utilizado na medição da tarefa  $m$

$u_3$

é a incerteza padrão relativa à posição do microfone

$c_{1a,m}$

é o coeficiente de sensibilidade relativo ao nível sonoro para a tarefa  $m$

$c_{1b,m}$

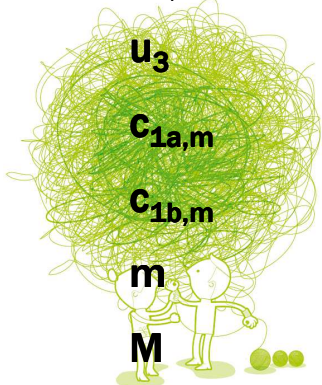
é o coeficiente de sensibilidade relativo ao tempo de exposição para a tarefa  $m$

$m$

é o número da tarefa

$M$

é o número total de tarefas



# VII Jornadas Técnicas de Segurança no Trabalho

## Guia Relacre n.º22 – Calculo de Incertezas

### Calculo para o Método das Tarefas

Sigla	Quantificação por...	
$u_{1a,m}$	$\sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \left[ \sum_{i=1}^n (L_{p,A,eqT,mi} - \bar{L}_{p,A,eqT,m})^2 \right]}$	O valor médio é a média aritmética... Também denominado por <b>desvio padrão experimental da média</b>
$u_{1b,m}$	$\sqrt{\frac{1}{J(J-1)} \left[ \sum (T_{m,i} - \bar{T}_m)^2 \right]}$	Se não for exequível esta abordagem a norma sugere uma estimativa por $0,5*(T_{max}-T_{min})$ ou <b>XX%*Tm / (3)<sup>1/2</sup></b>
$u_{2,m}$	Sonómetro: classe 1 - 1,0 dB, classe 2 – 1,5 dB; Dosímetro – 1,5 dB	
$u_3$	1,0 dB	
$c_{1a,m}; c_{1b,m}$	$C_{1a,m} = \frac{\partial(L_{EX,8h})}{\partial(L_{p,A,eqT,m})} = \frac{T_m}{T_0} * 10^{0,1(L_{p,A,eqT,m}^* - L_{EX,8h})}$	$C_{1b,m} = \frac{\partial(L_{EX,8h})}{\partial(T_m)} = 4,34 * \frac{C_{1a,m}}{T_m}$

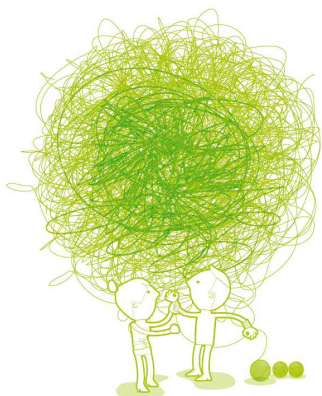


# VII Jornadas Técnicas de Segurança no Trabalho

## Guia Relacre n.º22 – Calculo de Incertezas

### Exemplos

	P1 - Serrote Mecânico		P2 - Empilhador	
	$L_{Aeq,T}$ [dB(A)]	$L_{Cpico}$ [dB(C)]	$L_{Aeq,T}$ [dB(A)]	$L_{Cpico}$ [dB(C)]
Medição n.º1	80,4	99,8	82,8	125,7
Medição n.º2	80,8	101,1	82,2	118,4
Medição n.º3	80,5	101,6	81,4	118,0
Medição n.º4	80,8	101,4	83,5	120,7
<b>Valores Finais (*)</b>	<b>80,6</b>	<b>101,6</b>	<b>82,5</b>	<b>125,7</b>
<b>Tempos de Exposição, T (h)</b>	4 ± 0,5		2 ± 0,25	
$L_{EX,8h} \pm U$ [dB(A)]	80,1 ± 1,8			
$L_{Cpico}$ [dB(C)]	125,7 ≈ 126			
$L_{EX,8h,efect}$ [dB(A)]	57,4 ≈ 57			

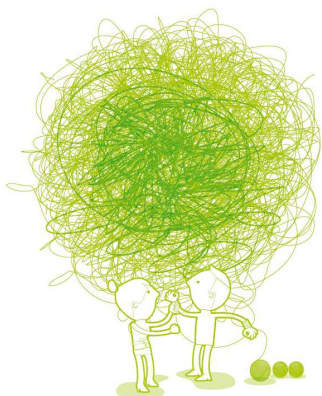




# VII Jornadas Técnicas de Segurança no Trabalho

## Exemplos

Componente	Unidade	Incerteza padrão, $u(x_i)$	Coefficiente sensibilidade, $C_i$	Contribuição, $u_i = u(x_i) \cdot C_i$	$u_i^2$
$U_{1a,m P1}$ - Repetibilidade	dB(A)	1,03E-01	5,63E-01	5,80E-02	3,37E-03
$U_{1a,m P2}$ - Repetibilidade	dB(A)	4,48E-01	4,37E-01	1,96E-01	3,83E-02
$U_{1b,m P1}$ - Incerteza da estimativa	h	2,89E-01	6,11E-01	1,77E-01	3,11E-02
$U_{1b,m P2}$ - Incerteza da estimativa	h	1,14E-01	9,49E-01	1,08E-01	1,88E-02
$U_{2,m P1}$	dB(A)	7,00E-01	5,63E-01	3,94E-01	1,55E-01
$U_{2,m P2}$	dB(A)	1,50	4,37E-01	6,56E-01	4,30E-01
$U_{3,m P01}$	dB(A)	1,00	5,63E-01	5,63E-01	3,17E-01
$U_{3,m P02}$	dB(A)	1,00	4,37E-01	4,37E-01	1,91E-01
<b>Somatório <math>u_i \rightarrow u(y)^2</math></b>					<b>1,18</b>
<b>Incerteza combinada, <math>u(y)</math></b>					<b>1,09</b>
<b>Coefficiente de expansão, <math>k</math></b>					<b>1,65</b>
<b>Incerteza expandida, <math>U</math></b>					<b>1,8</b>

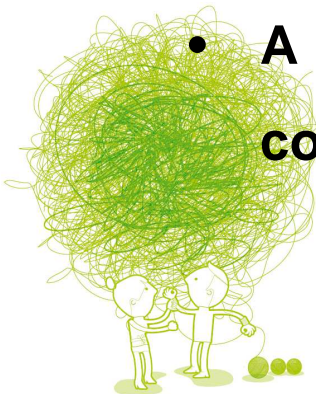


# VII Jornadas Técnicas de Segurança no Trabalho

## Guia Relacre n.º22 – Calculo de Incertezas

### Exemplos

- Incerteza considerando somente Tarefa 1 (T=8h) – U = 2,0
- Incerteza considerando somente Tarefa 2 (T=8h) – U = 3,1
- Incerteza considerando somente Tarefa 1 (T=8h) e desvio experimental da média = 0 – U = 2,0
- A incerteza do ECI de Ruído Laboral de 2011 ficou compreendida entre 1,6-2,4 dB(A)



# VII Jornadas Técnicas de Segurança no Trabalho

## Guia Relacre n.º22 – Calculo de Incertezas

### Conclusão

O valor de  $L_{EX,8h}$  deve ser apresentado com o valor da incerteza e a análise dos valores limite deve ter em consideração a incerteza da medição.

Para os arredondamentos dos valores numéricos deve utilizar as regras na norma portuguesa NP37:2009 (Ed.3)

