



# **TOPOGRAFIA**

## **ALTIMETRIA: CÁLCULO DE COTAS**

Prof. Dr. Daniel Caetano

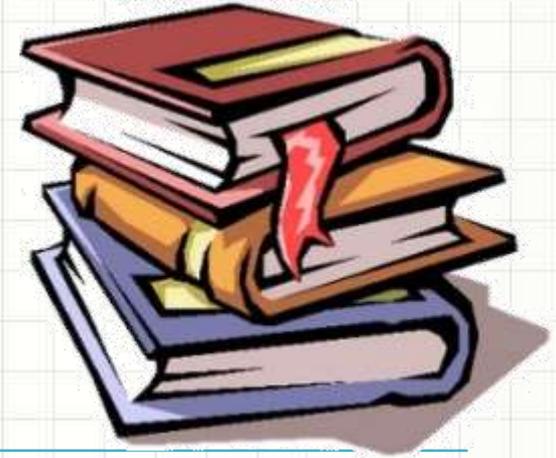
2016 - 1

# Objetivos

- O que é uma cota
- Como se determina uma cota
- Nivelamento geométrico simples



# Material de Estudo



---

## Material

## Acesso ao Material

Apresentação

<http://www.caetano.eng.br/>  
(Topografia – Aula 4)

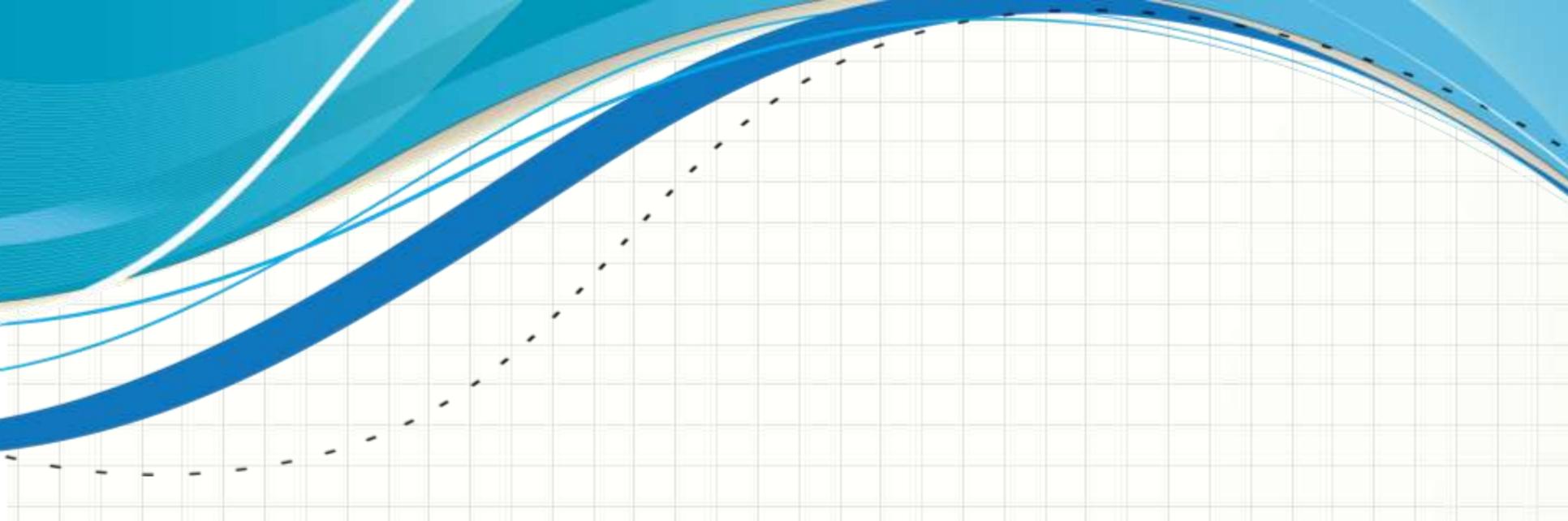
Material Didático

Topografia – Parte 2 – Págs 86-121

Biblioteca

Topografia v.1 (Borges)

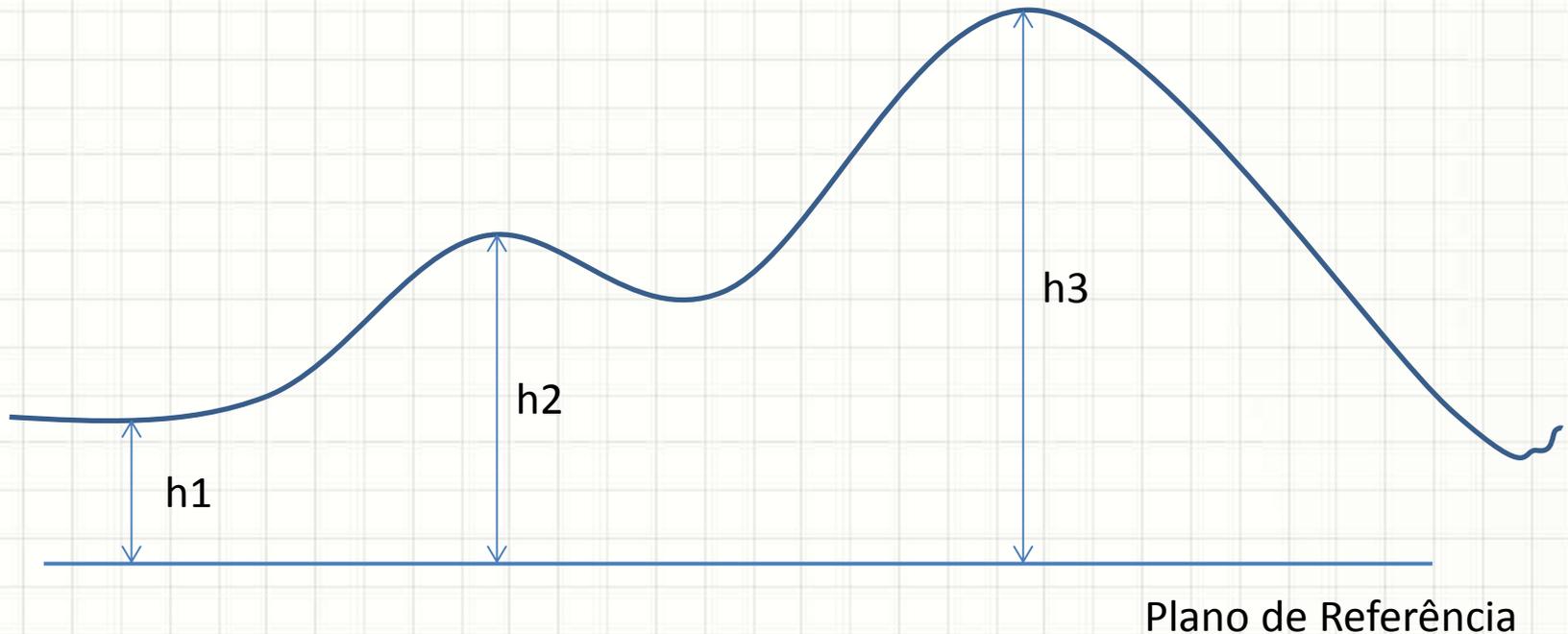
---



# COTA E ALTITUDE

# O que é cota?

- Cota: altura com relação a uma referência fixa
  - Para as cotas, a **referência** é um plano horizontal



# O que é cota?

- Referência usual: nível do mar
  - Cota → altitude



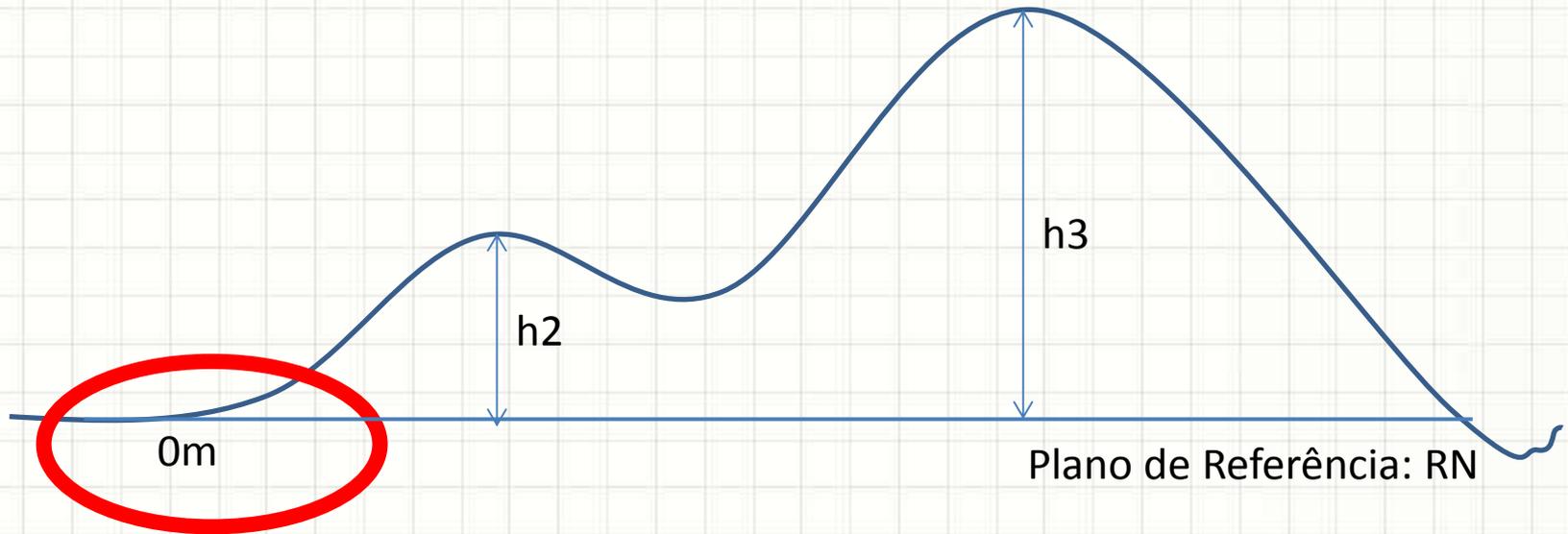
# Como medir altitude?

- Em geral estamos longe do mar...



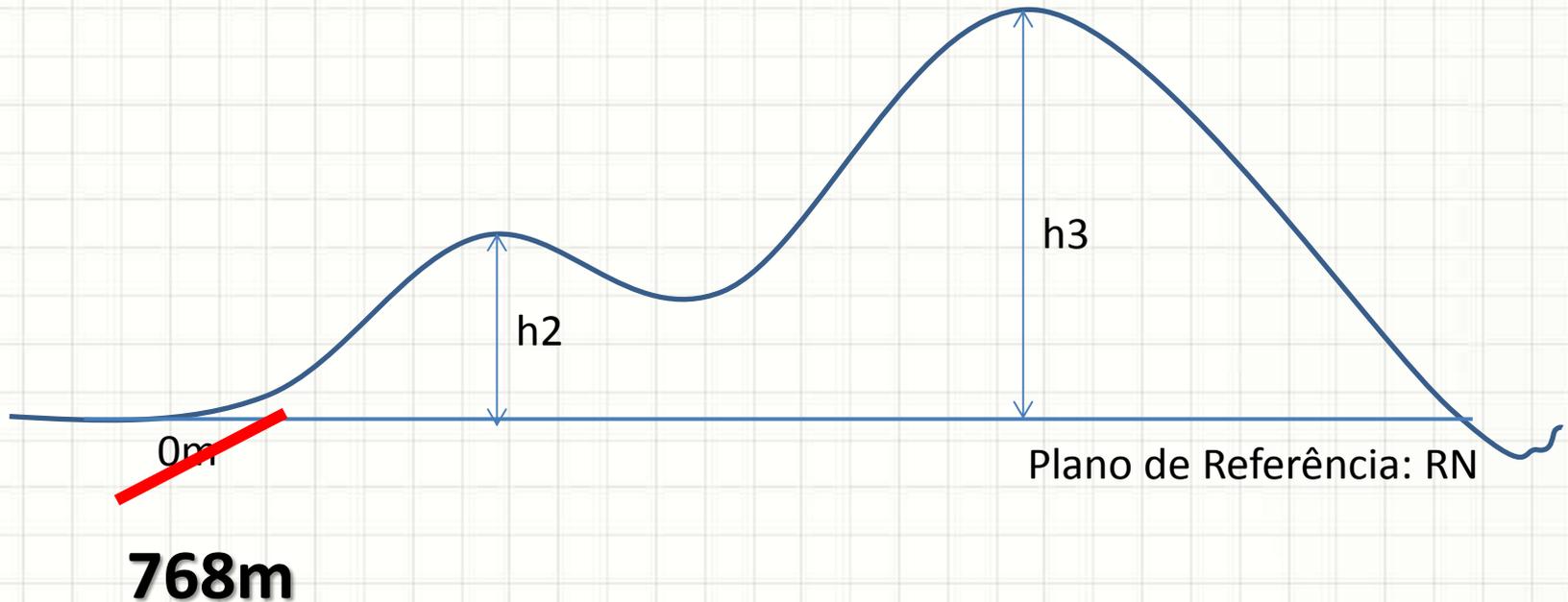
# Cotas Relativas

- Cotas relativa a um ponto arbitrário
  - Definimos um valor arbitrário para ele



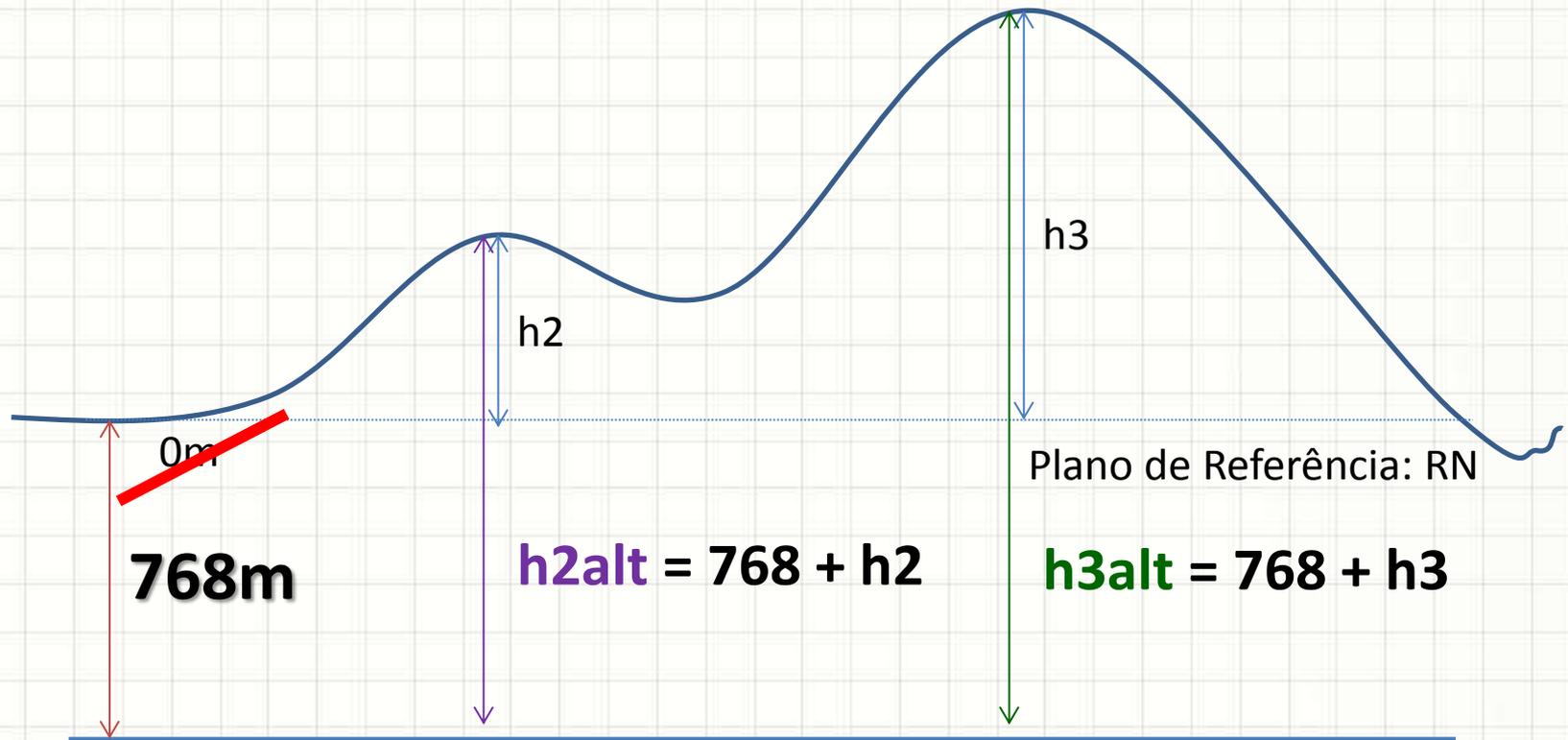
# Cotas Relativas para Altitude

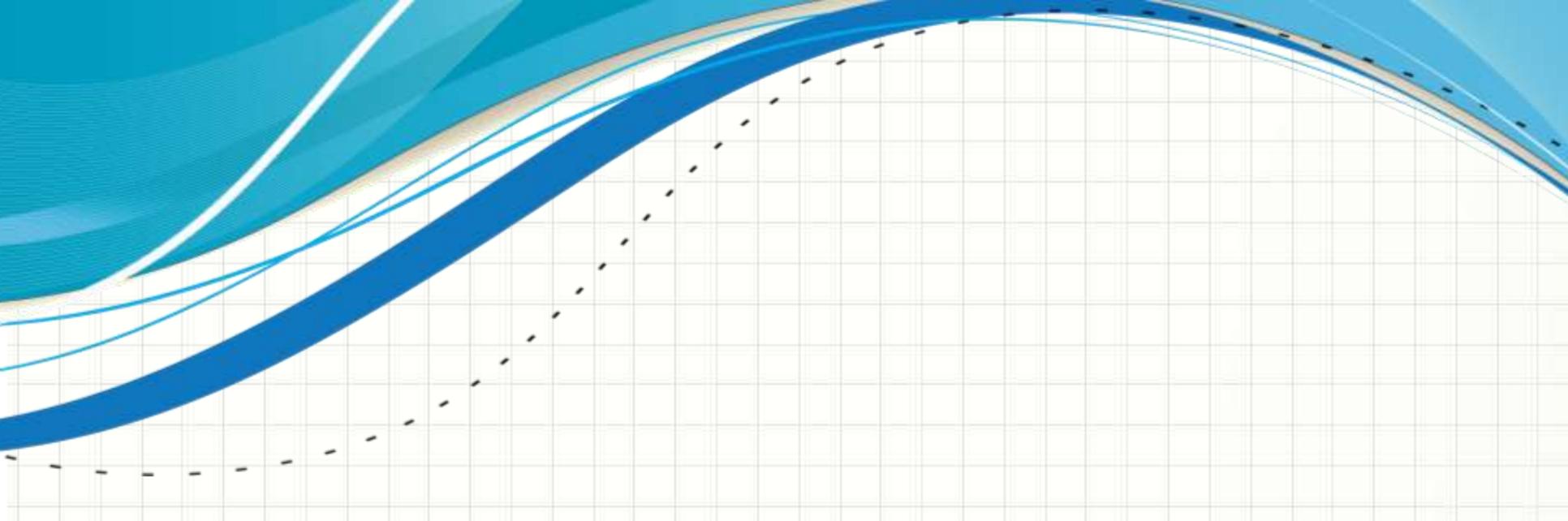
- Podemos fazer a conversão...
  - Se soubermos o valor real da altitude de um dos pontos



# Cotas Relativas para Altitude

- Podemos fazer a conversão...
  - Se soubermos o valor da altitude de um dos pontos (RN)

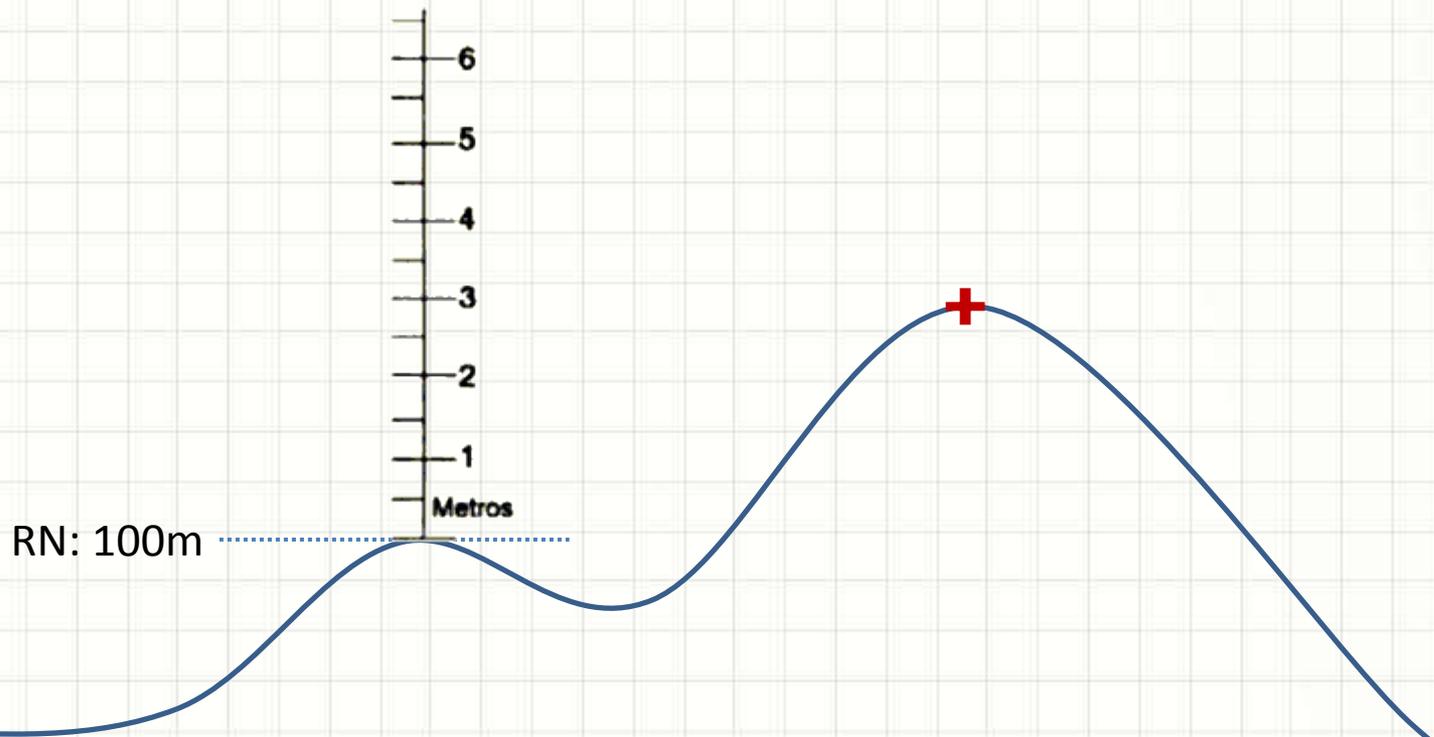




# **MEDINDO COTAS E DIFERENÇAS DE COTA**

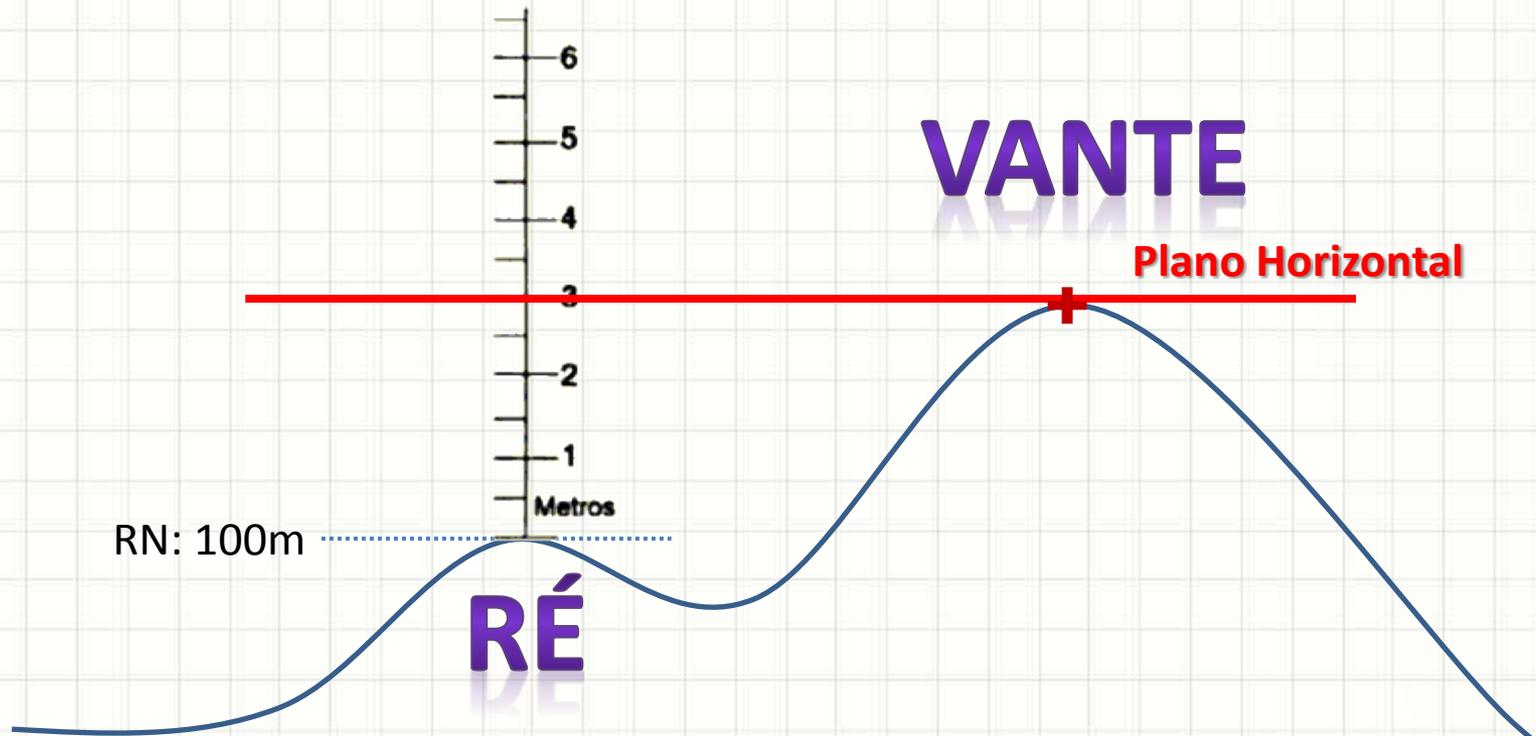
# Medição de Cota

- Como as cotas são relativas...
  - Sempre temos uma referência!
- Elas são determinadas medindo diferenças



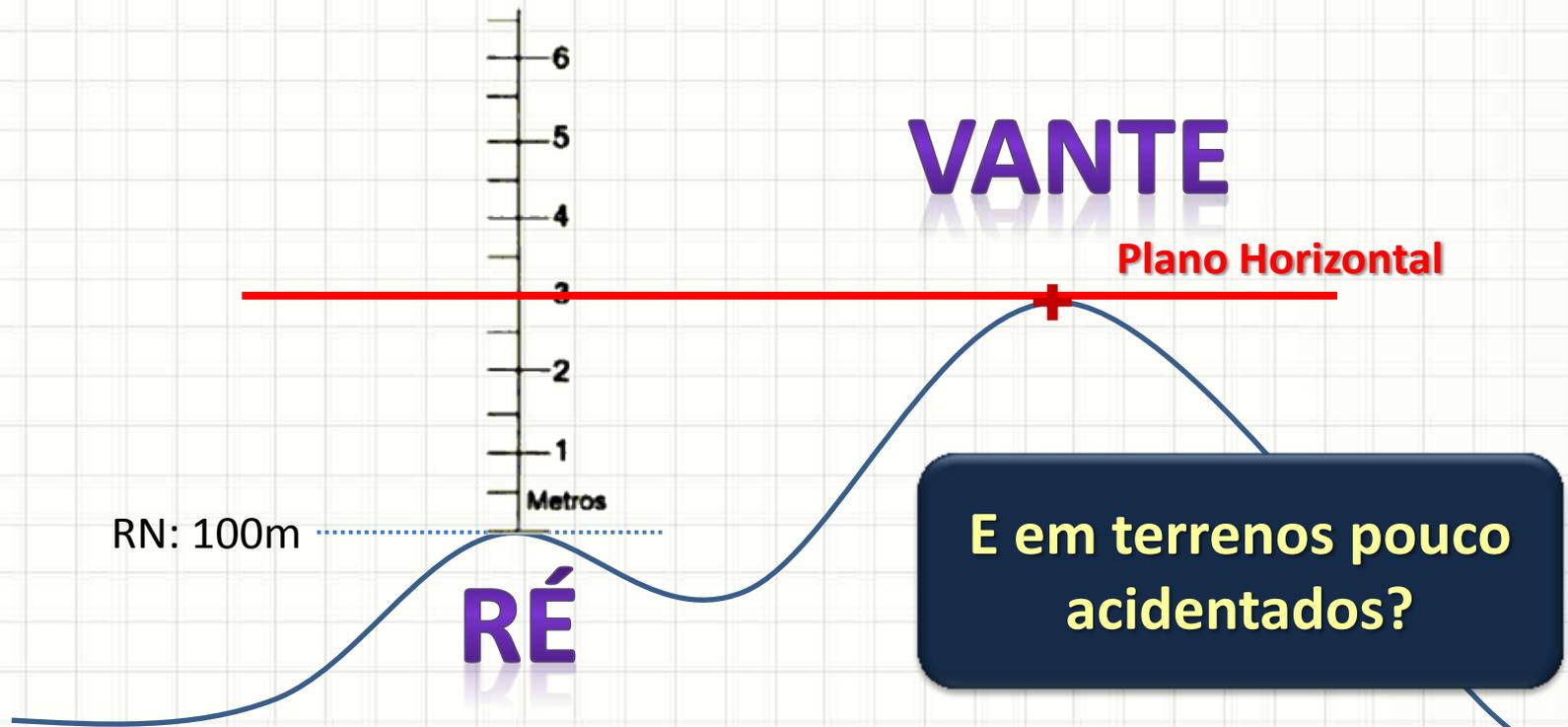
# Medição de Cota

- Como as cotas são relativas...
  - Sempre temos uma referência!
- Elas são determinadas medindo diferenças



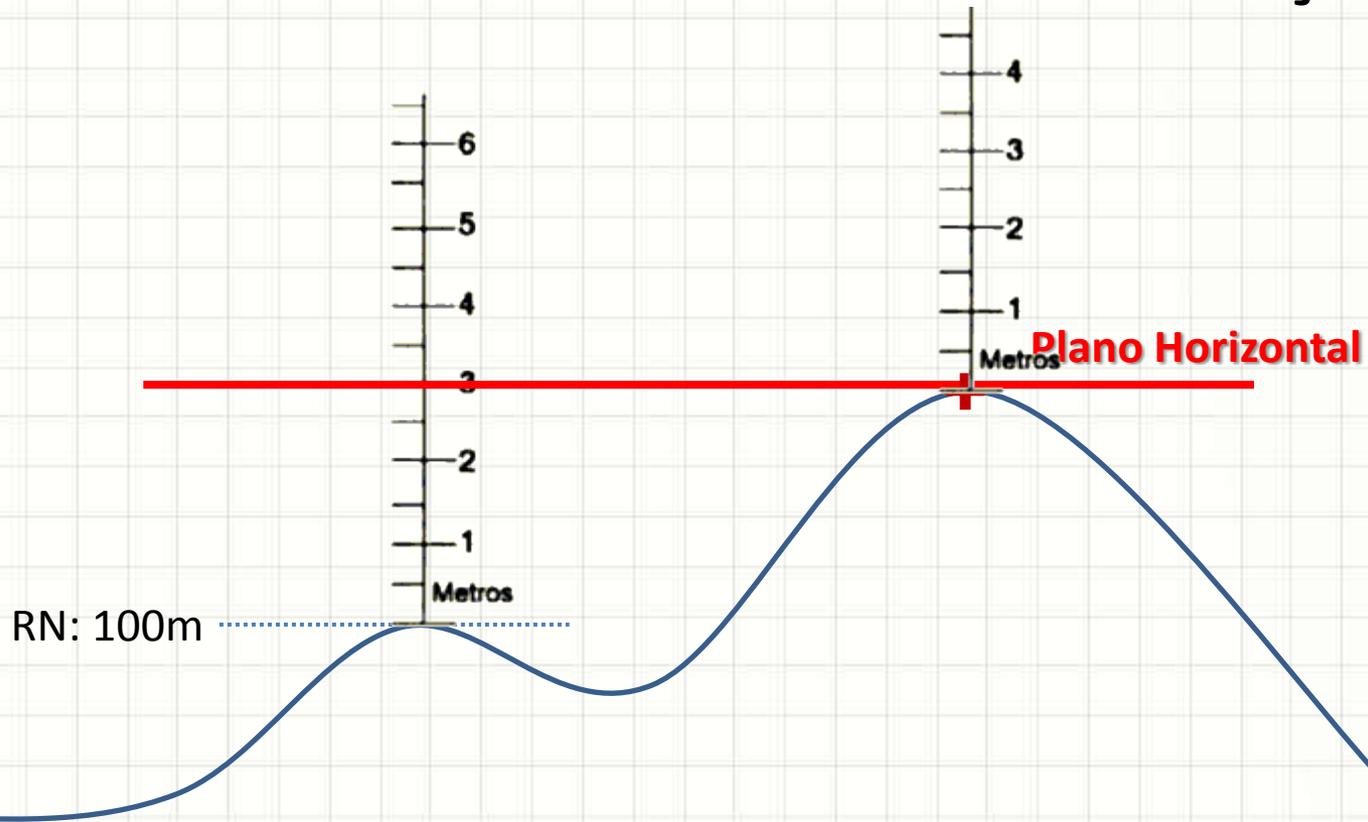
# Medição de Cota

- Como as cotas são relativas...
  - Sempre temos uma referência!
- Elas são determinadas medindo diferenças



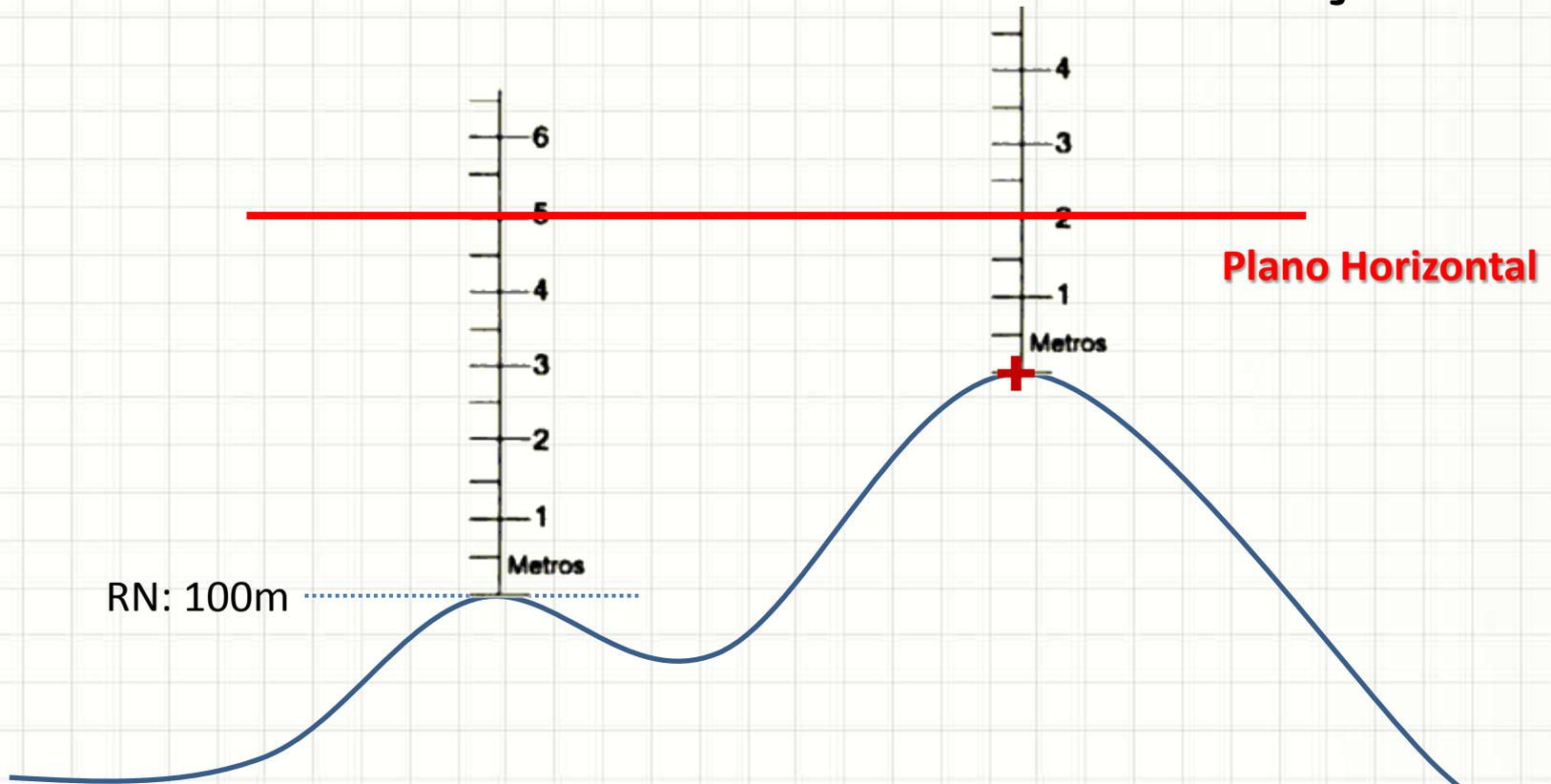
# Medição de Cota

- Como as cotas são relativas...
  - Sempre temos uma referência!
- Elas são determinadas medindo diferenças



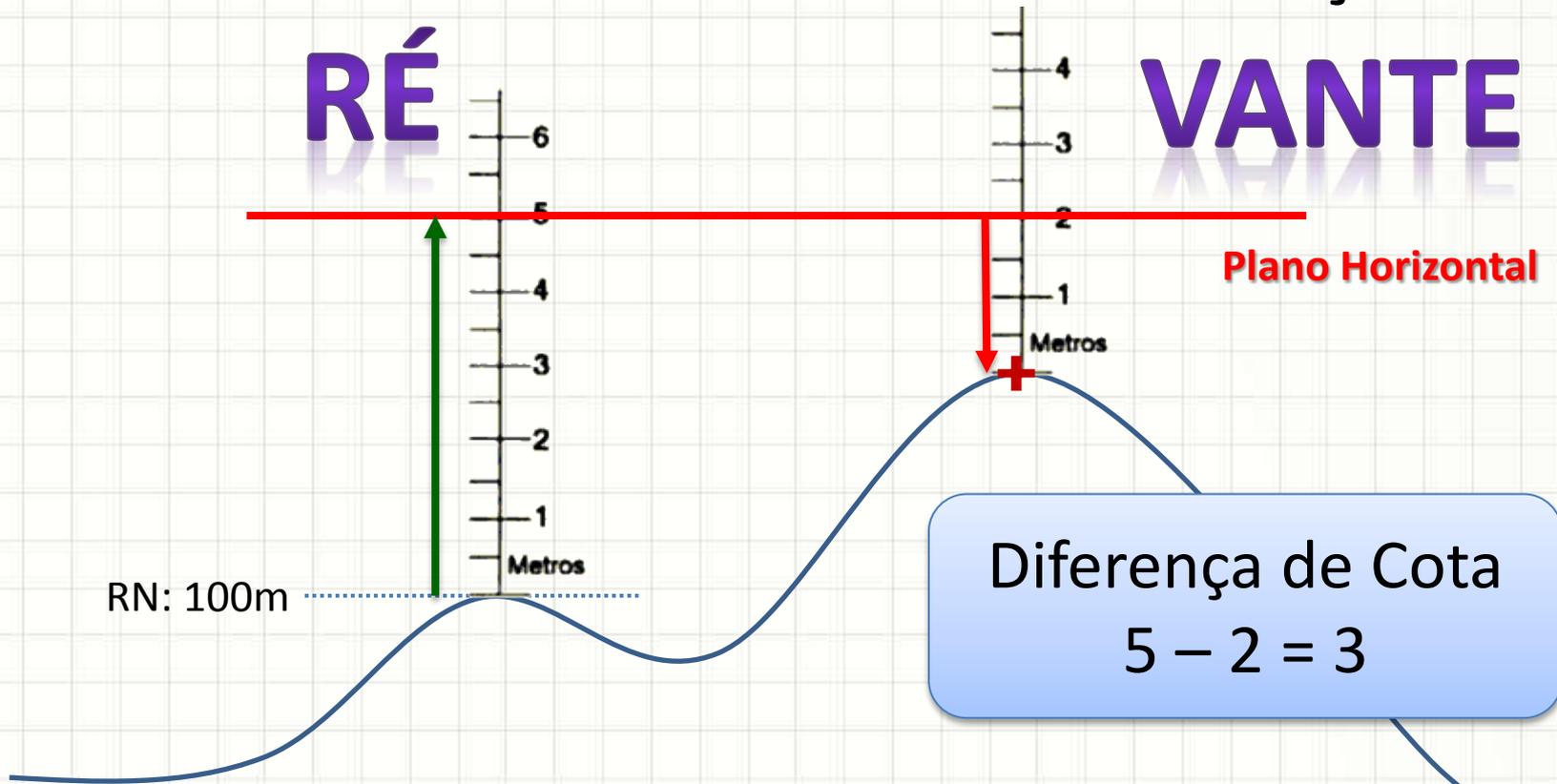
# Medição de Cota

- Como as cotas são relativas...
  - Sempre temos uma referência!
- Elas são determinadas medindo diferenças



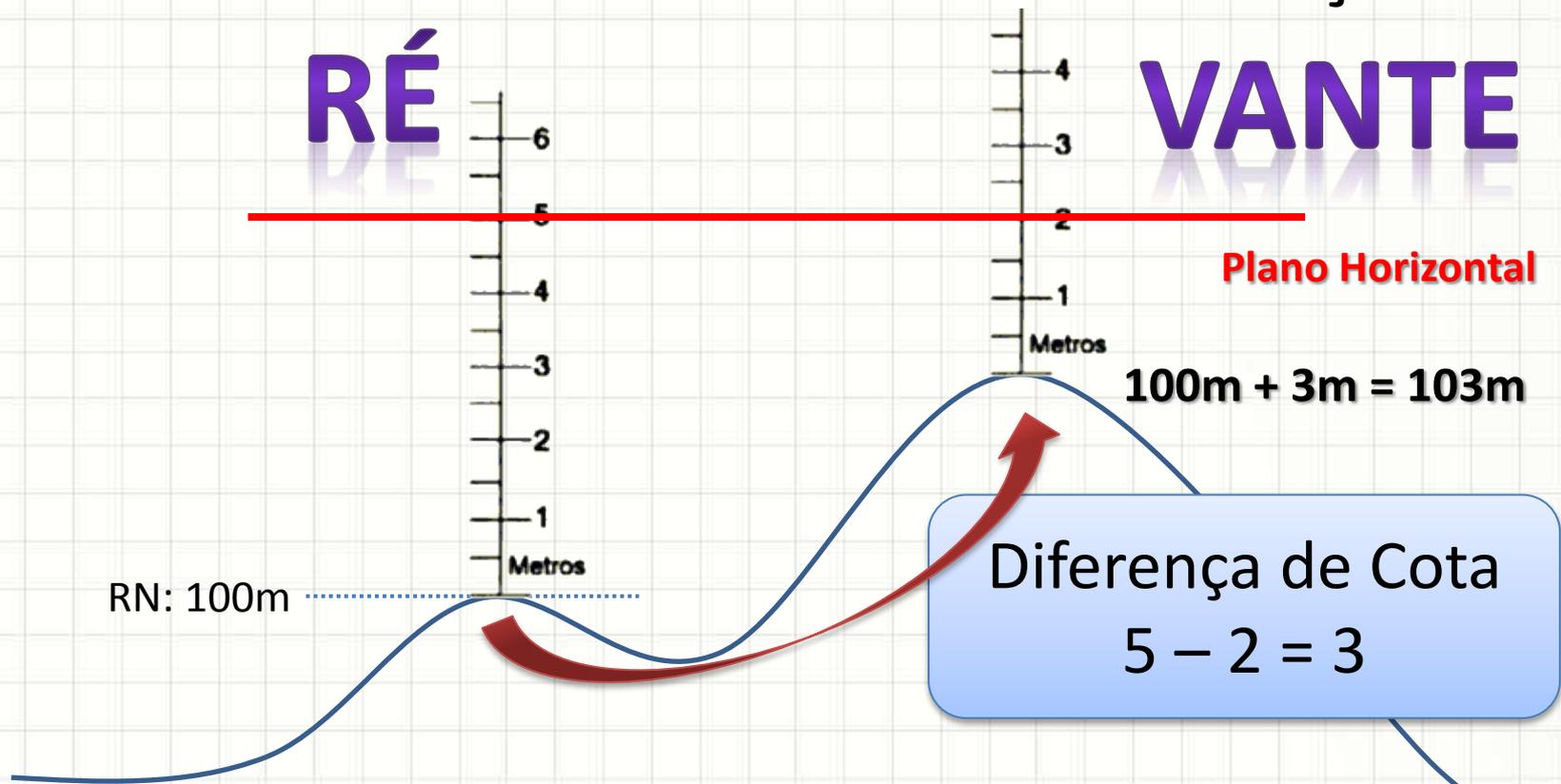
# Medição de Cota

- Como as cotas são relativas...
  - Sempre temos uma referência!
- Elas são determinadas medindo diferenças



# Medição de Cota

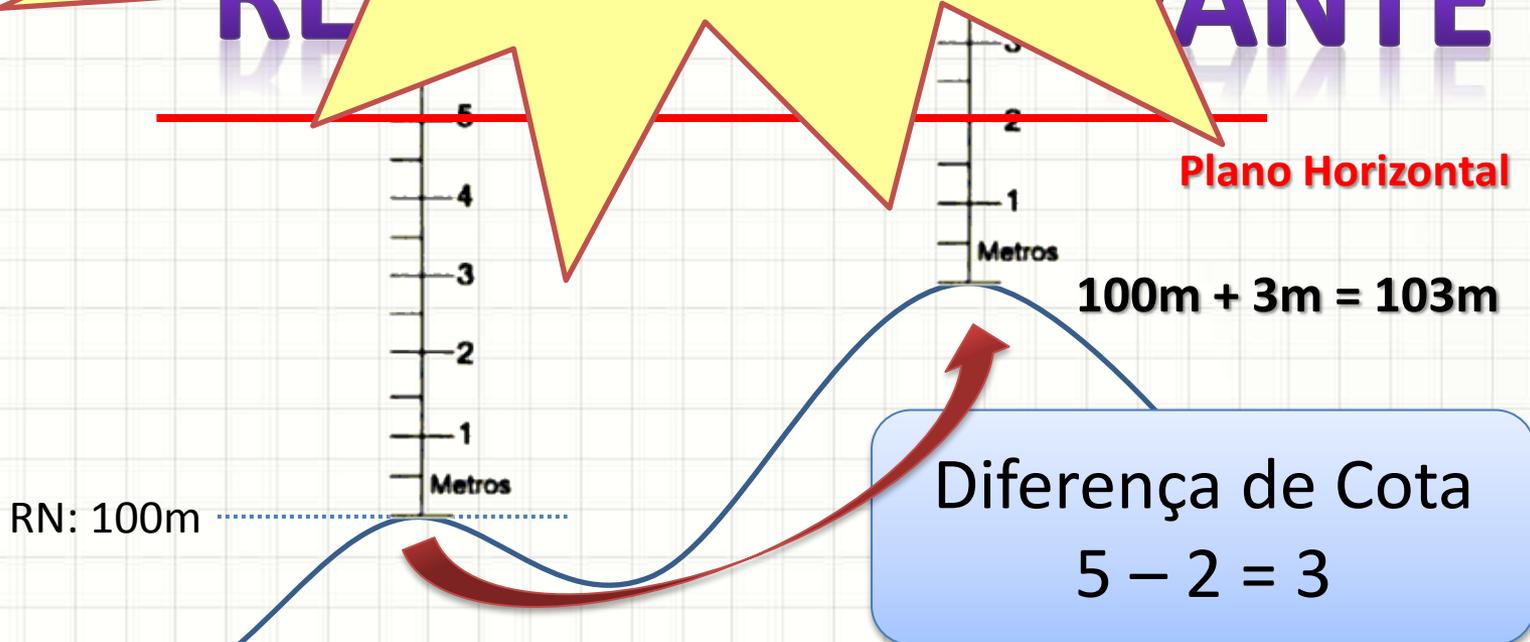
- Como as cotas são relativas...
  - Sempre temos uma referência!
- Elas são determinadas medindo diferenças

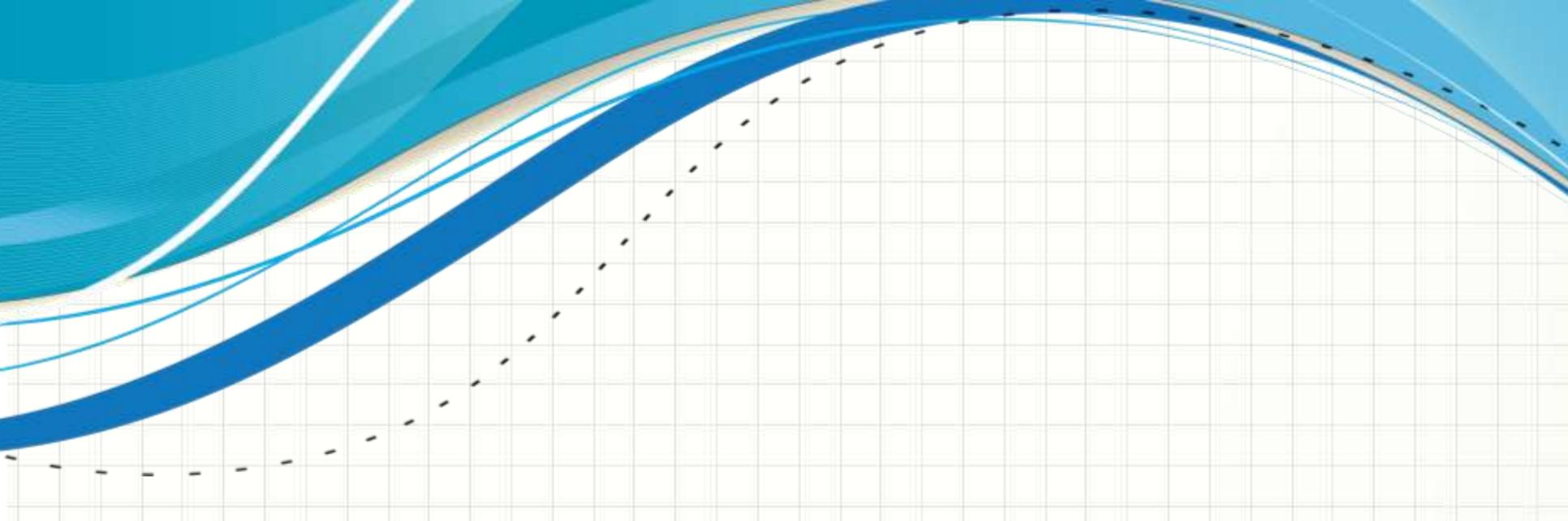


# Medição de Cota

- Como as cotas são determinadas?
  - Sempre teremos uma referência
- Elas são determinadas em relação a qual plano?

**Mas como ter certeza de que estamos medindo na horizontal?**

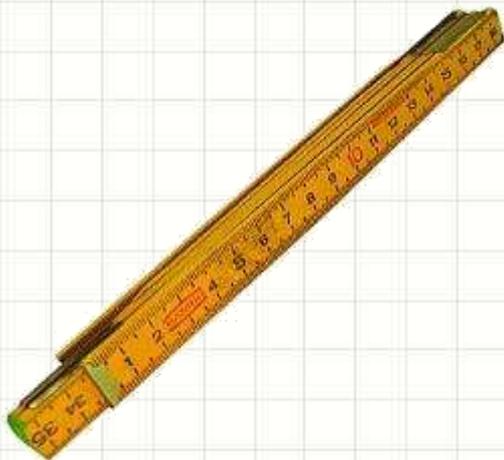




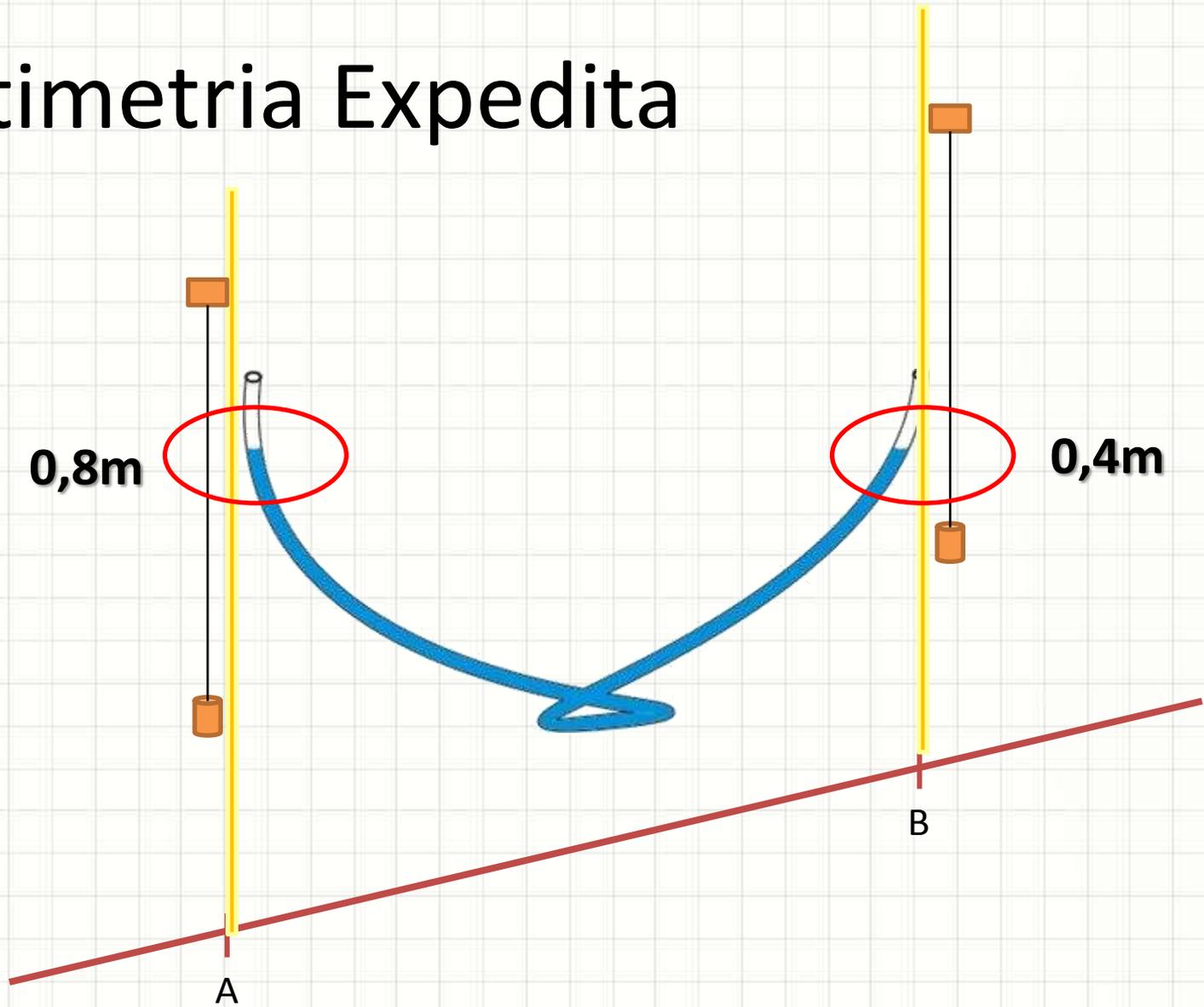
# **APARELHOS DE MEDIDA**

# Aparelhos de Medida

- Antes de mais nada...
  - Precisamos conhecer os instrumentos!
- Para levantamentos mais expeditos...
  - 2 Metros de bambu
  - 2 Prumos de centro
  - Mangueira de nível

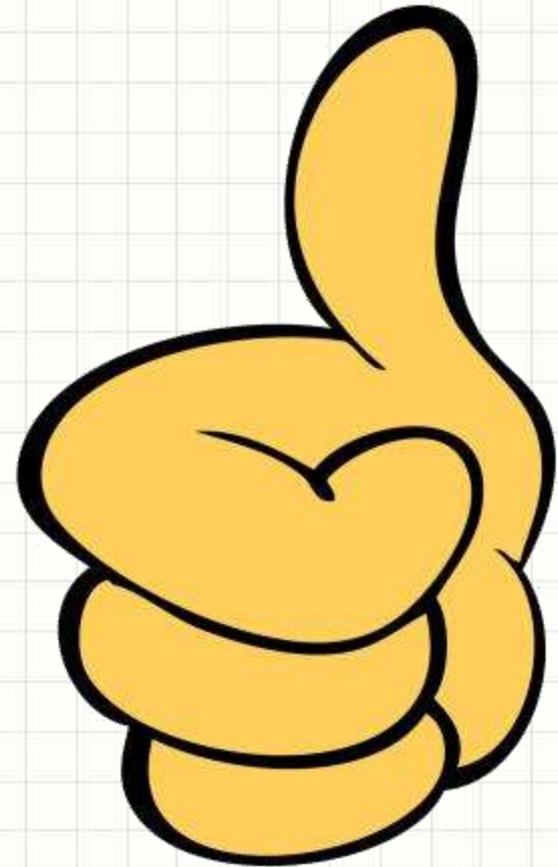


# Altimetria Expedita



# Altimetria Expedita

- Limitações
  - Pequenas distâncias ( $\sim 10\text{m}$ )
  - Pequenos desníveis ( $\sim 2\text{m}$ )
- Vantagens
  - Precisão relativa
  - Equipamentos simples
  - Fácil de realizar



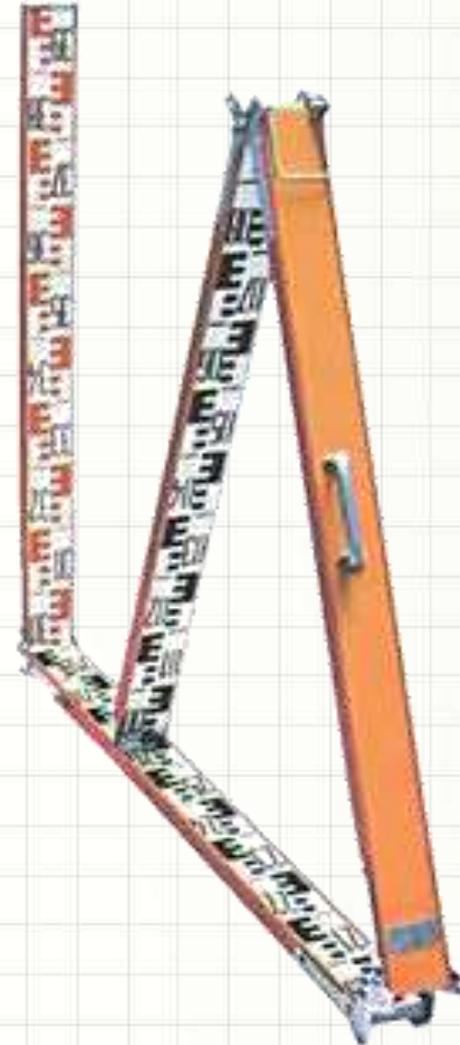
# Altimetria em Campo

- Para medir com precisão em campo...
- Precisamos de um nível óptico (ou teodolito)
  - E de miras (ou réguas)!



# Altimetria em Campo

- O princípio da medida é o mesmo
  - Mangueira de nível → Nível
  - Metro de bambu → Mira
- É possível usar prumos
  - garantir a posição vertical da régua



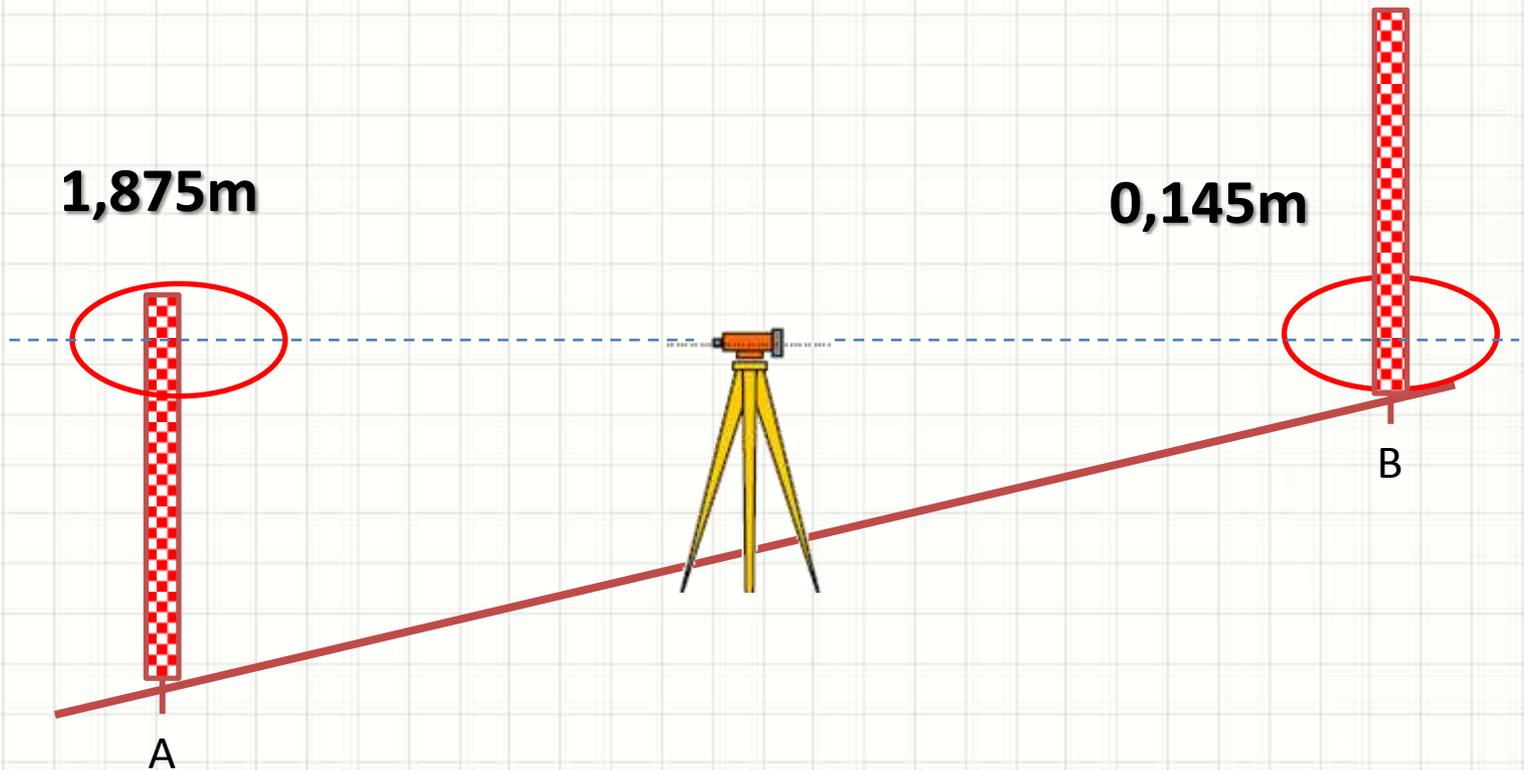
# Altimetria em Campo

**RÉ**

**VANTE**

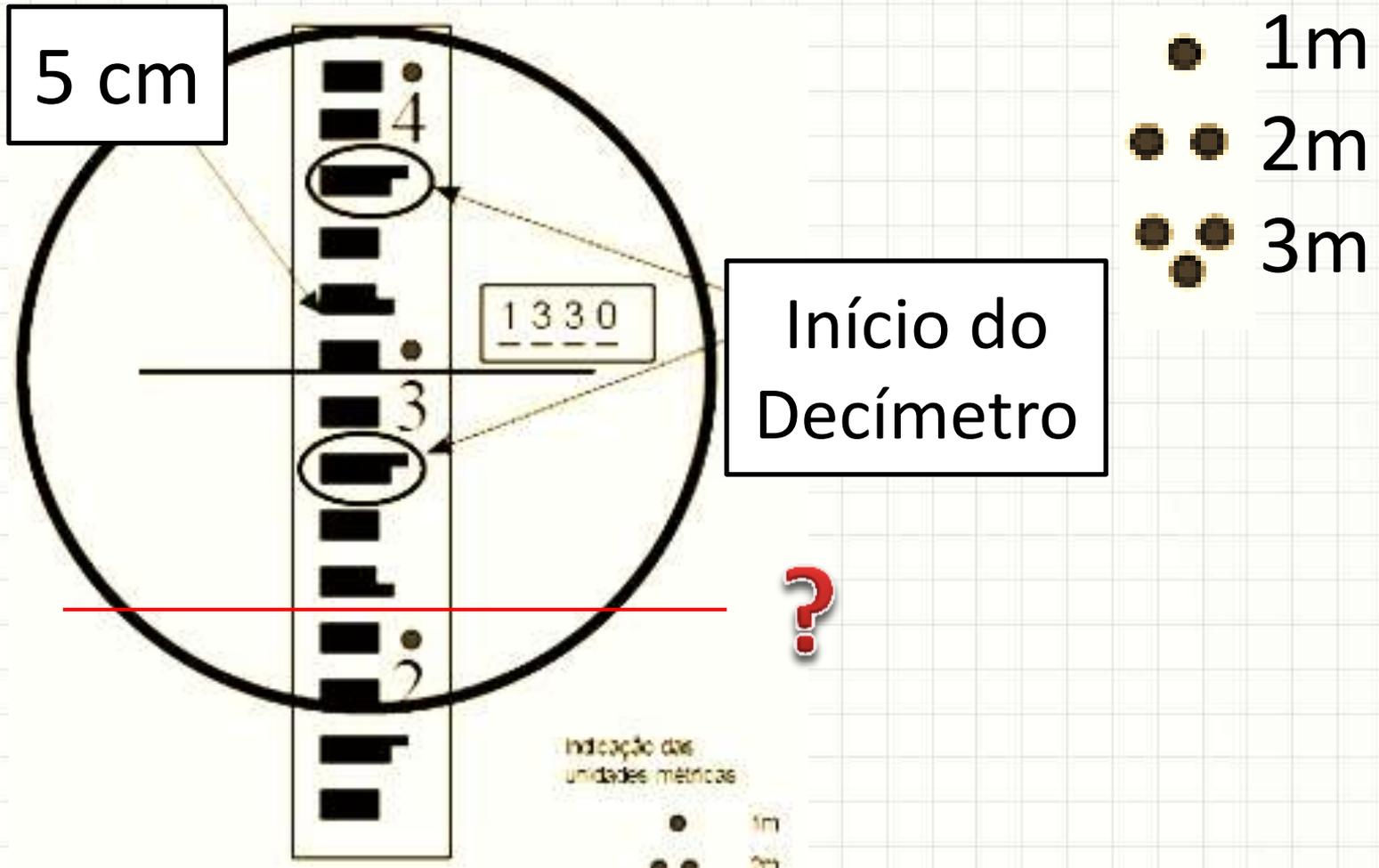
**1,875m**

**0,145m**



# Como Ler a Mira

- A mira é projetada para ser lida à distância



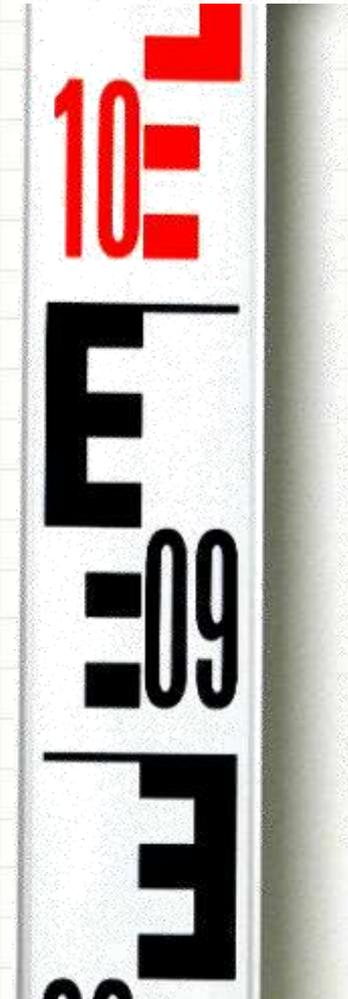
# Como Ler a Mira

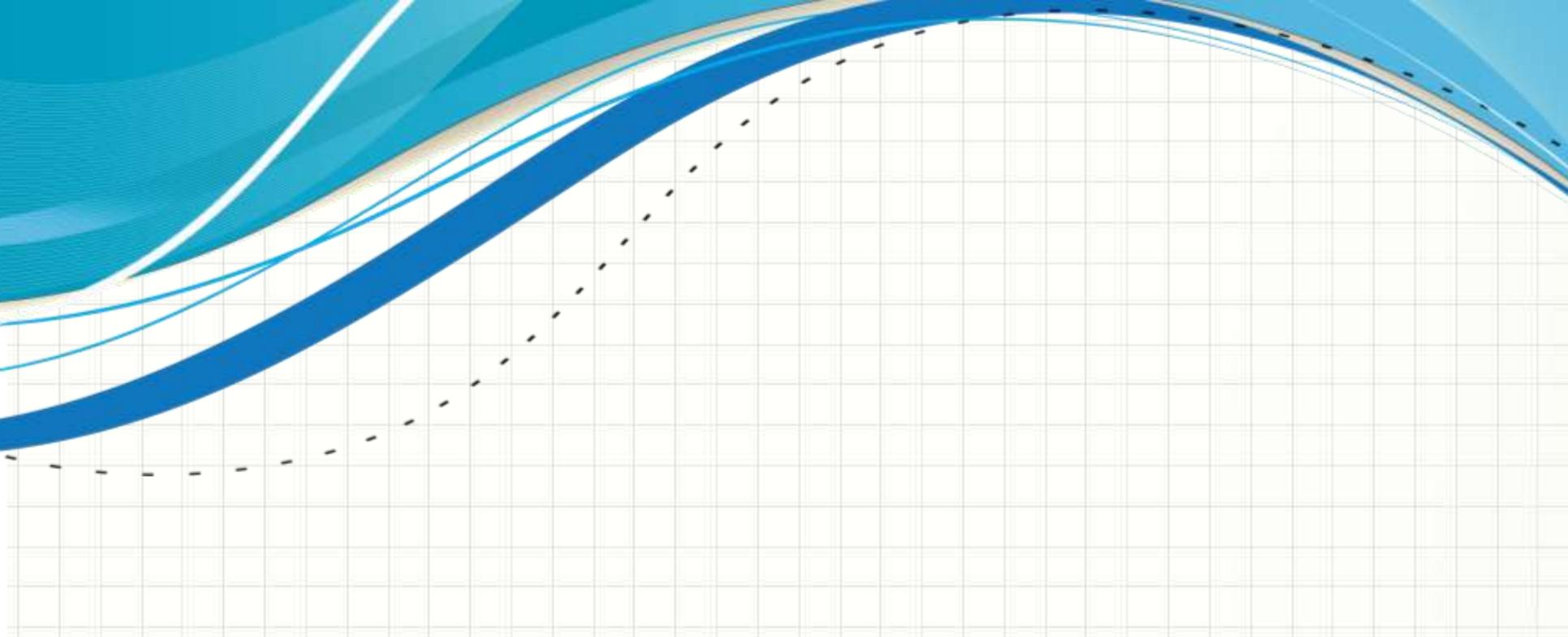
- A mira é projetada para ser lida à distância



# Como Ler a Mira

- Outro tipo de mira:





# EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

# Exercícios Resolvidos

1. As seguintes cotas foram medidas, com o referencial de nível admitido na cota 200,00m:

Estação	Cota (m)
RN	200,00
1	215,30
2	217,95
3	192,10

Quais seriam as cotas se, mais adiante, se verificasse que o RN está, na realidade, a 745m?

# Exercícios Resolvidos

As seguintes cotas foram medidas, com o referencial de nível admitido na cota 200,00m:

Quais seriam as cotas se, mais adiante, se verificasse que o RN está, na realidade, a 745m?

Estação	Cota (m)
RN	200,00
1	215,30
2	217,95
3	192,10

PASSO 1: Determinação da diferença

$$\Delta V = RN_{\text{real}} - RN_{\text{suposto}}$$

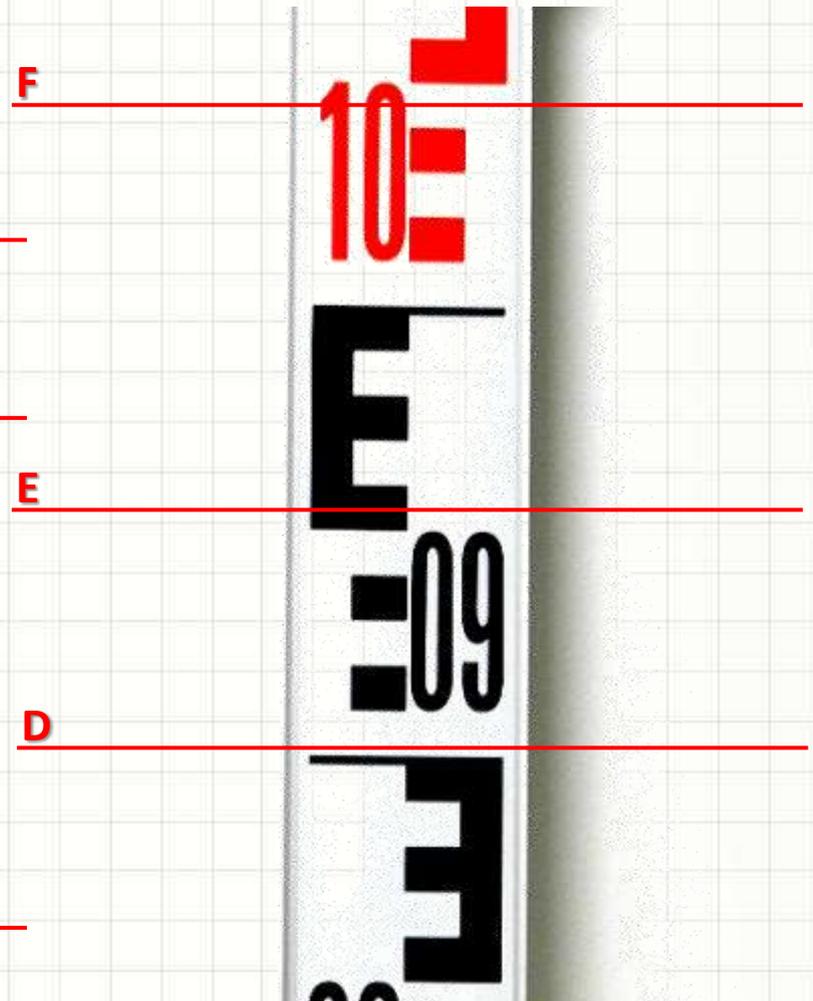
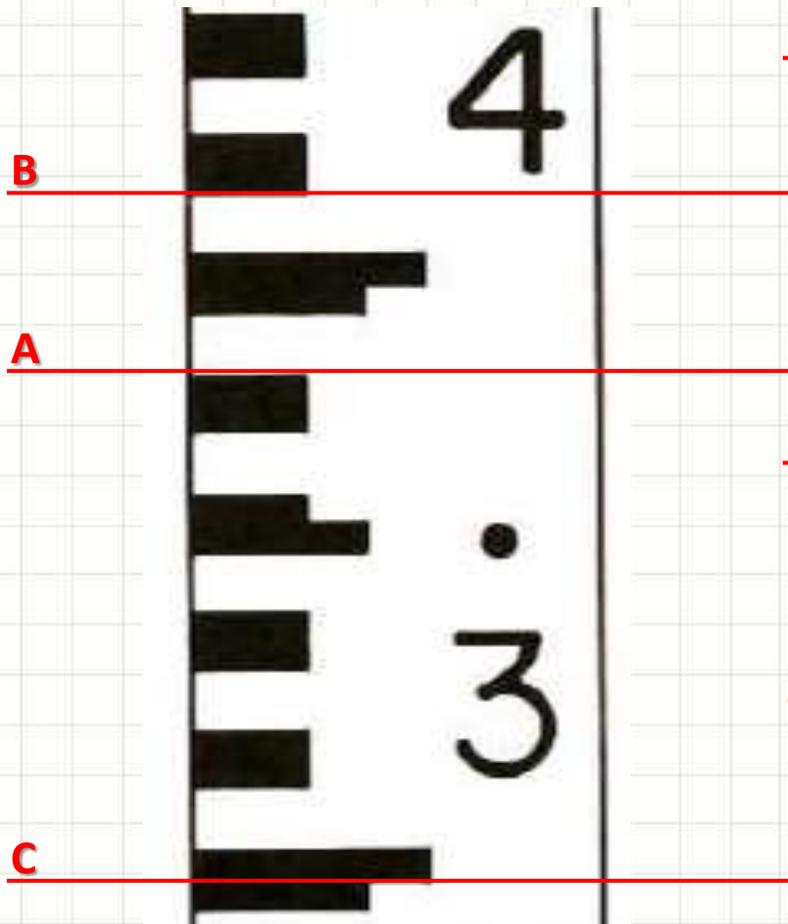
$$\Delta V = 745 - 200 = 545$$

PASSO 2: Soma-se a diferença a todas as cotas

Estação	Cota (m)
RN	745,00
1	760,30
2	762,95
3	737,10

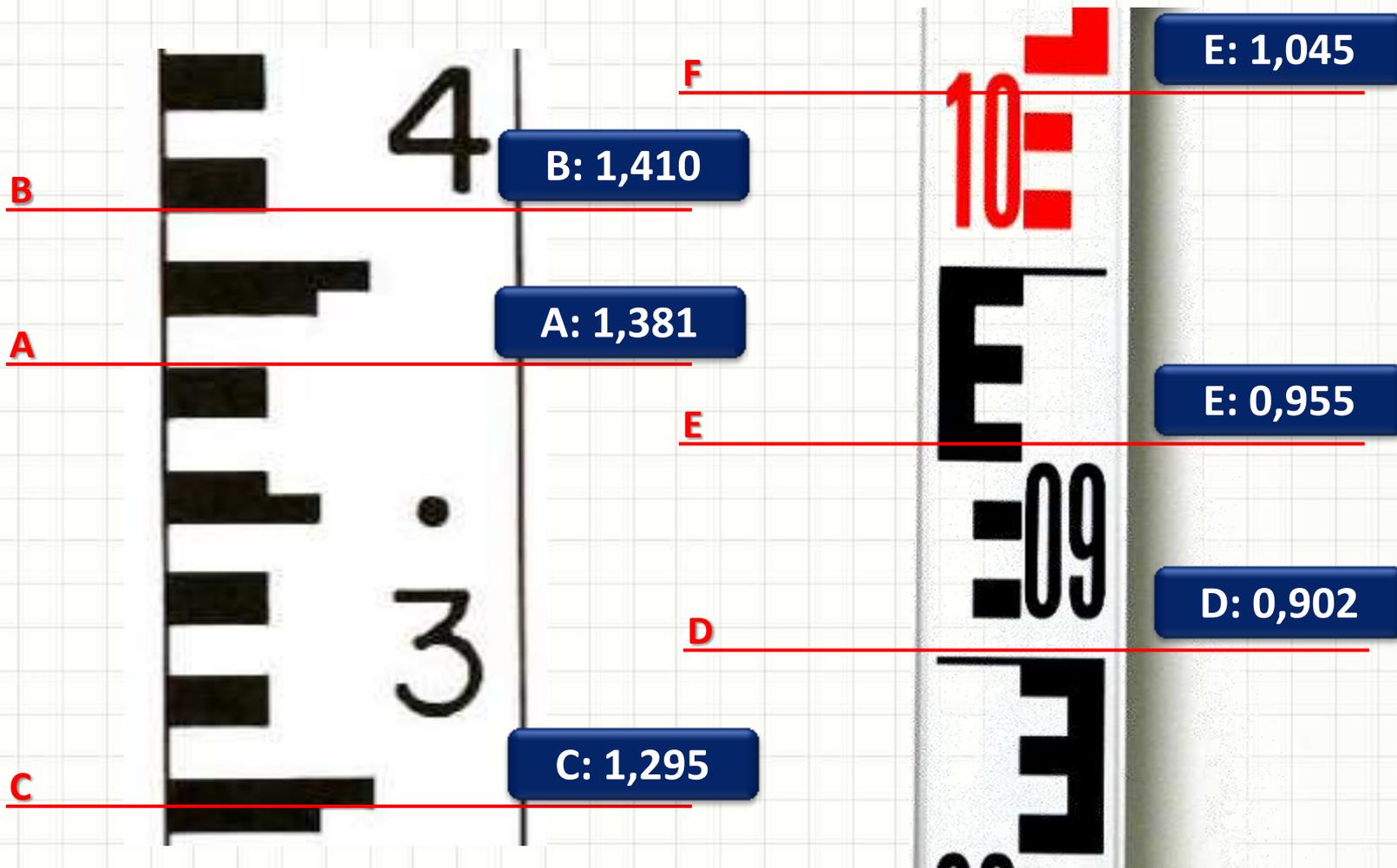
# Exercícios Resolvidos

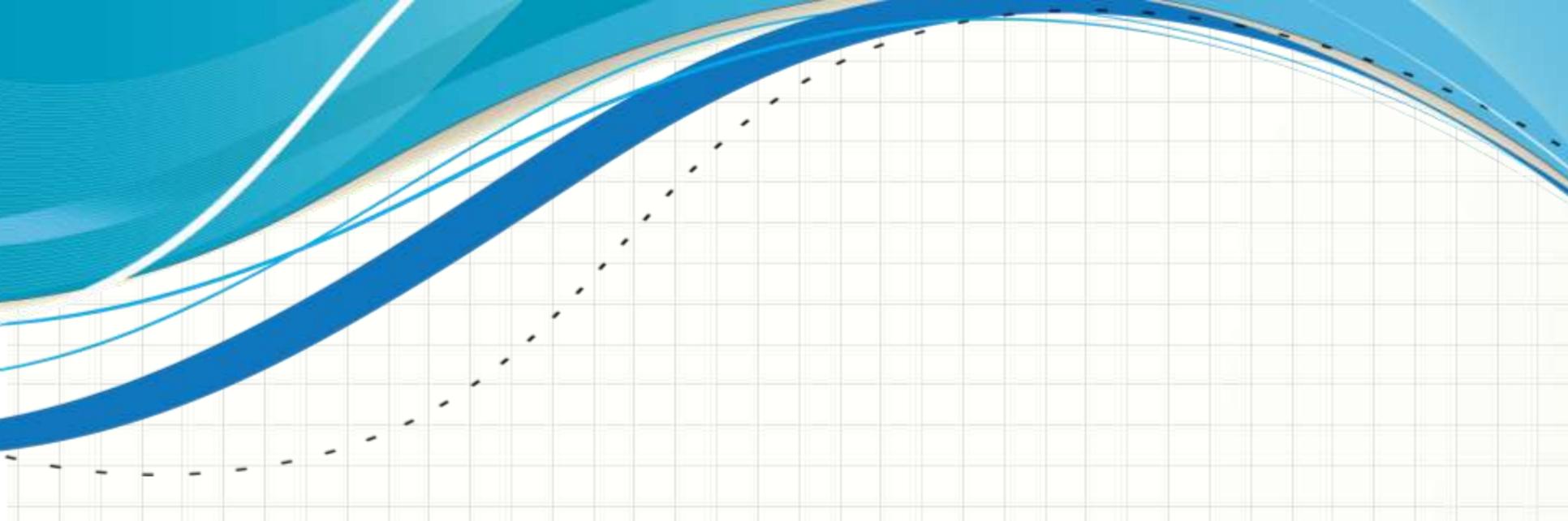
2. Quais os valores lidos nas régua abaixo:



# Exercícios Resolvidos

2. Quais os valores lidos nas réguas abaixo:

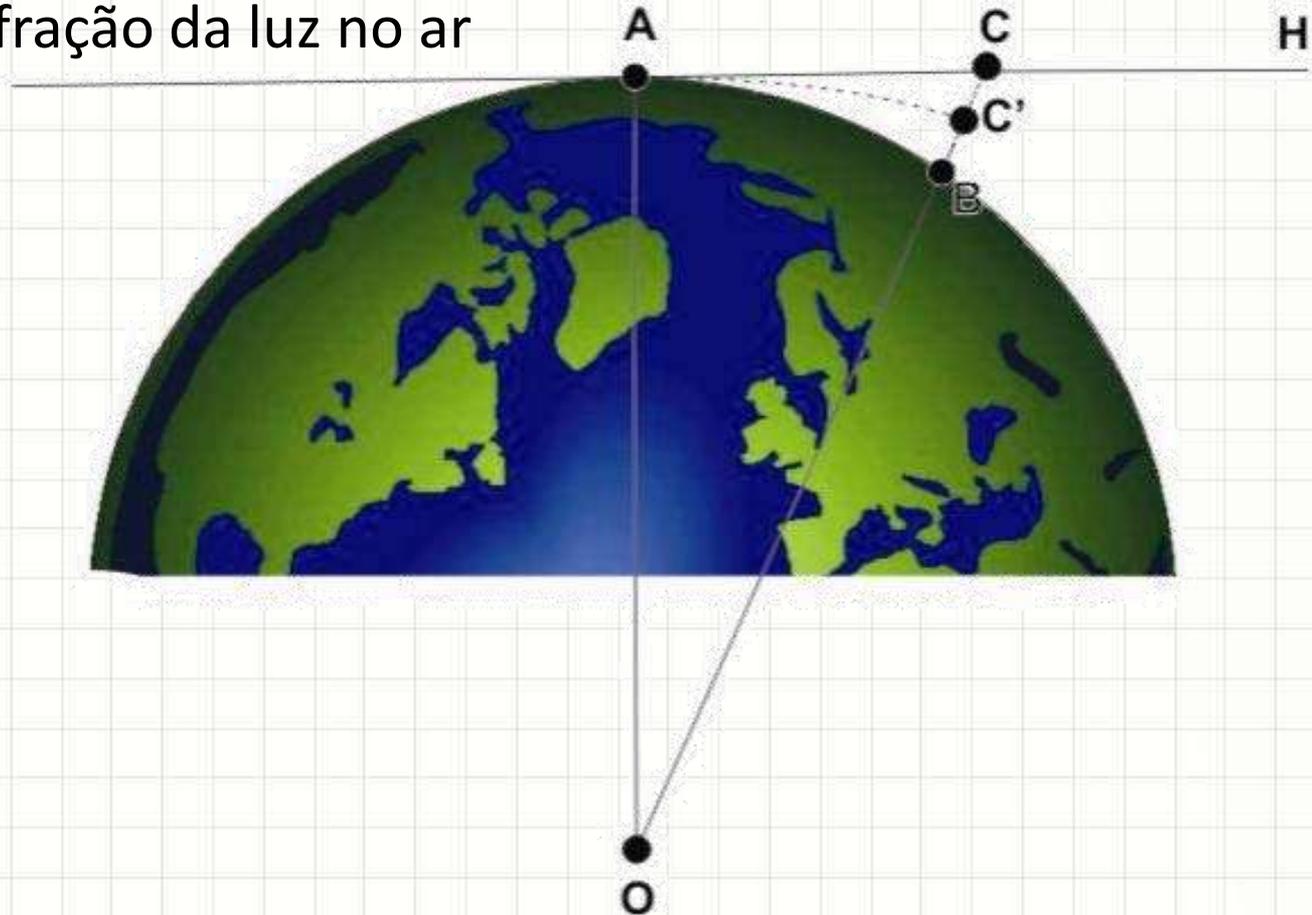




# **LIDANDO COM ERROS SISTEMÁTICOS**

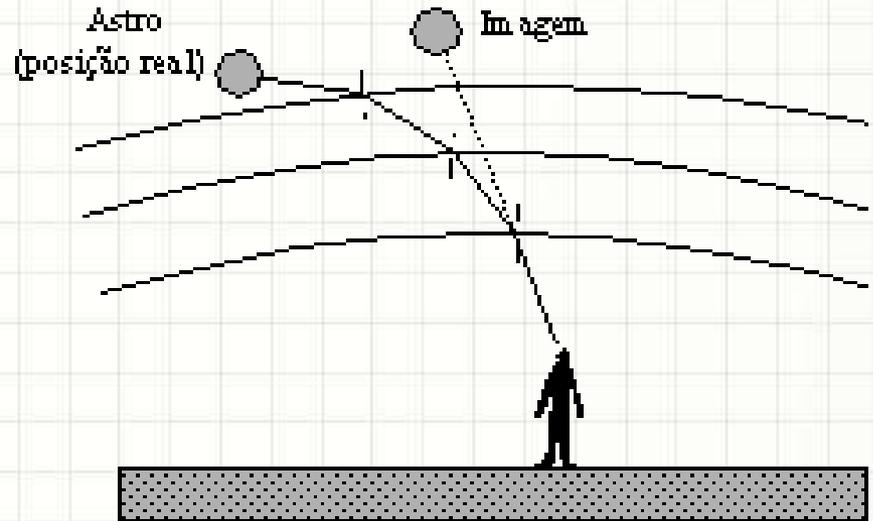
# Fontes de Erros Sistemáticos

- Há duas grandes fontes de erros sistemáticos
  - Curvatura da Terra
  - Refração da luz no ar



# Corrigindo os Erros Sistemáticos

- Considerando
  - Terra esférica
  - Lei de Biot



- Chega-se à seguinte correção:

$$CR = 0,00007 \cdot S^2$$

- Ou, tradicionalmente:

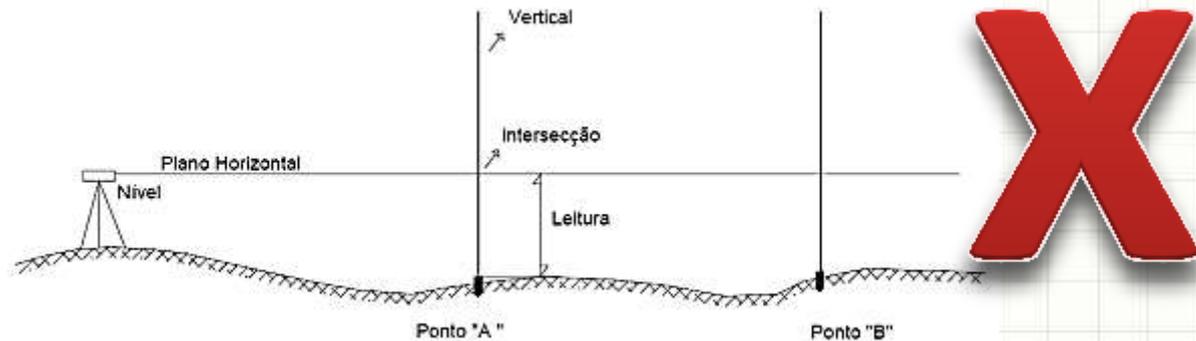
$$CR = 70 \cdot S^2$$

Tudo em km!

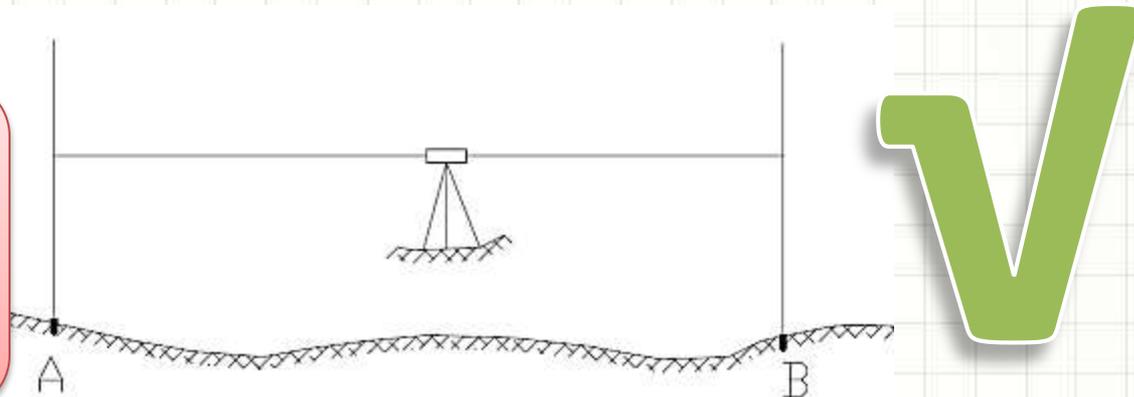
S: km CR: mm

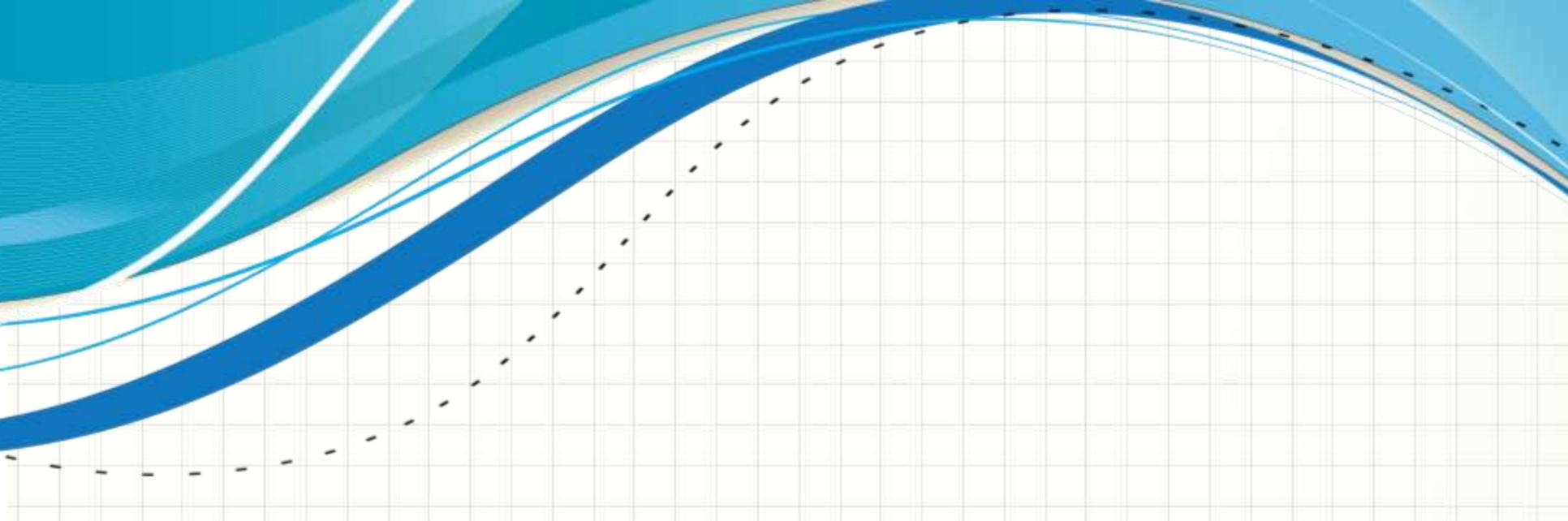
# Evitando os Erros Sistemáticos

- Em campo: podemos evitar o efeito
- Nível exatamente no meio dos dois pontos



Essa forma corrige bem para distância **A-AP-B** não maior que 70m

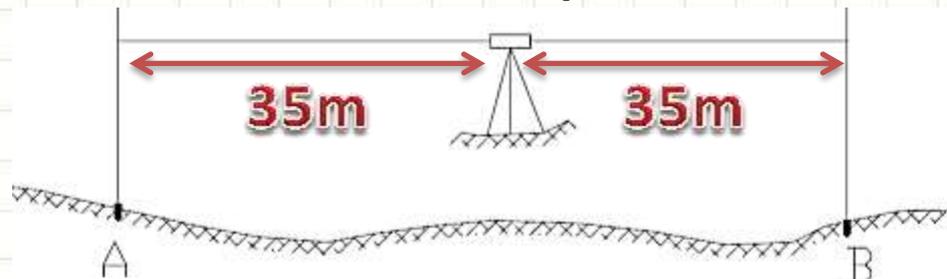




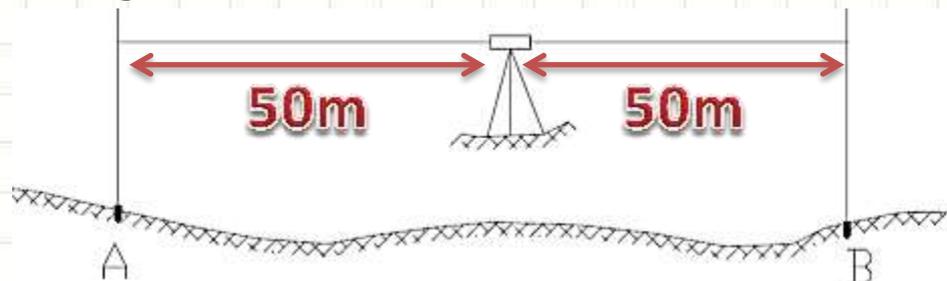
# **EVITANDO ERROS GROSSEIROS**

# Evitando Erros Grosseiros

- Tenha a certeza de que o nível está nivelado!
- Confira uma medida que ficar muito diferente
- calibre o equipamento com frequência
- Evite distâncias maior que 70m

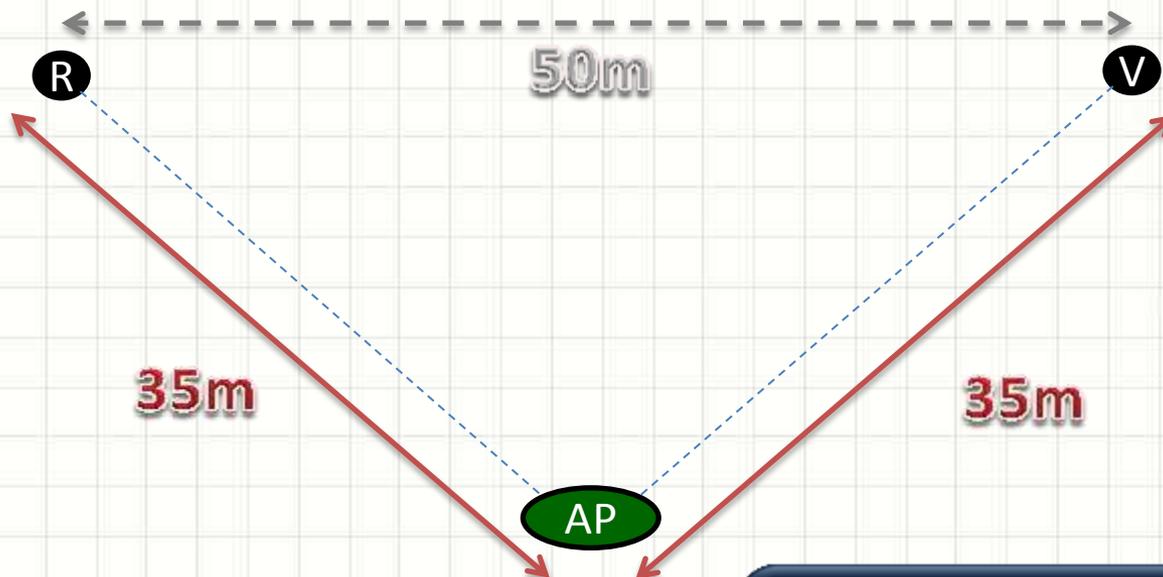


- Nunca meça entre distância maior que 100m

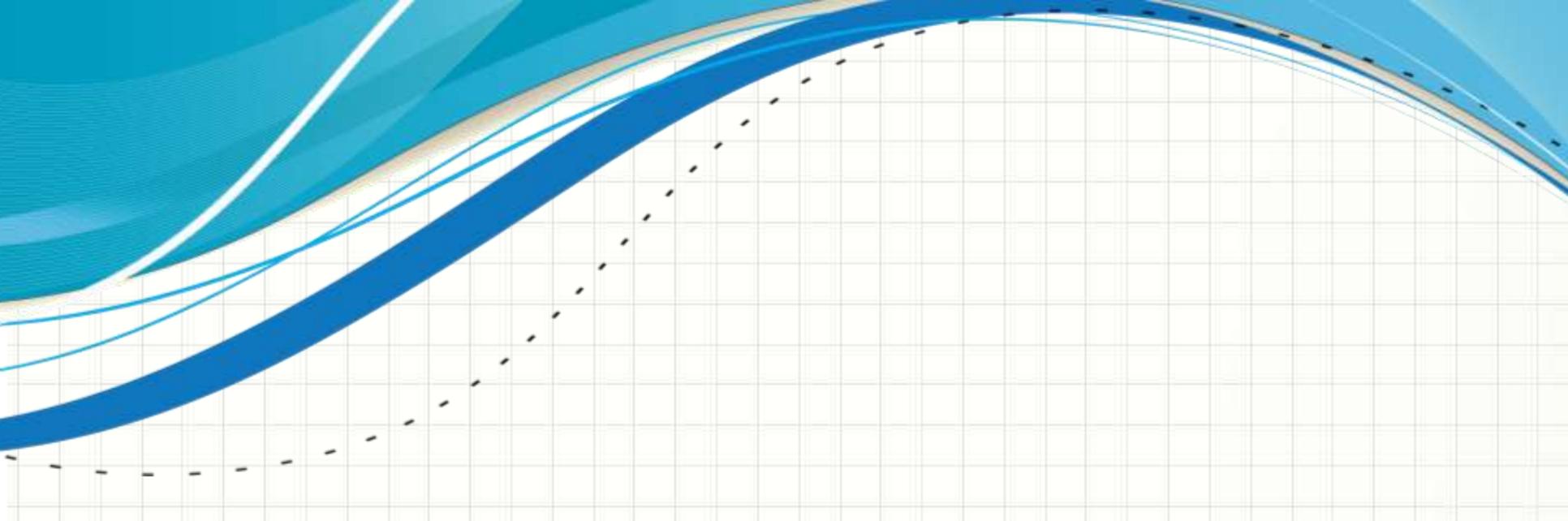


# Evitando Erros Grosseiros

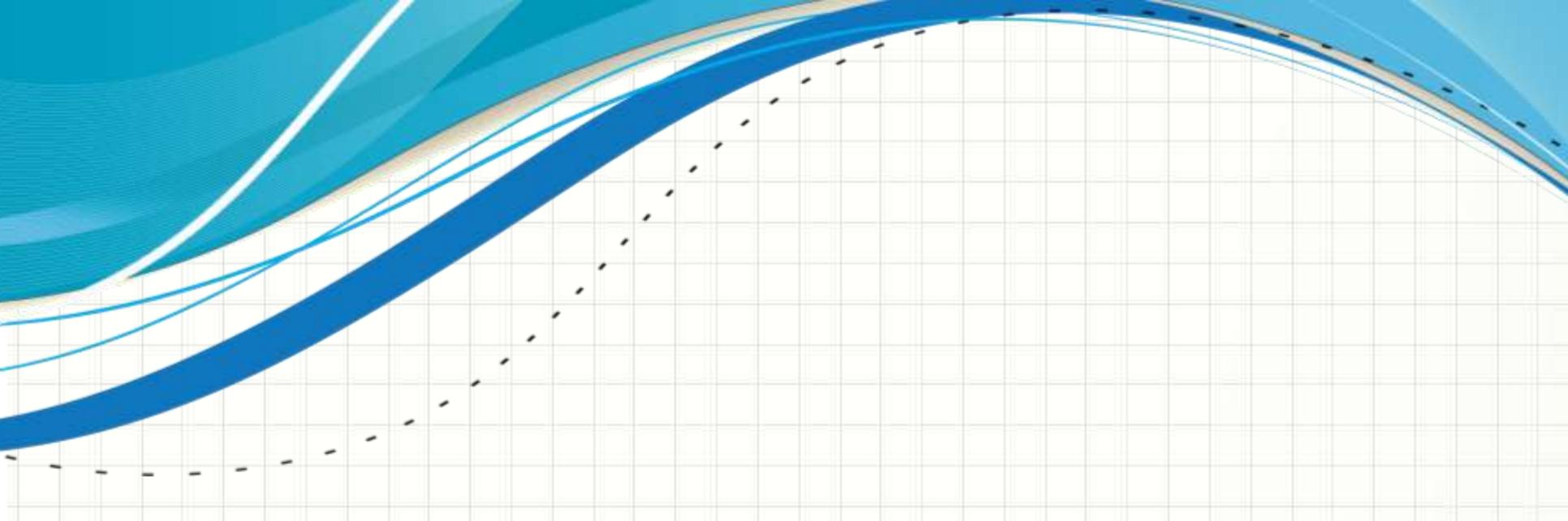
- A distância não é a medida em linha entre os pontos extremos!



**Distância R-V na  
diferença de cota: 70m!**



**PAUSA PARA O CAFÉ!**



# **LIDANDO COM ERROS ACIDENTAIS**

# Lidando com Erros Acidentais

- A melhor forma de “corrigir” erros acidentais
  - Aqueles que são inevitáveis
  - Inerentes às medidas
- É por meio da média
- Repete-se várias vezes a mesma medida
  - Leitura por pessoas diferentes
  - Com equipamento em posição ligeiramente diferente
  - Girando a lente (corrige efeitos de inclinação do aparelho)
- Ao final, tira-se a média dos valores lidos

# Lidando com Erros Acidentais

- É possível determinar o erro da média

$$M = \frac{\sum x_i}{n}$$

$$v_i = x_i - M$$

$$e_q = \sqrt{\frac{\sum v_i^2}{n - 1}}$$

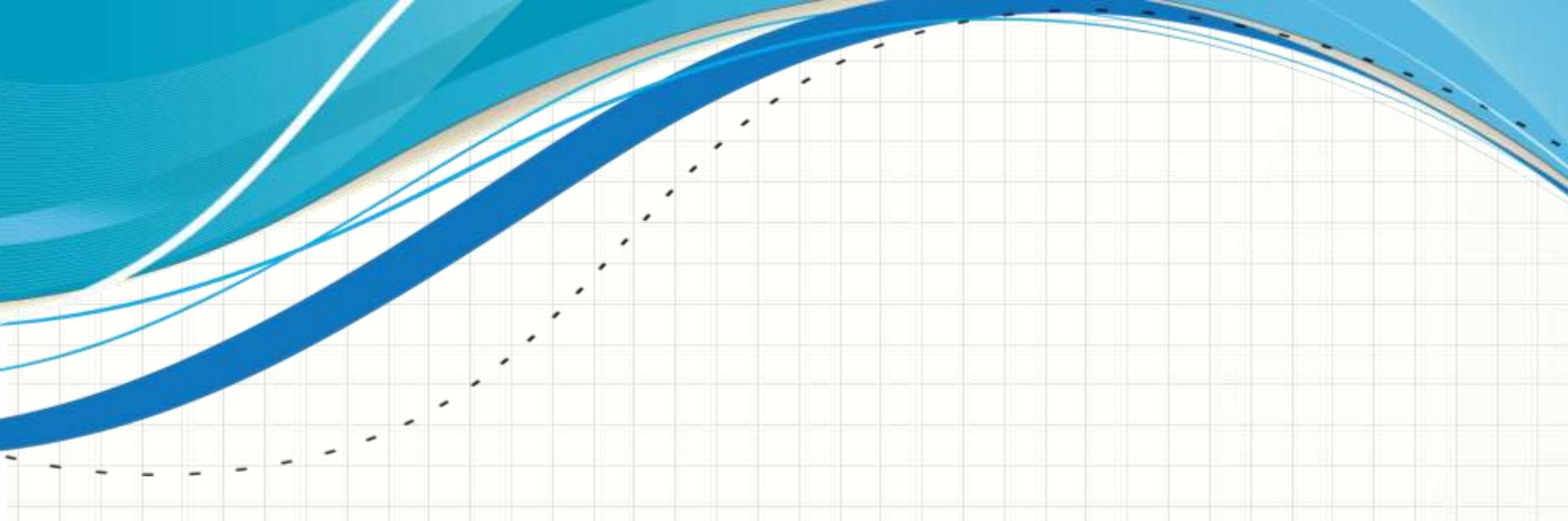
- Se há  $x_i < M - 2,5.e_q$
- ou  $x_i > M + 2,5.e_q$

**Copiar!**

- Eliminá-los e refazer a média e o erro quadrático

$$e_m = \frac{e_q}{\sqrt{n}}$$

$$x = M \pm e_m$$



# EXERCÍCIO RESOLVIDO

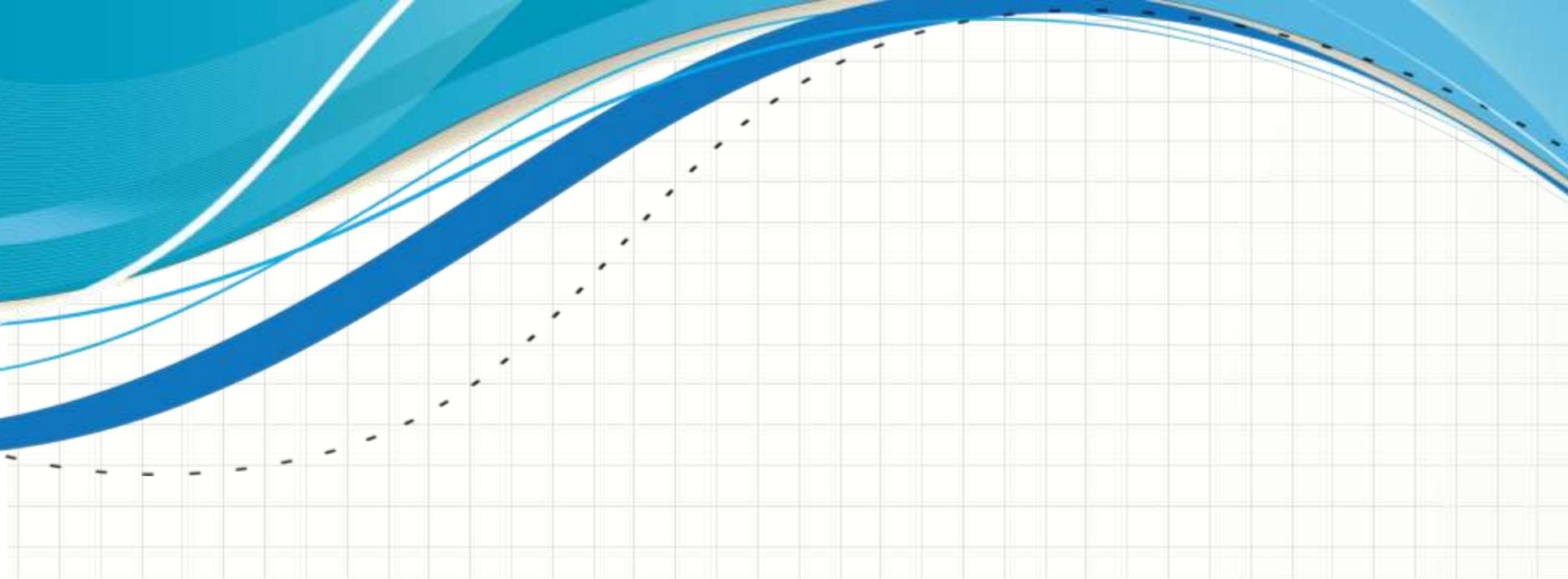
# Exercício Resolvido

- Calcule o valor provável com essas medidas:
- 37, 35, 24, 39, 29

# Exercício Resolvido

- Calcule o valor provável com essas medidas:
- 37, 35, 24, 39, 29
- Solução:
- $M = 37+35+24+39+29 / 5 = 32,8$
- $V_i s = 4,2; 2,2; -8,8; 6,2; -3,8$
- Soma  $V_i s^2 = 152,8$
- $e_q = (152,8/4)^{0,5} = 6,18$
- $2,5 \cdot e_q = 15,5$
- $e_m = e_q / (n)^{0,5} = 6,18 / 2.236 = 2,76$

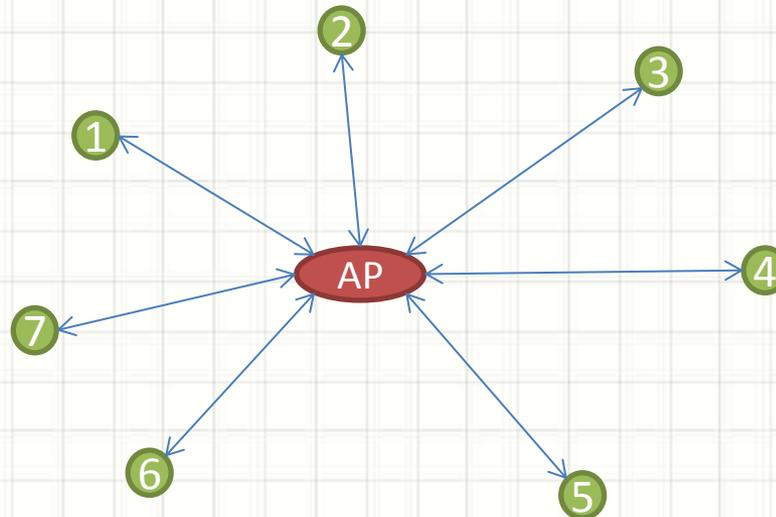
$$\mathbf{x = 32,8 \pm 2,8}$$



# PLANILHAS DE MEDIDA

# Planilhas para Levantamento Simples

- O topógrafo usa muitas planilhas (ainda?)
- Para a altimetria simples, a planilha é simples
- O levantamento simples pressupõe
  - Um ponto base (Aparelho) ●
  - Muitos pontos de medida (Rés/Vantes) ●



# Planilhas para Levantamento Simples

Ré/Vante	R (Ré)	Vante	Diferença
1 / 2			
2 / 3			
3 / 4			
4 / 5			
5 / 6			
6 / 7			
7 / 8			
8 / 9			
9 / 10			
10 / 11			
11 / 12			
...			

# Planilhas para Levantamento Simples

Ré/Vante	R (Ré)	Vante	Diferença
1 / 2	1,82	0,70	
2 / 3			
3 / 4			
4 / 5			
5 / 6			
6 / 7			
7 / 8			
8 / 9			
9 / 10			
10 / 11			
11 / 12			
...			

# Planilhas para Levantamento Simples

Ré/Vante	R (Ré)	Vante	Diferença
1 / 2	1,82	0,70	1,12
2 / 3	0,70	0,30	
3 / 4			
4 / 5			
5 / 6			
6 / 7			
7 / 8			
8 / 9			
9 / 10			
10 / 11			
11 / 12			
...			

# Planilhas para Levantamento Simples

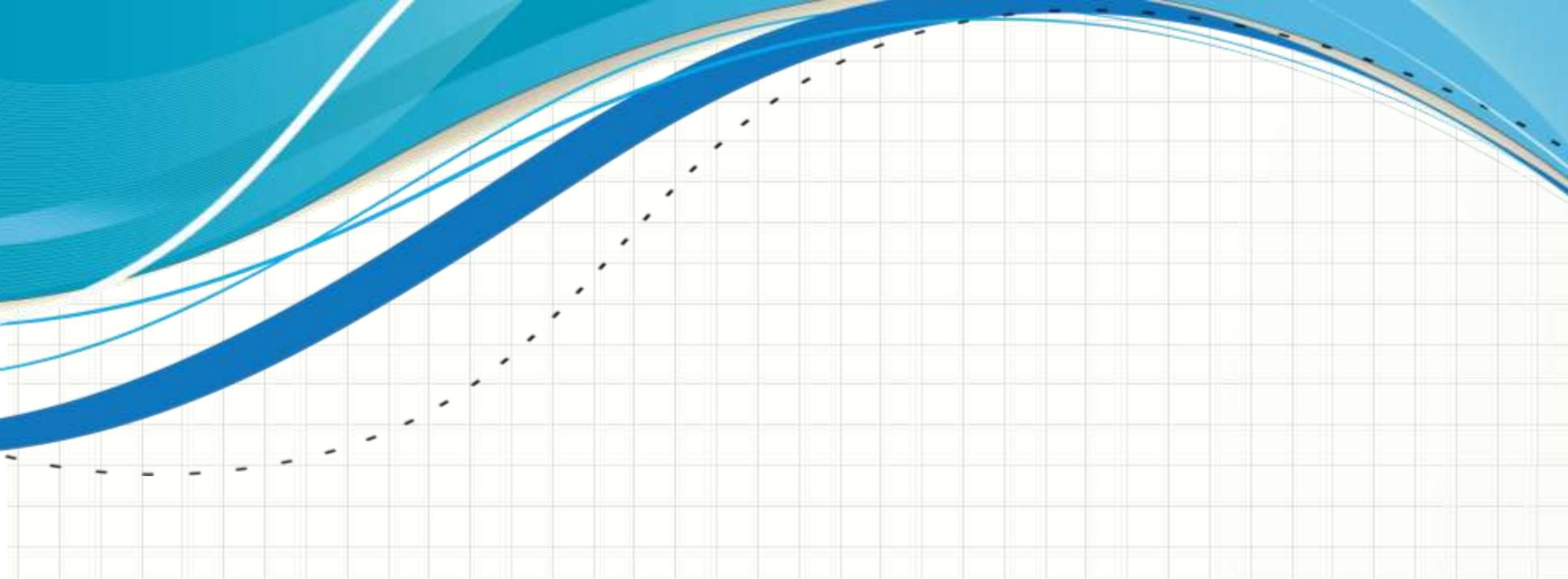
Ré/Vante	R (Ré)	Vante	Diferença
1 / 2	1,82	0,70	1,12
2 / 3	0,70	0,30	0,40
3 / 4	0,3	1,72	
4 / 5			
5 / 6			
6 / 7			
7 / 8			
8 / 9			
9 / 10			
10 / 11			
11 / 12			
...			

# Planilhas para Levantamento Simples

Ré/Vante	R (Ré)	Vante	Diferença
1 / 2	1,82	0,70	1,12
2 / 3	0,70	0,30	0,40
3 / 4	0,3	1,72	-1,42
4 / 5	1,72	1,50	
5 / 6			
6 / 7			
7 / 8			
8 / 9			
9 / 10			
10 / 11			
11 / 12			
...			

# Planilhas para Levantamento Simples

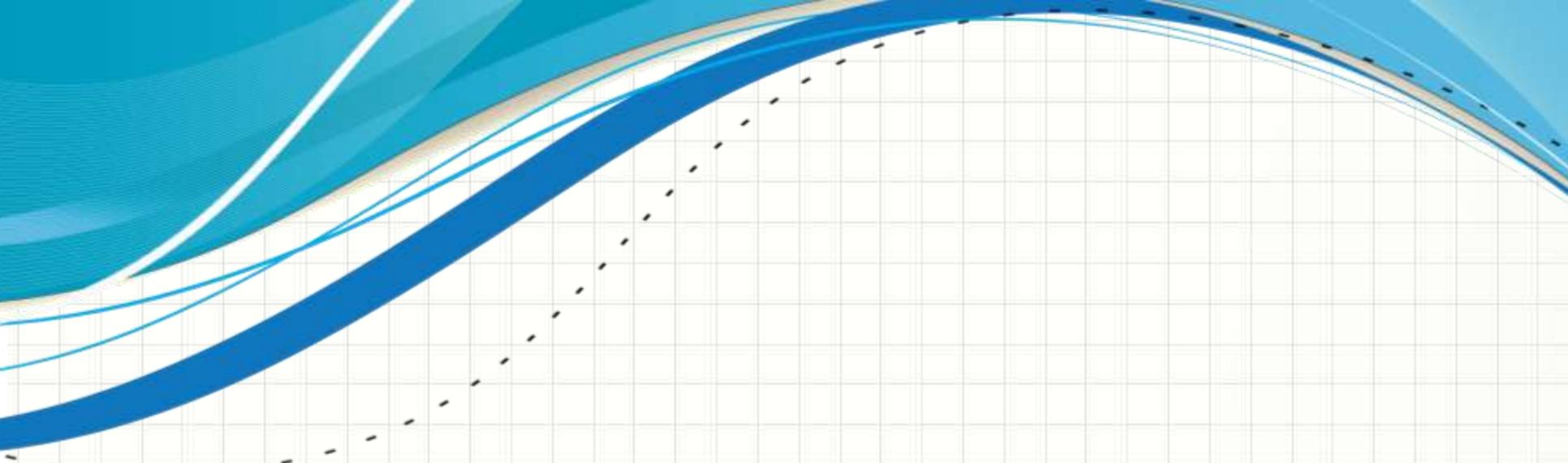
Ré/Vante	R (Ré)	Vante	Diferença
1 / 2	1,82	0,70	1,12
2 / 3	0,70	0,30	0,40
3 / 4	0,3	1,72	-1,42
4 / 5	1,72	1,50	0,22
5 / 6			
6 / 7			
7 / 8			
8 / 9			
9 / 10			
10 / 11			
11 / 12			
...			



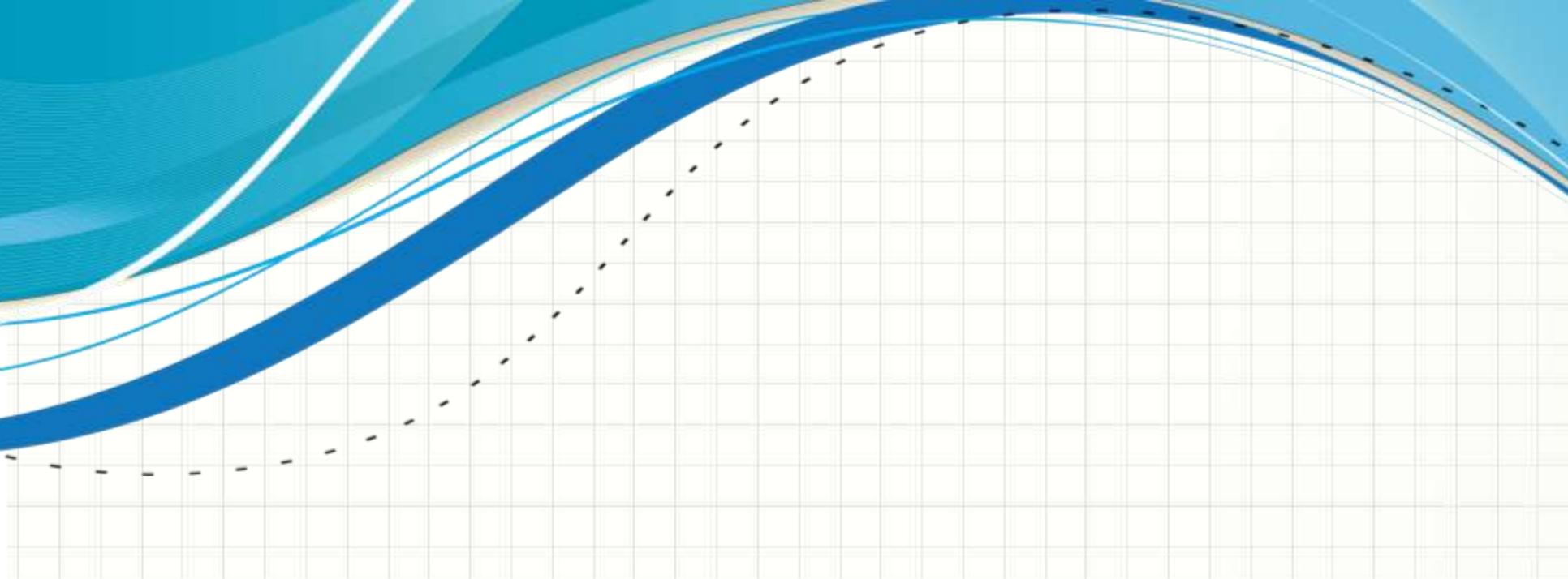
**CONCLUSÕES**

# Resumo

- Altitudes são medidas por diferenças de cota
  - O cálculo é simples, mas há fontes de erro
  - Atenção com os erros acidentais e grosseiros
  - Posicione o equipamento sempre no “centro”
    - Evite pontos distantes mais que 35m do aparelho
  - Instrumentos: variam em precisão/ praticidade
- 
- E quando tem algo entre o aparelho e o ponto?
  - E quando a área é muito grande?



**PERGUNTAS?**



# EXERCÍCIOS

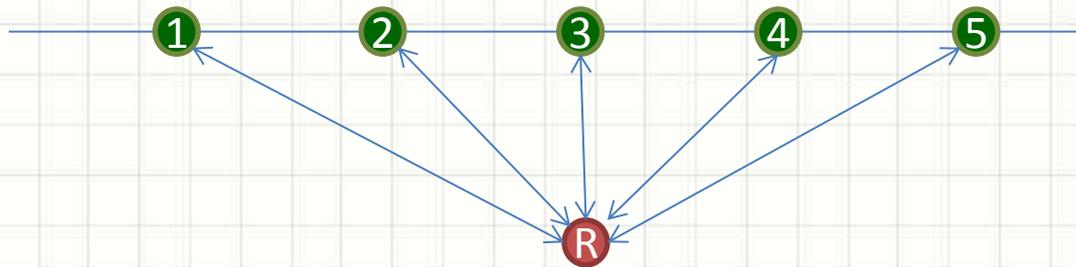
# Atividade – 1/3 (Quartetos/Entrega Individual)

- Escolha algum elemento da sala de aula
  - Lousa, carteira, cadeira/mesa do professor etc.
- Escolha um método de medida
  - Meça 8 vezes a altura do elemento (2x cada aluno)
  - Alterne entre os membros do grupo para cada medida
- Calcule o erro da média
- Indique o valor mais provável da medida

**Média  $\pm$  Erro da Média**

# Atividade – 2/3 (Quartetos/Entrega Individual)

- A planilha abaixo se refere ao diagrama:



Ré/Vante	Ré	Vante	Diferença
1 / 2	2,754	1,534	
2 / 3	2,664	1,268	
3 / 4	2,567	1,012	
4 / 5	1,002	2,752	

# Atividade – 3/3 (Individual)

- Questão a ser respondida (teste)