



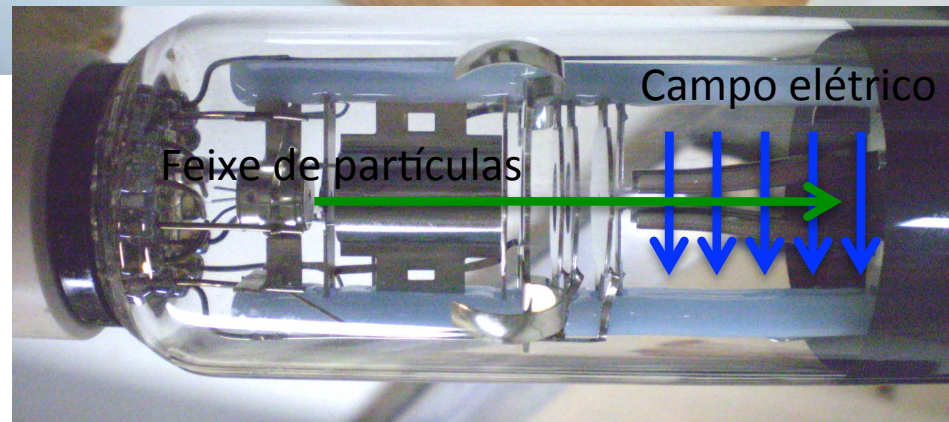
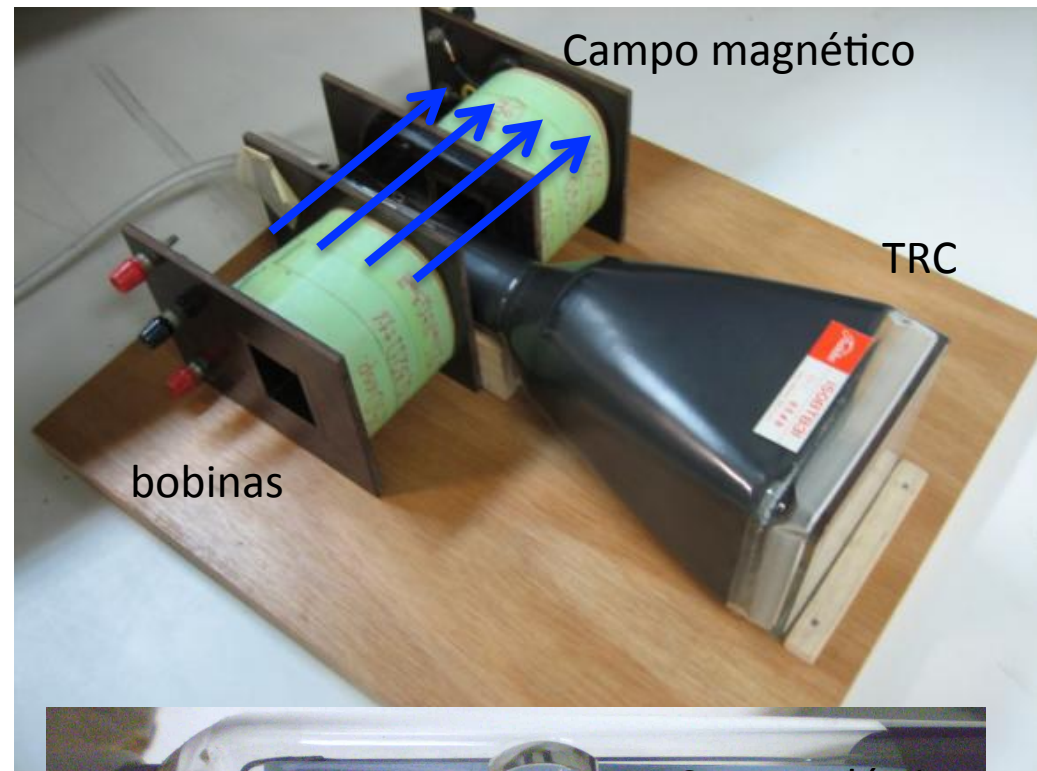
# Física Experimental III

## Experimento II

### Movimento de partículas carregadas em campos elétrico e magnético

# Nosso acelerador de partículas

- TRC
  - Produz feixe de elétrons acelerados e propicia campo elétrico
  - Tela é o detector de partículas
- Bobinas
  - Campo magnético





# Metodologia a ser adotada

- Isolar o campo elétrico e entender como é o movimento de partículas dentro deste campo elétrico?
  - Podemos descrever o movimento destas partículas teoricamente? Quais os compromissos adotados e as limitações teóricas e experimentais?
- Isolar o campo magnético e estudar como é o movimento destas partículas dentro deste campo magnético?
  - Podemos descrever este movimento teoricamente?
- Após entender cada fenômeno separadamente fica mais fácil entender o problema completo
  - Ligar, simultaneamente, os campos elétrico e magnético
  - Quais as grandezas que devemos observar para comparar com previsões teóricas
  - Quais as limitações teóricas e experimentais?



# Entendendo o seletor de velocidades

- Esta última etapa é bem complexa e envolve vários aspectos diferentes
- Esta semana (e a próxima) vamos tentar entender porque os modelos de campos uniformes e sem efeitos de bordas funcionam
  - Medir/simular os campos reais envolvidos no problema
  - Simular precisamente os movimentos nestes campos e comparar com os modelos idealizados



# Medindo os campos elétrico e magnético

- Para entender como é o movimento real das partículas nós precisamos conhecer a força aplicada ao longo das suas trajetórias
  - Precisamos conhecer a distribuição espacial dos campos elétrico e magnético → mapeamento dos campos
  - No caso do campo magnético → ok
  - Como medir o campo elétrico se não dá para desmontar o TRC?

# Campos dependem da tensão e corrente

- Campos elétrico e magnético devem ser proporcionais à tensão entre as placas e à corrente nas bobinas

- Então podemos parametrizar

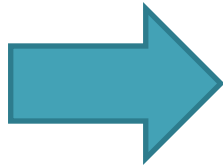
$$E(x) = \alpha(x) V_P$$

$$B(x) = \beta(x) i$$

- Conhecendo  $\alpha(x)$  e  $\beta(x)$  podemos obter os campos em qualquer posição conhecendo a tensão entre as placas e a corrente nas bobinas

# Como medir campos magnéticos?

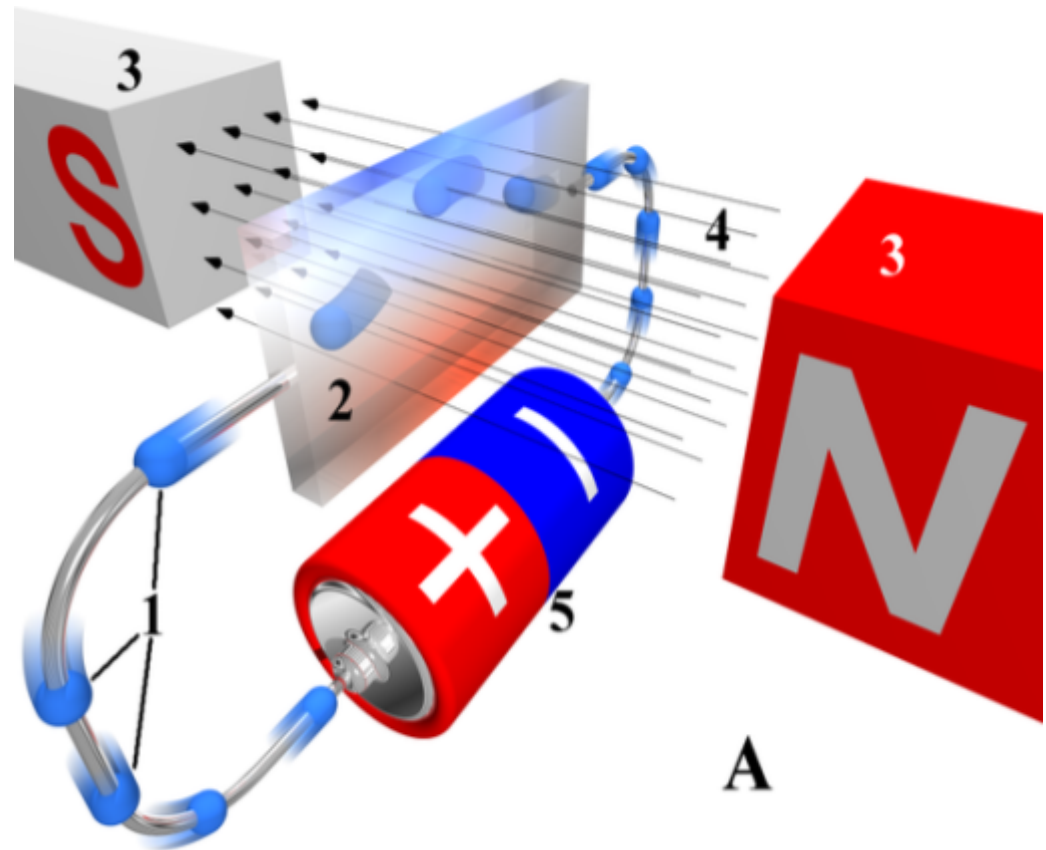
- Muitas técnicas
  - Bússola
    - somente direção do campo
  - Bobinas sondas
    - Campos com fluxo variável
  - Medidor por efeito Hall
    - campos estáticos diversos
  - TRC
    - Movimento de elétrons no campo





# O efeito Hall

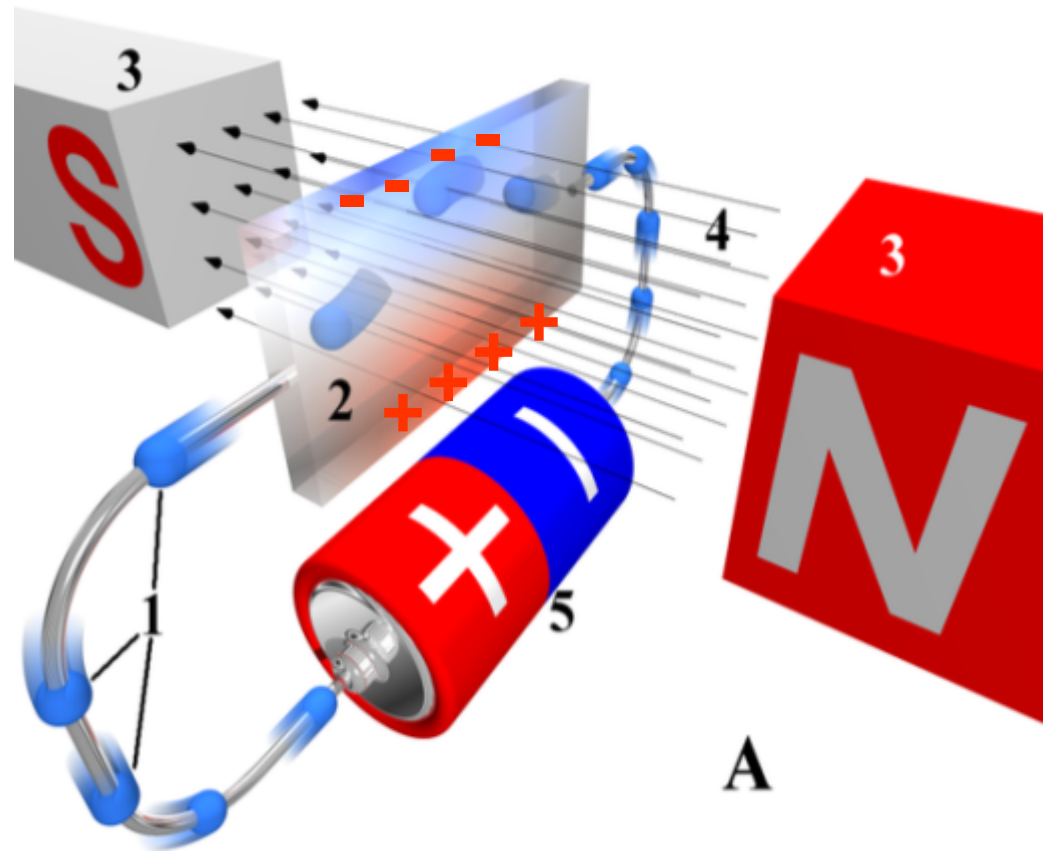
- Quando uma corrente em um condutor é inserida em um campo magnético uma força atua sobre os portadores de carga modificando a sua distribuição dentro do condutor.





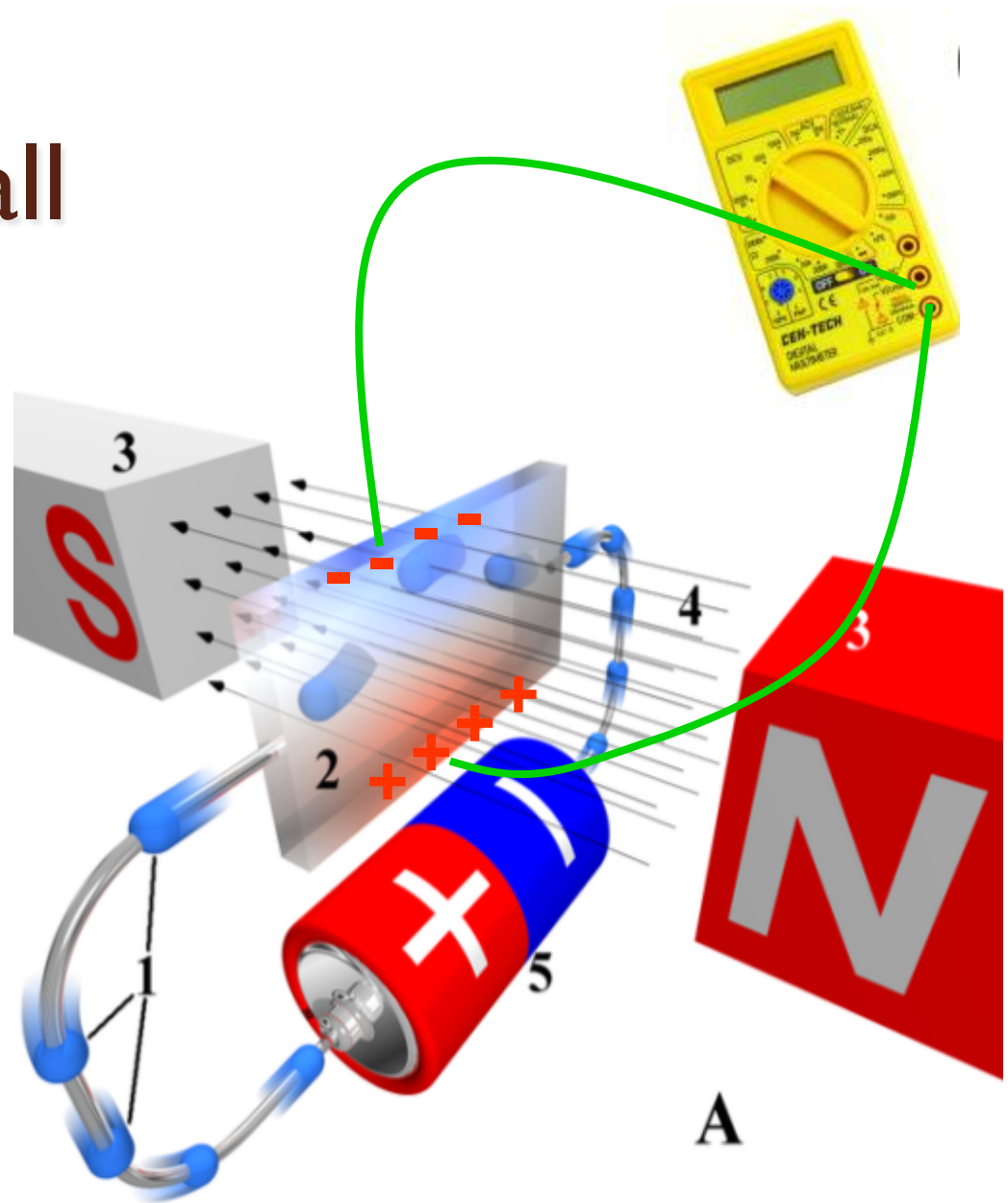
# O efeito Hall

- Esta mudança de distribuição de cargas no condutor cria uma diferença de potencial entre as superfícies do mesmo



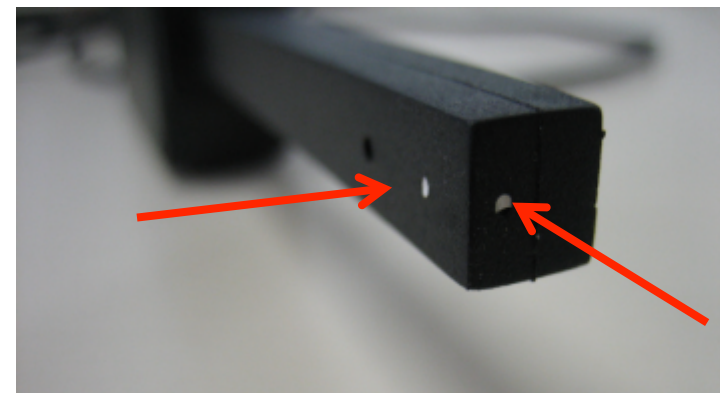
# O efeito Hall

- A medida desta diferença de potencial é proporcional ao campo magnético



# O Sensor Hall de Lab III

- DataStudio ou Capstone
  - Depende da sala
  - Tutoriais no site
- Ponta de prova
  - Dois sensores
    - Selecionados por chave
    - Note que o sensor mede a componente transversal do campo magnético.
    - Escolha o sensor de acordo com a medida que se quer efetuar
  - Possibilidade de selecionar sensibilidade
    - Similar a escala do voltímetro
  - Botão de calibração (Tare)



# Algumas peculiaridades do sensor Hall do laboratório



Table 1  
Magnetic Sensor Specification Chart

Range	Gain	Resolution	Accuracy	Calibration Factor
$\pm 1000$ gauss	1X	0.5 gauss	100 gauss	100 gauss/volt
$\pm 100$ gauss	10X	0.05 gauss	10 gauss	10 gauss/volt
$\pm 10$ gauss	100X	0.050 gauss	1 gauss	1 gauss/volt

**Note:** The Hall Effect sensing elements used in the CI-6520A are temperature compensated. However when measuring very low magnetic field levels ( $\pm 10$  gauss scale) some temperature dependent variation may be observed in the output. It is on the order of a few gauss. For the best results when using the 100X ( $\pm 10$  gauss) scale the sensor should be connected to the interface for 5 to 15 minutes before data is collected.

This will allow the sensing element to come to thermal equilibrium and will yield more stable results.

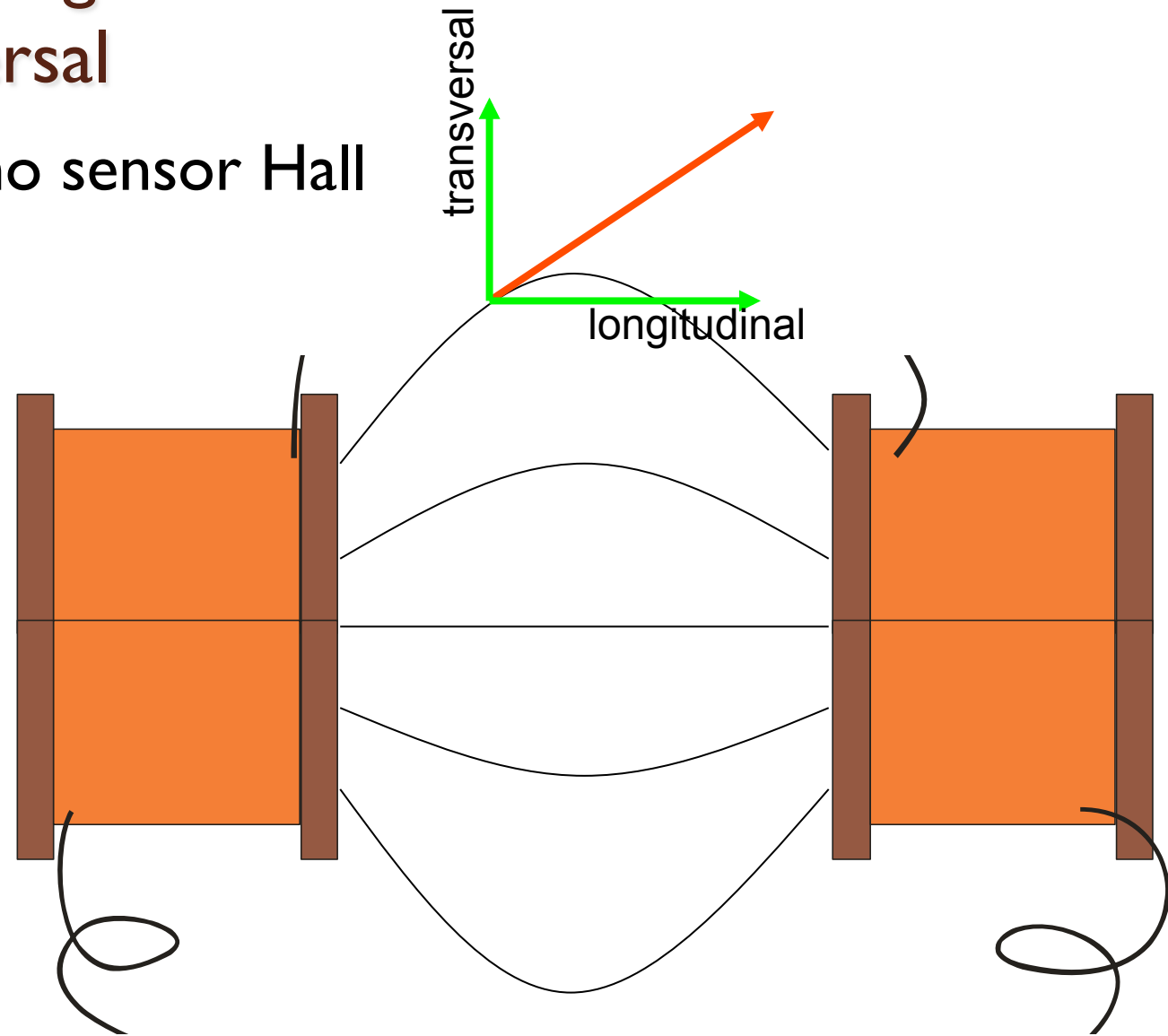


## Objetivos experimentais da semana

- Montar as mesmas bobinas usadas na semana passada
- Mapear o campo magnético:
  - O campo é um vetor no espaço.
    - Preciso medir todas as componentes ou posso usar argumentos físicos e me concentrar em apenas uma delas?

# Campo longitudinal e transversal

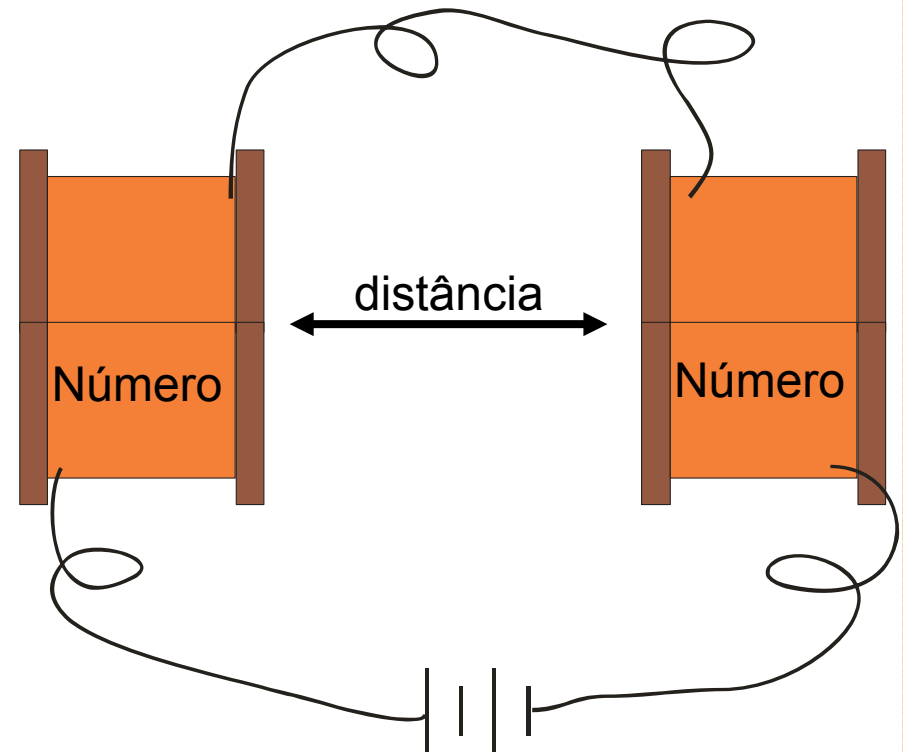
- Chave no sensor Hall





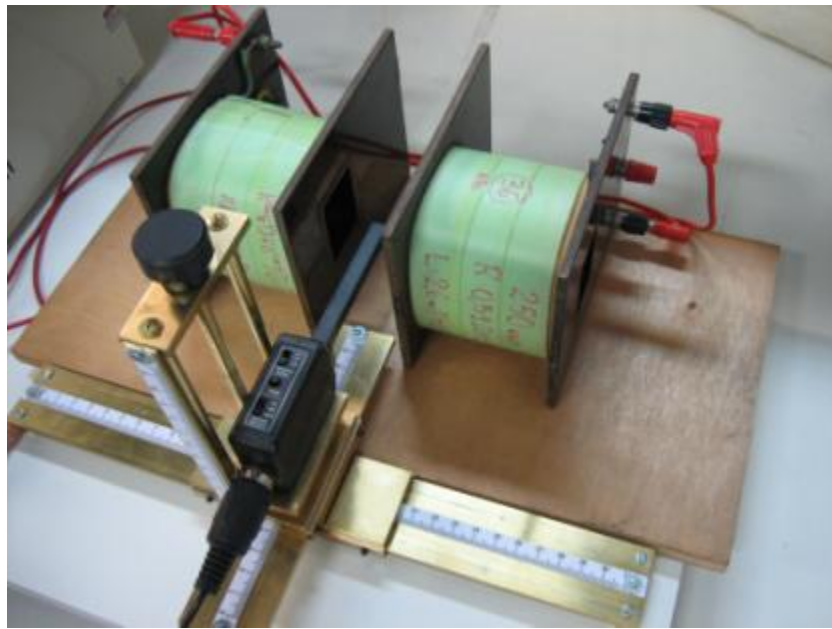
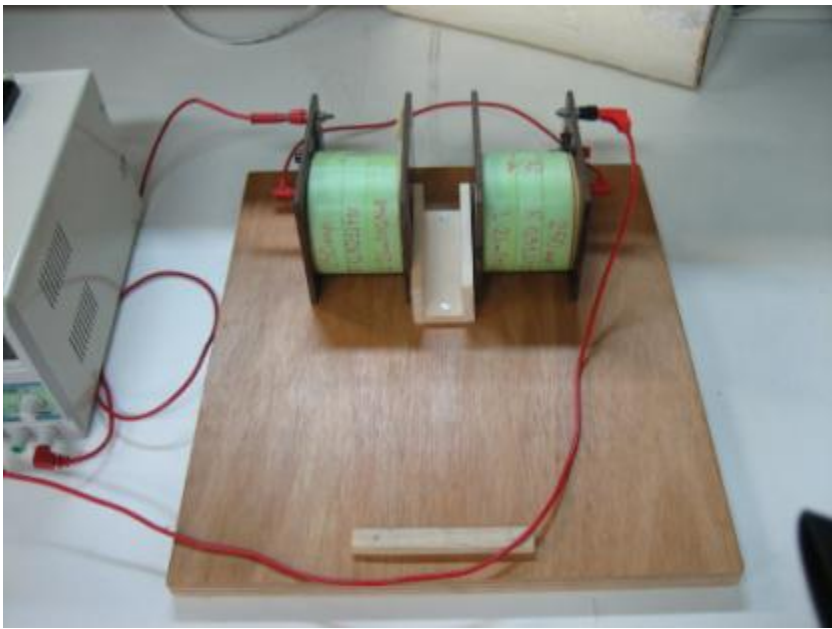
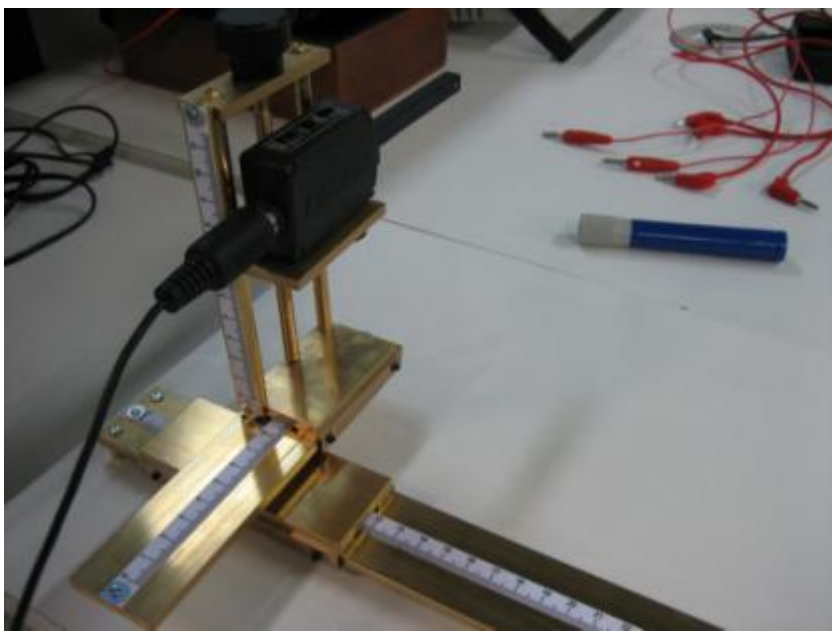
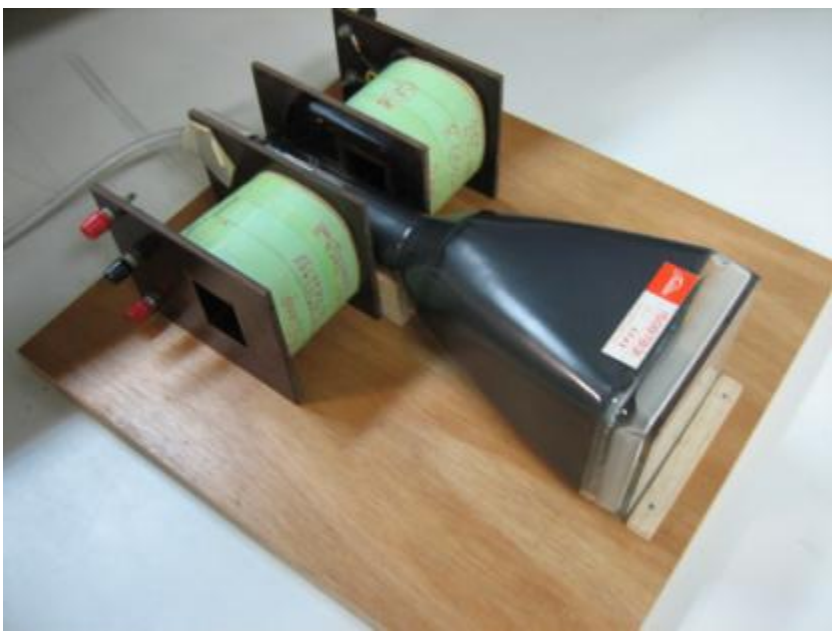
# Arranjo experimental

- Montar as bobinas conforme mostra a figura abaixo
- Anotar número das bobinas e distância entre elas
  - Utilizar o suporte do TRC como referência
- Fiquem atentos com as ligações. Queremos que os campos se somem coerentemente
- Procedimento
  - Com as bobinas desligadas.
    - Zerar (tara) o medidor Hall
  - Aplicar corrente à bobina
    - Não exceder 1A



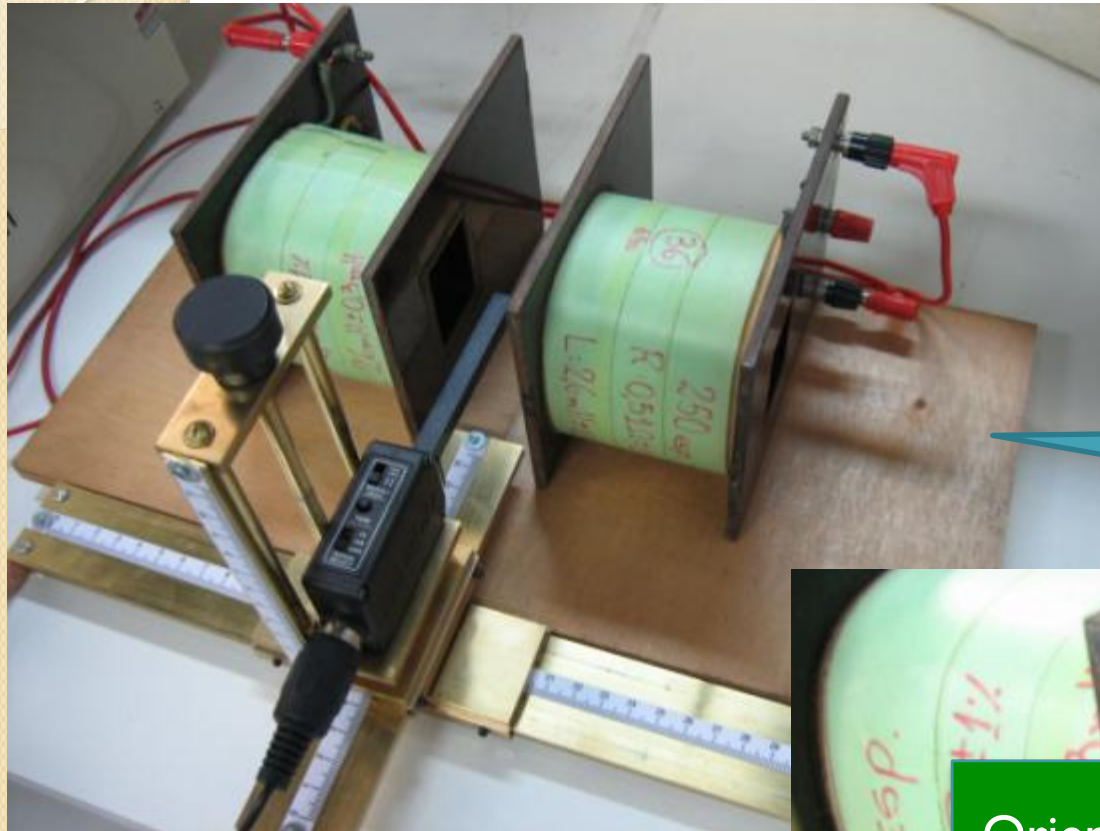


# Na prática...

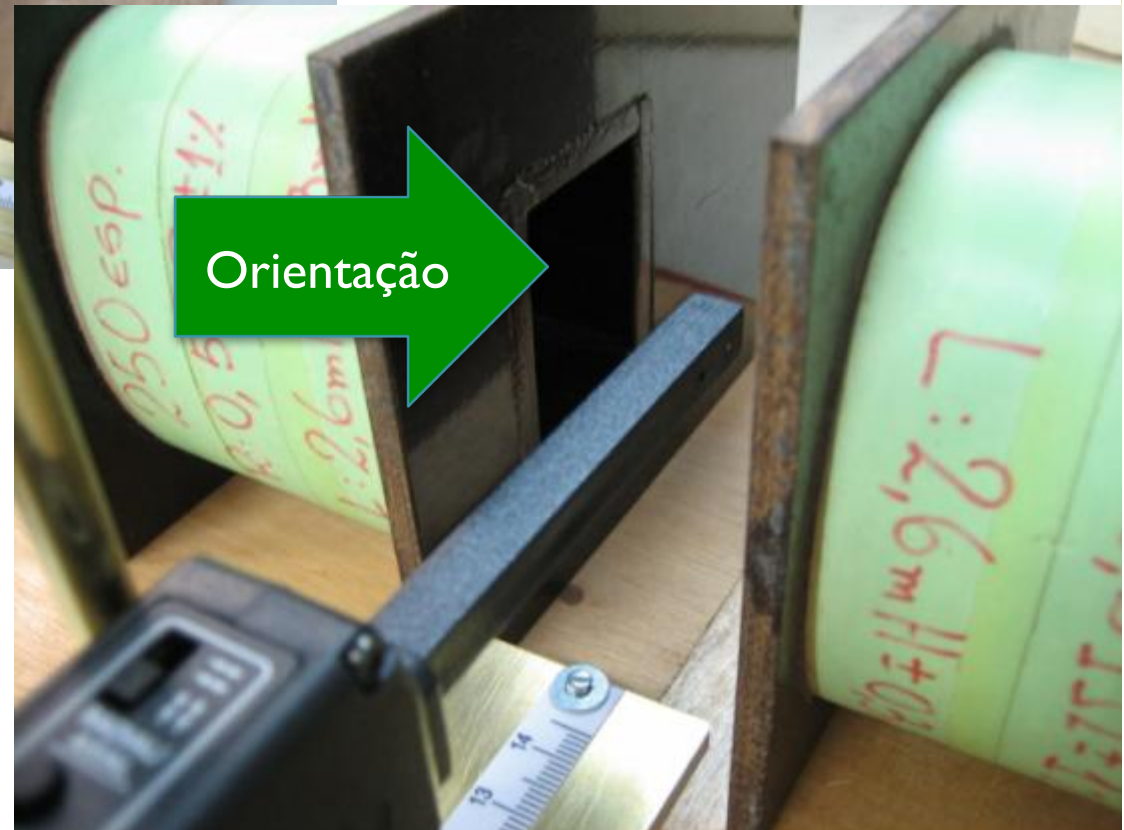


# Na prática...

Suporte de madeira  
para poder centralizar  
o medidor Hall

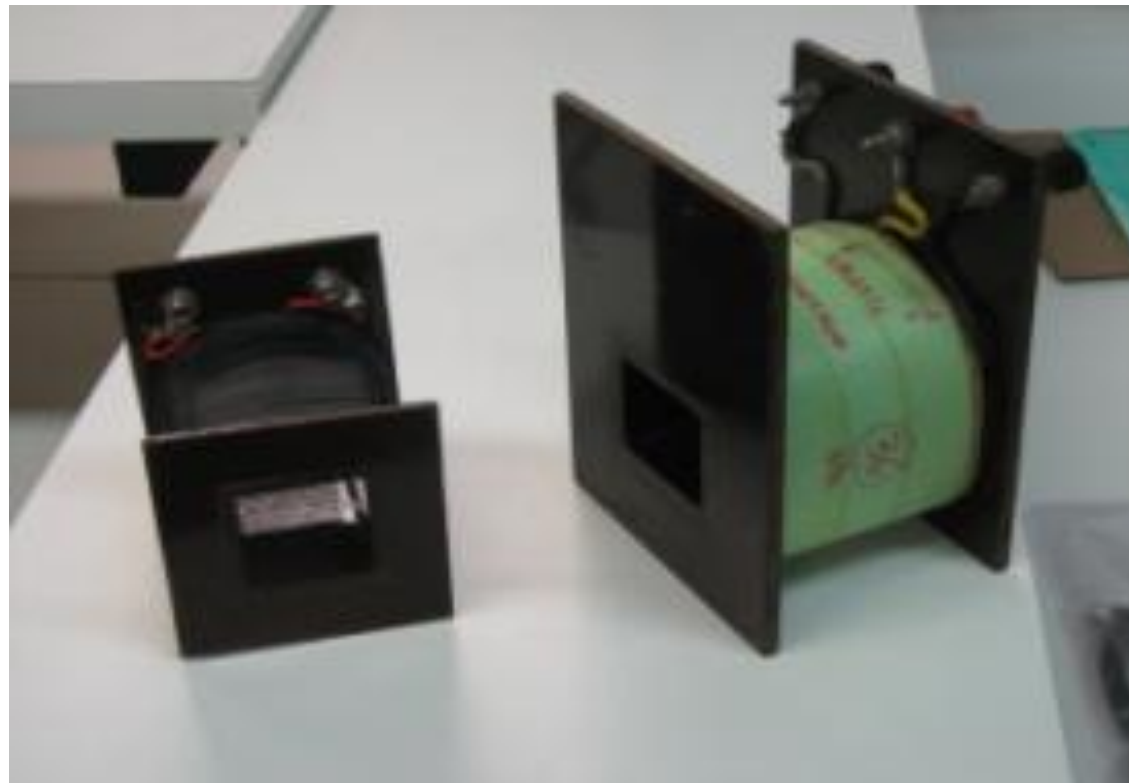


Orientação



# Cuidado experimental

- Usar as mesmas bobinas da semana passada
  - O que ocorre se as bobinas não forem iguais?



# E o campo elétrico?

- As placas do TRC são muito pequenas e estão confinadas em um tubo selado e a vácuo
  - Não dá para acessá-las sem destruir o TRC
- A solução é calcular precisamente o campo elétrico gerado pelas placas através do nosso conhecimento de eletromagnetismo



## Comparação teórica

- Lei de Gauss

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \Rightarrow \vec{\nabla} \cdot (-\nabla \cdot V) = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

- Equação de Poisson para o potencial

$$\nabla^2 V = -\frac{\rho}{\epsilon_0}$$

- Na ausência de cargas (Equação de Laplace)

$$\nabla^2 V = 0$$

## Resolução numérica da equação de Laplace

- Vamos olhar o Laplaciano em duas dimensões:

$$\nabla^2 V = \frac{\partial^2}{\partial x^2} V(x, y) + \frac{\partial^2}{\partial y^2} V(x, y) = 0$$

- Como calcular estas derivadas?
  - Aproximação numérica para derivada

$$\frac{\partial}{\partial x} V(x, y) \approx \frac{\Delta V}{\Delta x} = \frac{V(x + \Delta x / 2, y) - V(x - \Delta x / 2, y)}{\Delta x}$$

## Resolução numérica da equação de Laplace

- Vamos agora calcular a derivada segunda

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} V(x, y) \approx \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{V(x + \Delta x / 2, y) - V(x - \Delta x / 2, y)}{\Delta x} \right)$$

$$\approx \frac{1}{\Delta x} \left( \frac{\partial}{\partial x} V(x + \Delta x / 2, y) - \frac{\partial}{\partial x} V(x - \Delta x / 2, y) \right)$$

- Vamos calcular o primeiro termo da expressão acima:

$$\frac{\partial}{\partial x} V(x + \Delta x / 2, y)$$



## Resolução numérica da equação de Laplace

- Cálculo do primeiro termo:

$$\frac{\partial}{\partial x} V(x + \Delta x/2, y) = \frac{V(x + \Delta x/2 + \Delta x/2, y) - V(x + \Delta x/2 - \Delta x/2, y)}{\Delta x}$$

- Ou seja:

$$\frac{\partial}{\partial x} V(x + \Delta x/2, y) = \frac{V(x + \Delta x, y) - V(x, y)}{\Delta x}$$

- Do mesmo modo para o segundo termo:

$$\frac{\partial}{\partial x} V(x - \Delta x/2, y) = \frac{V(x, y) - V(x - \Delta x, y)}{\Delta x}$$

## Resolução numérica da equação de Laplace

- Assim, as derivadas segunda, em x e y, valem:

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} V(x,y) = \frac{V(x + \Delta x, y) - 2V(x, y) + V(x - \Delta x, y)}{\Delta x^2}$$

$$\frac{\partial^2}{\partial y^2} V(x,y) = \frac{V(x, y + \Delta y) - 2V(x, y) + V(x, y - \Delta y)}{\Delta y^2}$$

- Se eu escolho  $\Delta x = \Delta y = \Delta$  eu posso resolver a equação de Laplace facilmente

## Resolução numérica da equação de Laplace

- Substituindo as derivadas calculadas e fazendo  $\Delta x = \Delta y = \Delta$  a equação de Laplace fica:

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} V(x,y) + \frac{\partial^2}{\partial y^2} V(x,y) = 0$$

$$\frac{V(x + \Delta, y) + V(x - \Delta, y) - 4V(x, y) + V(x, y + \Delta) + V(x, y - \Delta)}{\Delta^2} = 0$$

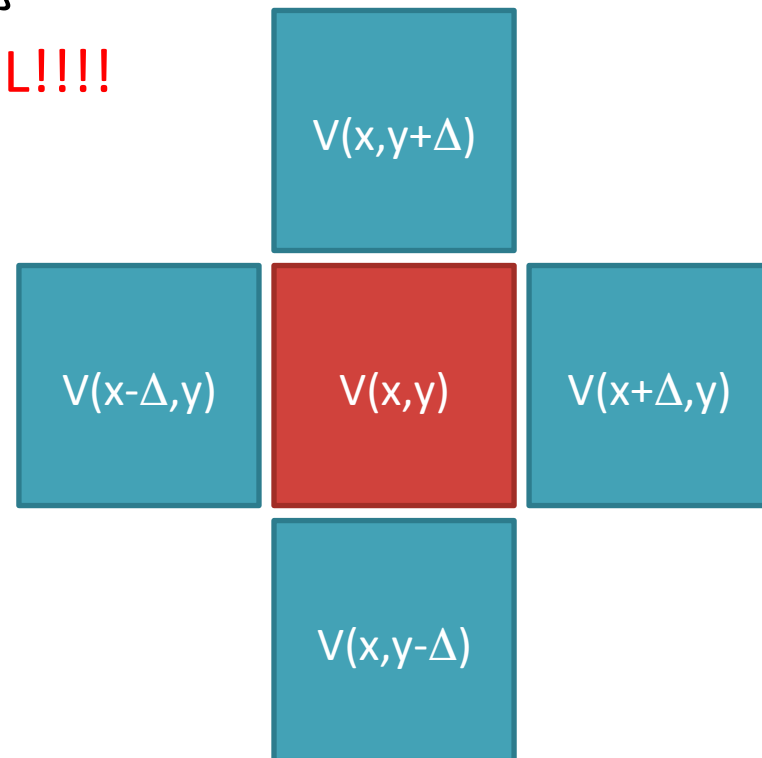
- Cuja solução é:

$$V(x,y) = \frac{1}{4} (V(x + \Delta, y) + V(x - \Delta, y) + V(x, y + \Delta) + V(x, y - \Delta))$$

# Resolução numérica da equação de Laplace

- Ou seja:
  - A solução da equação de Laplace diz que o potencial em um ponto é dado pela MÉDIA SIMPLES dos potenciais nas vizinhanças.
  - Podemos usar o EXCEL!!!!

$$V(x,y) = \frac{1}{4} \left( \begin{array}{l} V(x+\Delta, y) + \\ V(x-\Delta, y) + \\ V(x, y+\Delta) + \\ V(x, y-\Delta) \end{array} \right)$$



</

- 
- The screenshot displays an Excel spreadsheet with a formula bar at the top showing the formula  $=0,25*((I13+J14+H15)+H14)$ . A large red arrow points to cell H15, which is highlighted in the formula bar. The spreadsheet contains a table of data with columns A through O and rows 1 through 27. The formula bar also shows 'Microsoft Excel' and various ribbon options like 'Formatação Condicional', 'Inserir', 'Excluir', 'Estilos de Célula', 'Formatar', 'Classificar e Filtrar', 'Localizar e Selecionar', and 'Edição'.
- |    | A | B        | C        | D        | E        | F        | G        | H        | I        | J        | K        | L        | M        | N        | O        |
|----|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1  |   |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| 2  |   | 6,44939  | 6,437635 | 6,420826 | 6,408117 | 6,386279 | 6,375285 | 6,371405 | 6,375285 | 6,386279 | 6,402474 | 6,420826 | 6,437635 | 6,44939  | 6,453605 |
| 3  |   | 5,90632  | 5,883027 | 5,843194 | 5,802974 | 5,76736  | 5,743455 | 5,735054 | 5,743455 | 5,76736  | 5,802794 | 5,843194 | 5,880327 | 5,90632  | 5,915642 |
| 4  |   | 5,379922 | 5,334159 | 5,268831 | 5,198147 | 5,136911 | 5,096124 | 5,081899 | 5,096124 | 5,136911 | 5,198147 | 5,268831 | 5,334159 | 5,379922 | 5,396324 |
| 5  |   | 4,882886 | 4,807557 | 4,699821 | 4,581085 | 4,460349 | 4,422229 | 4,400294 | 4,422229 | 4,460349 | 4,581085 | 4,699821 | 4,807557 | 4,882886 | 4,909807 |
| 6  |   | 4,434259 | 4,31336  | 4,138844 | 3,952233 | 3,800858 | 3,706488 | 3,674817 | 3,706488 | 3,800858 | 3,952233 | 4,138844 | 4,31336  | 4,434259 | 4,477132 |
| 7  |   | 4,063657 | 3,872781 | 3,589962 | 3,285178 | 3,058697 | 2,928046 | 2,886    | 2,928046 | 3,058697 | 3,285178 | 3,589962 | 3,872781 | 4,063657 | 4,130204 |
| 8  |   | 3,817384 | 3,524145 | 3,063046 | 2,539818 | 2,220705 | 2,061001 | 2,013089 | 2,061001 | 2,220705 | 2,539818 | 3,063046 | 3,524145 | 3,817384 | 3,916372 |
| 9  |   | 3,765362 | 3,343368 | 2,598258 | 1,590345 | 1,223304 | 1,082165 | 1,043355 | 1,082165 | 1,223304 | 1,590345 | 2,598258 | 3,343368 | 3,765362 | 3,900514 |
| 10 |   | 4,00018  | 3,485708 | 2,396272 | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 2,396272 | 3,485708 | 4,00018  | 4,154963 |          |
| 11 |   | 4,594689 | 4,203012 | 3,501122 | 2,539714 | 2,21252  | 2,097613 | 2,068884 | 2,097613 | 2,21252  | 2,539714 | 3,501122 | 4,203012 | 4,594689 | 4,718978 |
| 12 |   | 5,456585 | 5,230529 | 4,865488 | 4,445216 | 4,212754 | 4,109047 | 4,080311 | 4,109047 | 4,212754 | 4,445216 | 4,865488 | 5,230529 | 5,456585 | 5,53157  |
| 13 |   | 6,46955  | 6,397033 | 6,285085 | 6,169297 | 6,084234 | 6,045509 | 6,034266 | 6,045509 | 6,084234 | 6,169297 | 6,285085 | 6,397033 | 6,46955  | 6,549434 |
| 14 |   | 7,530449 | 7,602966 | 7,714914 | 7,837093 | 7,915766 | 7,95449  | 7,965734 | 7,915766 | 7,95449  | 7,837093 | 7,714914 | 7,602966 | 7,530449 | 7,505865 |
| 15 |   | 8,543415 | 8,76947  | 9,134511 | 9,557484 | 9,787245 | 9,890953 | 9,919689 | 9,890953 | 9,787245 | 9,557484 | 9,134511 | 8,76947  | 8,543415 | 8,468429 |
| 16 |   | 9,40531  | 9,796987 | 10,49888 | 11,46029 | 11,78748 | 11,90239 | 11,93112 | 11,90239 | 11,78748 | 11,46029 | 10,49888 | 9,796987 | 9,40531  | 9,281021 |
| 17 |   | 9,999819 | 10,51429 | 11,60373 | 12,44965 | 14       | 14       | 14       | 14       | 14       | 14       | 11,60373 | 10,51429 | 9,999819 | 9,845036 |
| 18 |   | 10,23464 | 10,65663 | 11,40174 | 12,40965 | 12,7767  | 12,91783 | 12,95564 | 12,91783 | 12,7767  | 12,40965 | 11,40174 | 10,65663 | 10,23464 | 10,09948 |
| 19 |   | 10,18261 | 10,47585 | 10,93695 | 11,4     |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |

- 
- The screenshot shows the Microsoft Excel interface with the formula bar at the top. The formula bar contains the formula  $=0,25*(I13+J14+I15+H14)$ . A red arrow points to the formula bar, and another red arrow points to the formula in cell I14. The formula bar shows the formula being entered.



# Criando uma Simulação Circular do Laplaciano

- Definir a equação ( $\Delta$ ) de cada célula
- Definir as condições de contorno
  - Amarelo para diferenciar
- Programar as equações nas células
- Estabelecer bordas cíclicas para simular o infinito

de Trabalho

Mo

✓  $f_x$   $=0,25*(E26+F2+E3+D2)$

	D	E	F
02	6,386184	$=0,25*(E26+F2+E3+D2)$	6,354573
91	5,809742	5,770682	5,736701
31	5,237632	5,168216	5,108223
97	4,671778	4,55722	4,4604

laplaciano.xls [Modo de Compatibilidade] - Microsoft Excel

Fórmulas Dados Revisão Exibição

Formatar como Tabela Excluir Inserir Formatação Condicional Estilos de Célula

Alinhamento Número Estilo Células Edição

SE

A	B	C	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1													
2	6,44939	6,437635	6,420826	6,402474	6,386279	6,375285	6,371405	6,375285	6,386279	6,402474	6,420826	6,437635	6,44939
3	5,90632	5,880327	5,843194	5,802794	5,76736	5,743455	5,735054	5,743455	5,76736	5,802794	5,843194	5,880327	5,90632
4	5,379922	5,334159	5,268831	5,198147	5,136911	5,096124	5,081899	5,096124	5,136911	5,198147	5,268831	5,334159	5,379922
5	4,882886	4,807557	4,699821	4,584054	4,486013	4,422229	4,400294	4,422229	4,486013	4,584054	4,699821	4,807557	4,882886
6	4,434259	4,31336	4,138844	3,952233	3,800858	3,706488	3,674817	3,706488	3,800858	3,952233	4,138844	4,31336	4,434259
7	4,063657	3,872781	3,589962	3,285178	3,058697	2,928046	2,886	2,928046	3,058697	3,285178	3,589962	3,872781	4,063657
8	3,817384	3,524145	3,063046	2,539818	2,220705	2,061001	2,013089	2,061001	2,220705	2,539818	3,063046	3,524145	3,817384
9	3,765362	3,343368	2,598258	1,590345	1,223304	1,082165	1,044355	1,082165	1,223304	1,590345	2,598258	3,343368	3,765362
10	4,00018	3,485708	2,396272	0	0	0	0	0	0	0	2,396272	3,485708	4,00018
11	4,594689	4,203012	3,501122	2,539714	2,21252	2,097613	2,068884	2,097613	2,21252	2,539714	3,501122	4,203012	4,594689
12	5,456585	5,230529	4,865488	4,445216	4,212754	4,109047	4,080311	4,109047	4,212754	4,445216	4,865488	5,230529	5,456585
13	6,46955	6,397033	6,285085	6,162907	6,084234	6,045509	6,034266	6,045509	6,084234	6,162907	6,285085	6,397033	6,46955
14	7,530449	7,602966	7,714914	7,837093	7,915766	7,95449	7,965734	$J14+H15+H$	7,915766	7,837093	7,714914	7,602966	7,530449
15	8,543415	8,76947	9,134511	9,554784	9,787245	9,890953	9,919689	9,890953	9,787245	9,554784	9,134511	8,76947	8,543415
16	9,40531	9,796987	10,49888	11,46029	11,78748	11,90239	11,93112	11,90239	11,78748	11,46029	10,49888	9,796987	9,40531
17	9,999819	10,51429	11,60373	14	14	14	14	14	14	14	11,60373	10,51429	9,999819
18	10,23464	10,65663	11,40174	12,40965	12,7767	12,91783	12,95564	12,91783	12,7767	12,40965	11,40174	10,65663	10,23464
19	10,18261	10,47585	10,93695	11,46018	11,77929	11,939	11,98691	11,939	11,77929	11,46018	10,93695	10,47585	10,18261
20	9,936341	10,12722	10,41004	10,71482	10,9413	11,07195	11,114	11,07195	10,9413	10,71482	10,41004	10,12722	9,936341
21	9,565739	9,686638	9,861154	10,04776	10,19914	10,29351	10,32518	10,29351	10,19914	10,04776	9,861154	9,686638	9,565739
22	9,117111	9,192441	9,300176	9,415944	9,513985	9,577768	9,599704	9,577768	9,513985	9,415944	9,300176	9,192441	9,117111
23	8,620075	8,665838	8,731167	8,80185	8,863086	8,903874	8,918099	8,903874	8,863086	8,80185	8,731167	8,665838	8,620075
24	8,093677	8,11967	8,156803	8,197203	8,232637	8,256542	8,264943	8,256542	8,232637	8,197203	8,156803	8,11967	8,093677
25	7,550607	7,562362	7,579171	7,597523	7,613718	7,624712	7,628592	7,624712	7,613718	7,597523	7,579171	7,562362	7,550607
26	6,999998	6,999998	6,999998	6,999998	6,999998	6,999998	6,999998	6,999998	6,999998	6,999998	6,999998	6,999998	6,999998
27													

70362	8,775445	8,837
126214	8,16784	8,204
546428	7,566058	7,583
966152	6,967447	6,968

- laplaciano.xls [Modo de Compatibilidade] - Microsoft Excel

Inicio
Inserir
Layout da Página
Fórmulas
Dados
Revisão
Exibição

Colar
Fonte
Alinhamento
Número
Estilo
Células
Edição

SE =0,25\*(I13+J14+I15+H14)

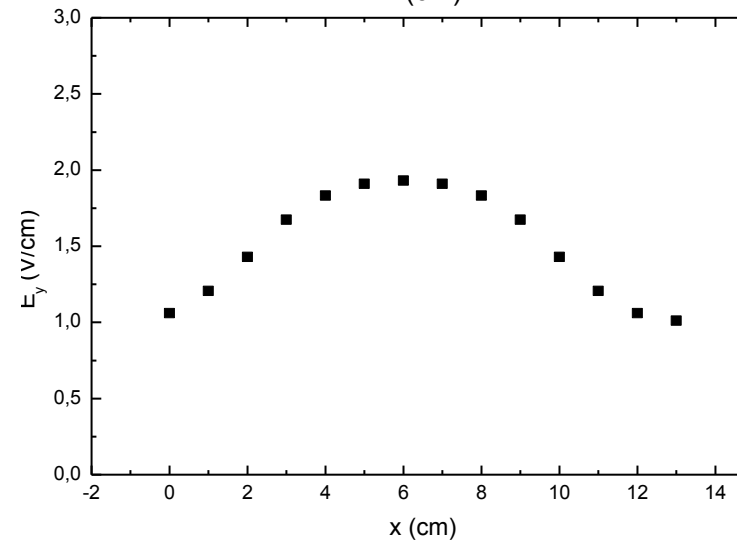
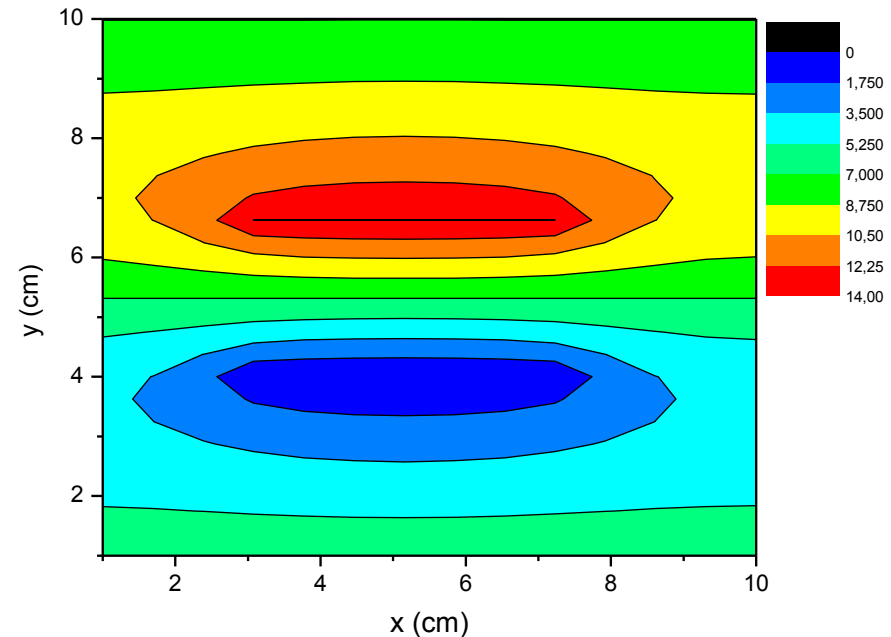
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1															
2		6,44939	6,437635	6,420826	6,402474	6,386279	6,375285	6,371405	6,375285	6,386279	6,402474	6,420826	6,437635	6,44939	6,453605
3		5,90632	5,880327	5,843194	5,802794	5,76736	5,743455	5,735054	5,743455	5,76736	5,802794	5,843194	5,880327	5,90632	5,915642
4		5,379922	5,334159	5,268831	5,198147	5,136911	5,096124	5,081899	5,096124	5,136911	5,198147	5,268831	5,334159	5,379922	5,396324
5		4,882886	4,807557	4,699821	4,584054	4,486013	4,42229	4,400294	4,42229	4,486013	4,584054	4,699821	4,807557	4,882886	4,909807
6		4,434259	4,31336	4,138844	3,952233	3,800858	3,706488	3,674817	3,706488	3,800858	3,952233	4,138844	4,31336	4,434259	4,477132
7		4,063657	3,872781	3,589962	3,285178	3,058697	2,928046	2,886	2,928046	3,058697	3,285178	3,589962	3,872781	4,063657	4,130204
8		3,817384	3,524145	3,063046	2,539818	2,220705	2,061001	2,013089	2,061001	2,220705	2,539818	3,063046	3,524145	3,817384	3,916372
9		3,765362	3,343368	2,598258	1,590345	1,223304	1,082165	1,044355	1,082165	1,223304	1,590345	2,598258	3,343368	3,765362	3,900514
10		4,00018	3,485708	2,396272	0	0	0	0	0	0	0	2,396272	3,485708	4,00018	4,154963
11		4,594689	4,203012	3,501122	2,539714	2,21252	2,097613	2,068884	2,097613	2,21252	2,539714	3,501122	4,203012	4,594689	4,718978
12		4,545685	4,230529	4,865488	4,445216	4,212754	4,109407	4,080311	4,109407	4,212754	4,445216	4,865488	4,230529	4,545685	5,53157
13		6,46955	6,397033	6,285085	6,162907	6,084234	6,045509	6,034266	6,045509	6,084234	6,162907	6,285085	6,397033	6,46955	6,494134
14		7,530449	7,602966	7,714914	7,837093	7,915766	7,95449	7,965734	J14+I15+H	7,915766	7,837093	7,714914	7,602966	7,530449	7,505865
15		8,543415	8,76947	9,134511	9,554784	9,787245	9,890953	9,919689	9,890953	9,787245	9,554784	9,134511	8,76947	8,543415	8,468429
16		9,40531	9,796987	10,49888	11,46029	11,78748	11,90239	11,93112	11,90239	11,78748	11,46029	10,49888	9,796987	9,40531	9,281021
17		9,999819	10,51429	11,60373	14	14	14	14	14	14	14	11,60373	10,51429	9,999819	9,845036
18		10,23464	10,65663	11,40174	12,40965	12,7767	12,91783	12,95564	12,91783	12,7767	12,40965	11,40174	10,65663	10,23464	10,09948
19		10,18261	10,47585	10,93695	11,46018	11,77929	11,939	11,98691	11,939	11,77929	11,46018	10,93695	10,47585	10,18261	10,08363
20		9,936341	10,12722	10,41004	10,7482	10,9413	11,07195	11,114	11,07195	10,9413	10,7482	10,41004	10,12722	9,936341	9,869794
21		9,565739	9,686638	9,861154	10,04776	10,									

# Criando um Excel para calcular o Laplaciano

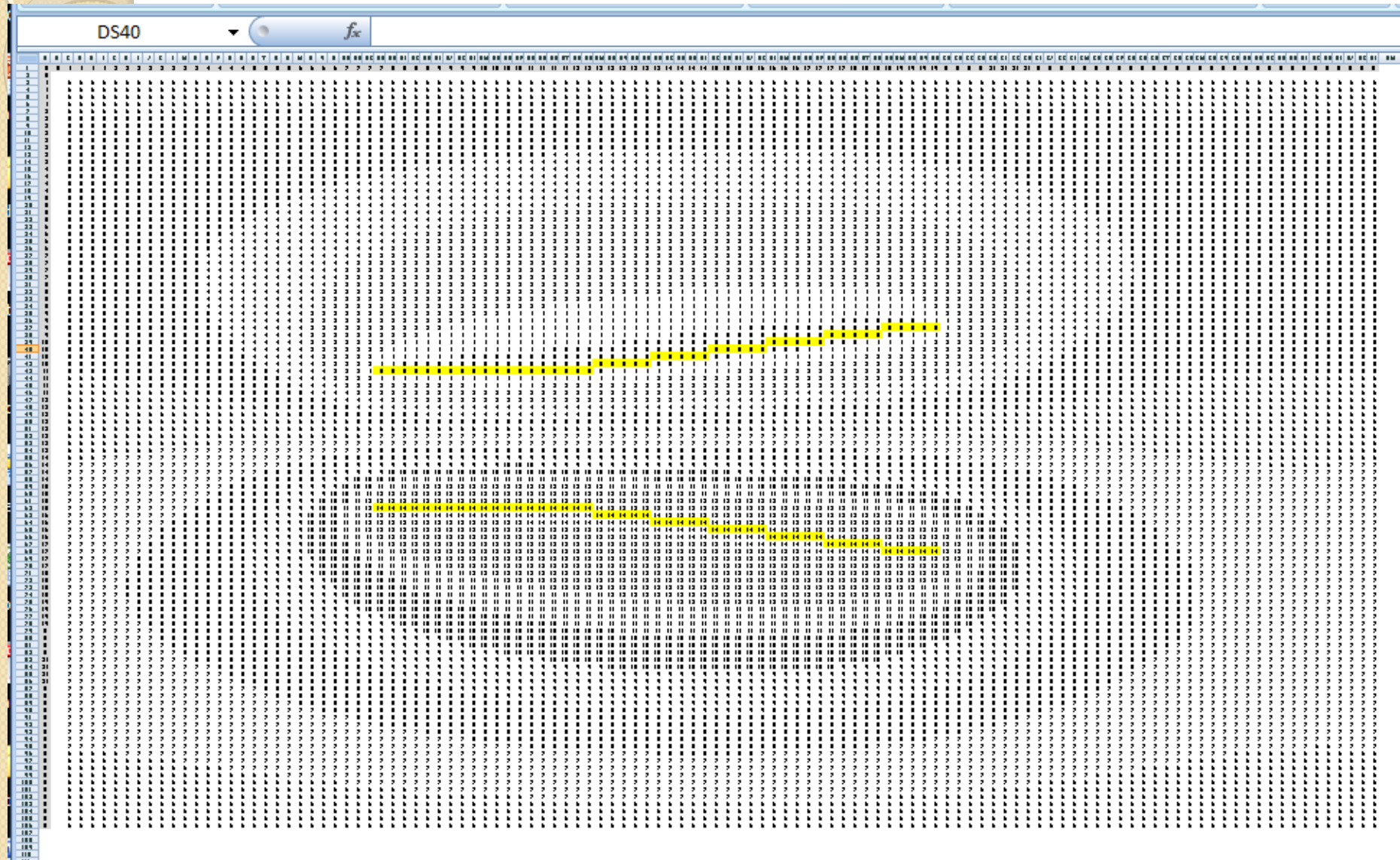
- Copiar a matriz para o Origin ou programa gráfico de sua preferência
- Fazer a análise como se fossem dados
  - Calcular campos

$$E_x(x, y) \approx -\frac{\Delta V}{\Delta x}$$

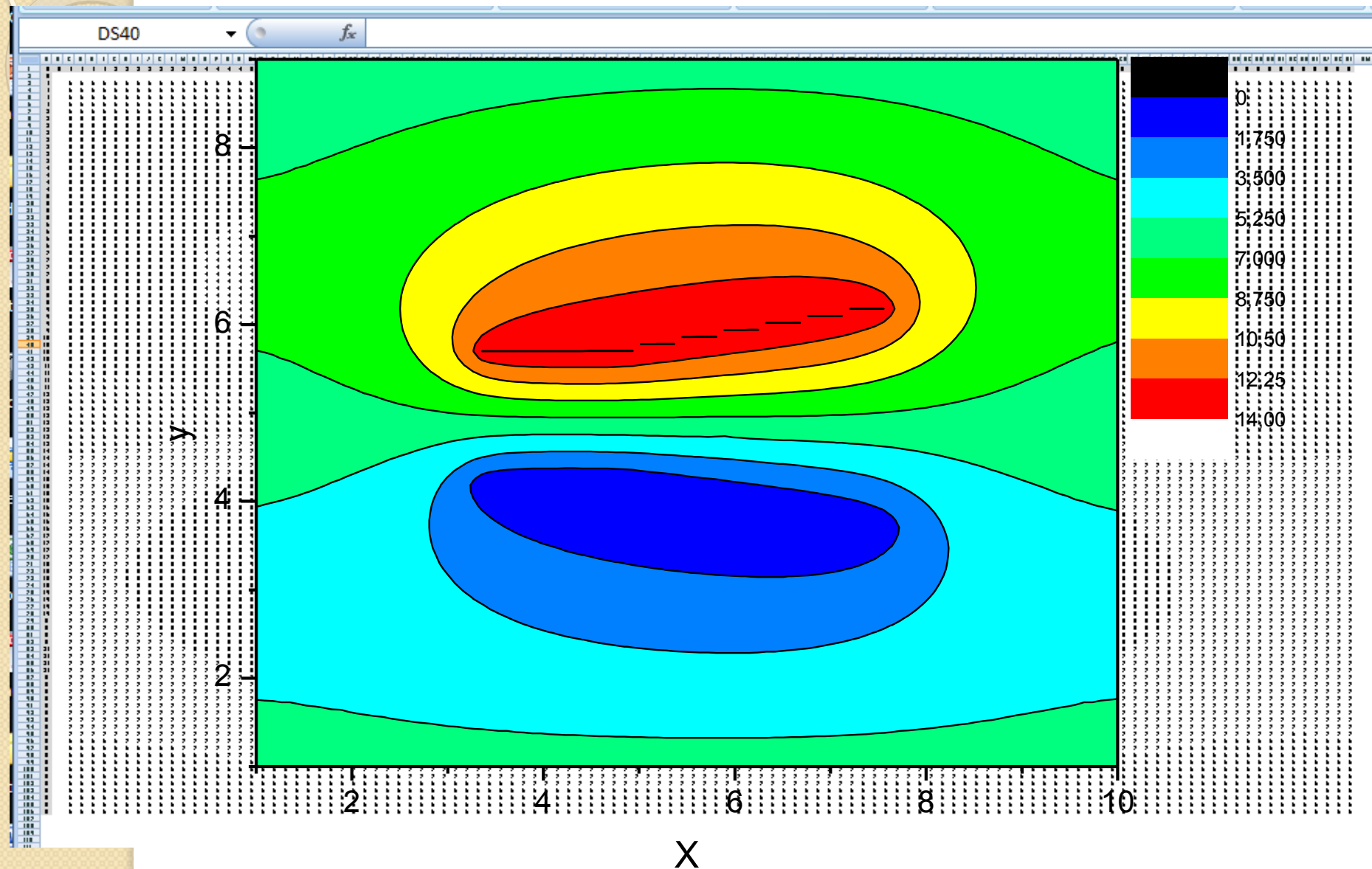
$$E_y(x, y) \approx -\frac{\Delta V}{\Delta y}$$



# Um exemplo com uma malha grande (mais precisão)



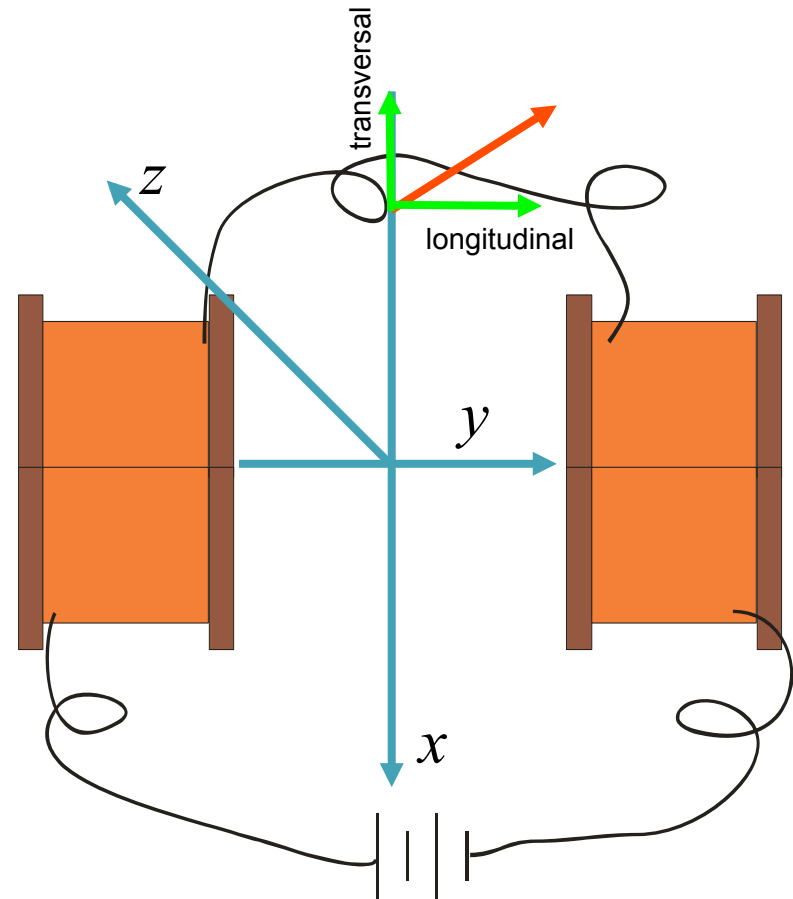
Um exemplo com uma malha grande  
(mais precisão)





# Atividades da semana

- Fazer gráfico de  $B_L$  ao longo do eixo  $x$  para três valores distintos de corrente entre as bobinas
  - Argumente fisicamente porque não é necessário medir o campo transversal e o campo nos outros eixos?
- Fazer gráfico superposto de  $\beta(x)$  ao longo do eixo  $x$  para as três correntes medidas.
  - O resultado obtido é razoável? O que você esperaria? Discuta a linearidade entre campo e corrente. O resultado obtido é compatível com o esperado teoricamente?
    - Dica: Veja Equações que relacionam campo magnético com corrente elétrica.



# Atividades propostas para a semana

- Utilizando uma planilha no Excel, implementar a geometria das placas estudadas e:
  - Determinar o campo elétrico gerado pelas placas do TRC
    - Se você conhece a distribuição de potencial determinar o campo é simplesmente obter o gradiente desta distribuição de potencial
  - Determine  $\alpha(x)$  para o TRC
- O campo elétrico é uniforme? Há efeitos de borda? Como você acha que isto pode interferir no movimento dos elétrons?