



Laboratório de Física B

Disciplina: 504023

Juliana Marcela Abraão de Almeida
Luciara Benedita Barbosa

Departamento de Física
Campus de Itabaiana/SE
2010

Elaboração de Conteúdo

Prof(a). Dra. Juliana Marcela Abraão de Almeida
Prof(a). Dra. Luciara Benedita Barbosa

Elaboração do Relatório.....	01
Instrumentos de medidas elétricas.....	03
PRÁTICA 1	
Identificação de resistores.....	08
PRÁTICA 2	
Lei de Ohm 1.....	12
PRÁTICA 3	
Lei de Ohm 2.	16
PRÁTICA 4	
Associação de resistores.....	19
PRÁTICA 5	
Lei de Kirchhoff.....	23
PRÁTICA 6	
Circuito RC.....	28
PRÁTICA 7	
Carga e descarga de capacitores.....	34
PRÁTICA 8	
Campo magnético.....	38

ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO

Uma etapa importante no trabalho científico é a divulgação à comunidade dos resultados obtidos. É assim que a contribuição do trabalho ao patrimônio científico da humanidade é colocada à disposição de todos. Essa divulgação é feita em revistas científicas especializadas de circulação nacional e internacional e obedece a certos padrões na sua apresentação.

Durante os cursos de graduação, de mestrado e de doutorado (não importa a carreira escolhida), provavelmente, vocês terão alguma bolsa ou farão algum estágio e como bolsistas ou estagiários deverão apresentar relatórios periódicos descrevendo as suas atividades. Mais tarde, em sua vida profissional, vocês também precisarão sempre apresentar relatórios sobre os projetos e estudos contratados com seus clientes.

Por isso, é fundamental que todo estudante aprenda desde o começo como escrever e apresentar um trabalho científico ou técnico. Esse aprendizado se dá nos cursos de laboratório, através do relatório. E por esse motivo será exigido de vocês que façam um relatório metódico e organizado para cada experiência realizada, seguindo os padrões usados pelas indústrias que oferecem estágios e pelas agências de fomento que dão bolsas de iniciação científica (PIBIC/CNPq).

- Então, após a realização de cada prática no laboratório os alunos deverão elaborar um relatório dos resultados experimentais obtidos.

- Não existe uma regra específica em termos de linguagem para redigir o relatório. No entanto, de uma forma mais elegante e compreensível é comum escrever o relatório na linguagem pessoal (nós, isso quando se tratar de grupos): isto facilitará a redação do texto. O texto deve relatar o que foi feito por vocês e, portanto, o tempo verbal mais adequado é o passado. Uma característica muito importante no relatório é a sua divisão no texto. Por isso, é sugerido que vocês utilizem as seguintes partes:

- **Título** – Nome do trabalho, dados do grupo, nome do professor.
- **Resumo** – Deve conter uma descrição do problema, a motivação, método empregado e os resultados obtidos. O resumo deve, portanto, ser o último item a ser escrito em um trabalho, embora seja normalmente apresentado no início. O resumo deve ter uma estrutura independente do resto do trabalho, isto é, o leitor deve ser capaz, ao lê-lo, de ter uma idéia geral do trabalho, sem necessidade de consulta ao restante do trabalho.
- **Objetivos** – Explique qual a proposta do experimento. Situe seu trabalho no tempo e no espaço. Se quiser, mostre um breve (muito breve) esboço histórico do problema. Mostre resumidamente sua relevância para a comunidade a que é endereçado. Mostre sua utilidade (em que área é usado). Se possível, situe o problema em relação a outras áreas às quais está relacionado. Deixe claros os objetivos do trabalho.
- **Teoria** – Frequentemente em física, uma experiência é executada para testar uma teoria ou aproximações dela decorrentes. Enfim, para testar um modelo. Outras vezes, utiliza-se uma teoria já suficientemente testada tendo em vista uma aplicação. Nesta parte, você deve colocar os resultados teóricos que são relevantes para o trabalho. Em geral, não são feitas deduções, mas os aspectos da teoria utilizada (relações matemáticas, afirmações etc) são discutidos. Deixe claro o que é cada grandeza utilizada e o significado físico das relações usadas. Neste item, você deve fazer uso de referências onde a teoria foi desenvolvida (livros, apostilas, etc).
- **Metodologia experimental** - Aqui você deve apresentar o que comumente chamamos de materiais e métodos. Coloque um diagrama de blocos ou esquema de montagem experimental (se possível). Deixe claro os instrumentos utilizados e também os materiais (substâncias, elementos químicos, componentes etc - evite apresentá-los como "uma receita de bolo"). Descreva o método usado e os cuidados experimentais tomados para a obtenção dos dados.

- **Resultados e análise de dados** - Os dados experimentais obtidos devem ser apresentados nesta parte, procurando colocá-los em tabelas, com legenda, título etc. Deixe claro todas as etapas seguidas durante a análise dos dados. Apresente claramente os resultados em tabelas, gráficos etc. Evite deixar os resultados espalhados no meio dos cálculos. Dê uma atenção bastante especial para as estimativas de erro nos valores obtidos (procure durante a realização da experiência, verificar cuidadosamente as fontes de erro que afetam as medidas).
- **Discussão e conclusão** – Comente os resultados obtidos, sua qualidade e confiabilidade. Tente justificar eventuais discrepâncias que forem observadas. Aponte sugestões para melhorar a qualidade dos dados etc. Você deve discernir claramente quais foram essas conclusões. Não coloque como conclusões afirmações (mesmo que corretas) que não decorrem diretamente da experiência realizada. Se possível, relacione essas conclusões com as de outras experiências. Verifique até que ponto os objetivos da experiência foram alcançados.
- **Referências bibliográficas - Bibliografia:** Ao final do relatório, deve conter todas as referências que o grupo citou no relatório. As referências podem ser escritas no formato da ABNT (Associação Brasileira de Normas e Técnicas). A seguir são colocadas algumas referências no formato correto. Preste bem a atenção nos formatos de referências que estão citadas abaixo. **Livros:** SOBRENOME(S), iniciais em letras maiúsculas do(s) nome(s) do(s) autor(es), Nome do Livro. Edição, Editora, Cidade de Publicação, Ano da Publicação. **Textos de internet:** SOBRENOME(S), iniciais em letras maiúsculas do(s) nome(s) do(s) autor(es), título, (disponível em < endereço eletrônico>), data de acesso. **Artigos de revistas:** SOBRENOME(S), iniciais em letras maiúsculas do(s) nome(s) do(s) autor(es), título da revista, volume, número, página e ano de publicação.

Observações:

- O relatório deverá ser feito a mão ou no computador de uma maneira organizada e clara.
- Uma boa apresentação é importante.
- Só será aceito o relatório se o aluno tiver realmente realizado a prática.
- A falta de uma prática corresponderá à nota zero no respectivo relatório.
- Prevendo um caso fortuito, será realizada uma prática substitutiva no caso de justificativa formal.
- O relatório deverá ser entregue na aula seguinte.
- Não haverá aula de reposição.
- Relatórios iguais ou parcialmente iguais terão nota **ZERO**.

Bornes de Entrada: São os terminais através dos quais conectamos o instrumento ao circuito ou componente. Existem 3 bornes no seu instrumento:

- COM: Terminal comum ou negativo (no caso de medida que tenha polaridade).
- Borne indicado por **V/Ohms/mA** – nele deve estar conectada a ponta de prova vermelha para a medição de tensão (contínua ou alternada), resistência e corrente na ordem de miliampères.
- Borne indicado por **A** – a ponta de prova vermelha deve ser ligada nele para a medição de corrente contínua ou alternada (observação: a grande maioria dos multímetros digitais não mede corrente alternada, verifique se existe uma escala em seu instrumento para isto antes de fazer a medição).

Ligação das pontas de prova:

Há duas pontas de prova: a vermelha, positivo e a preta, negativo. Quando se mede tensão ou corrente contínua a colocação das pontas deve respeitar a polaridade. Num Multímetro analógico a inversão de polaridade faz com que a agulha se desloque em sentido contrário.

Num aparelho digital aparece no display a indicação de "-".

A ponta vermelha liga na ficha com a indicação de "+" e a preta na entrada assinalada com um "-". Nesta posição o medidor mede voltagem, corrente e resistência. Em regra existe uma outra ligação para medição de alta corrente. Para efectuar uma medição nesta escala deve retirar a ponta positiva e colocá-la no borne respectivo.

CUIDADO: Não esqueça de voltar a colocar a ponteira no borne correto depois de efectuar a medição. Um esquecimento poderá provocar um curto-circuito.

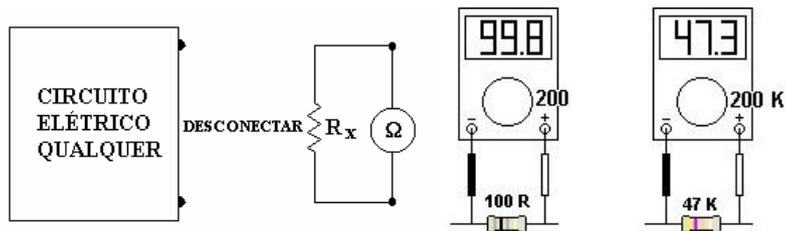
IMPORTANTE!!!

Antes de iniciar cada medida eléctrica ou até mesmo ligar um instrumento ou aparelho eléctrico o aluno deverá tomar alguns cuidados quanto ao seu manuseio:

- i. Antes de ligar qualquer aparelho verifique a tensão que o alimenta. Assim, **nunca** ligue qualquer equipamento de 110 V em interruptores (tomadas) de 220 V. Em sua grande maioria essas indicações ficam na parte de trás do aparelho.
- ii. Nas medidas de tensões e correntes contínuas é preciso cuidado para **não ligar os instrumentos com polaridade invertida**. Isso fatalmente irá danificar o instrumento;
- iii. Antes de utilizar um instrumento sempre é necessário conhecer a ordem de grandeza da tensão ou da corrente que se vai medir. **É conveniente sempre iniciar uma medida utilizando o maior fundo de escala disponível;**
- iv. Ao ligar fontes de tensão contínua em circuitos eléctricos contendo dispositivos tais como capacitores, voltímetros e amperímetros tomar cuidado com as polaridades desses elementos.
- v. Para realizar medidas de tensão e corrente, **SEMPRE ligue:** voltímetros em paralelo e amperímetros em série. **Note que se ligarmos um amperímetro em paralelo com uma fonte, estaremos provocando um curto circuito com riscos de dano ao amperímetro e à fonte.**

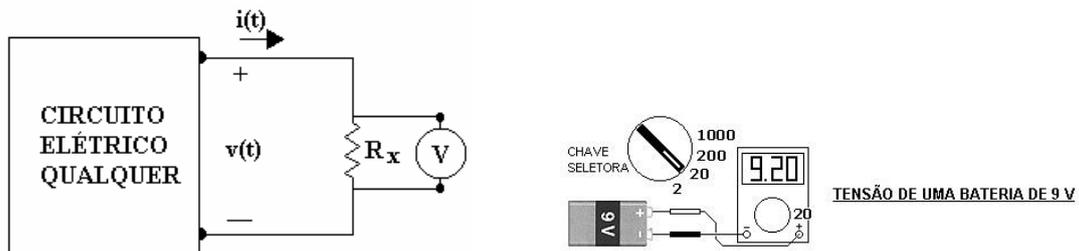
1.2. Ohmímetro

Para se efetuar medida com o ohmímetro, deve-se desconectar o elemento que se quer medir do restante do circuito. Caso isto não seja feito, a resistência medida pode ser o resultado de uma associação de resistores e não do resistor que se deseja medir. Escolha uma escala do ohmímetro mais próxima acima do valor do resistor a ser medido (200Ω, 2K Ω, 20K Ω, 200K Ω, 2M Ω, 20M Ω se houver). A resistência elétrica é medida em Ohms (Ω). Meça o componente e a leitura deve estar próxima do seu valor. Abaixo vemos o teste:



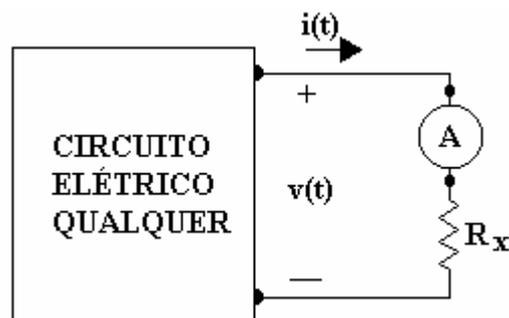
1.3. Voltímetro

O voltímetro é conectado em paralelo com o elemento para o qual se pretende medir a tensão (veja Figura abaixo), devendo o circuito estar ativo no ato da medida. A tensão é medida em volts (V).



1.4. Amperímetro

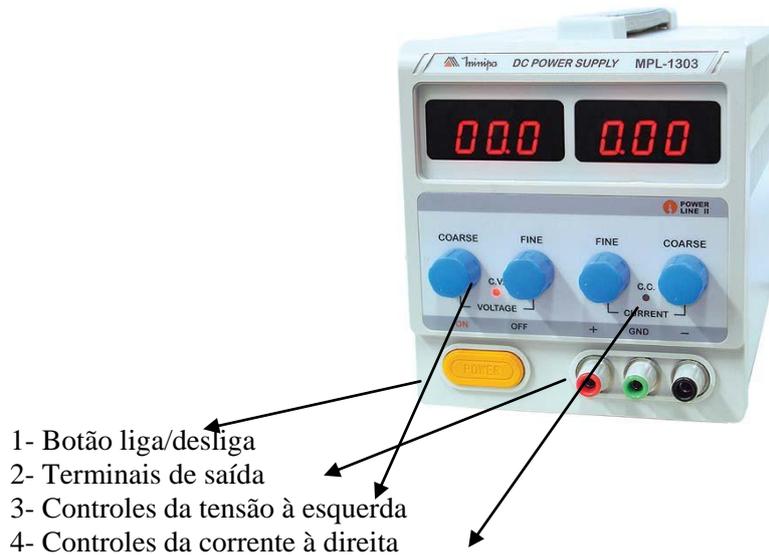
Para se efetuar uma medida de corrente com um amperímetro convencional é necessário interromper o circuito para se intercalar o amperímetro, fazendo com que toda a corrente passe através do mesmo (veja Figura abaixo). A corrente elétrica é medida em mperce (Ω). Obviamente o circuito deve estar ativo no ato da medição.



- Outros instrumentos

FONTES

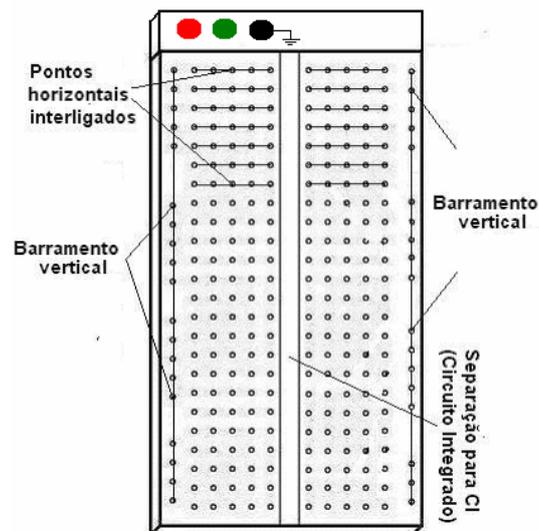
O laboratório é equipado com fontes de tensão com saídas reguláveis conforme ilustrado na figura abaixo:



MATRIZ DE PONTOS (PROTOBOARD)

A Matriz de Pontos (nome genérico) ou Protoboard (marca registrada), consiste de pontos ligados internamente possibilitando a montagem de componentes e circuitos sem que seja necessário usar solda. Existem de diversos tipos e tamanhos, mas basicamente todos têm o mesmo aspecto. A principal diferença são os números de pontos de conexão.

Abaixo se pode verificar como é a configuração dos bornes para conexão da alimentação. Observando também que o borne de cor preta está conectado ao terra, ou seja, possui ligação com a carcaça.



PRÁTICA 1: IDENTIFICAÇÃO DE RESISTORES

Nome		Matrícula	
Curso		Turma	
Professora		Data	

1.1 OBJETIVOS

- Identificar resistores;
- Determinar o valor da resistência pelo código de cores;
- Conhecer o princípio de funcionamento do multímetro;
- Utilizar o multímetro para medir resistências.

1.2 MATERIAL

- Resistores (diversos);
- Tabela com código de cores;
- Cabos;
- Multímetro digital.

1.3 FUNDAMENTOS

O multímetro é um instrumento, cuja uma das funções é usá-lo para medir diretamente resistência. Ligando-se os terminais do medidor às extremidades de um resistor desconhecido R_x , do qual queremos medir a resistência, fechamos o circuito, conforme apresentado na figura 1.1.

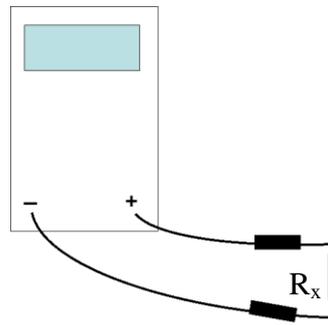


Figura 1.1: Multímetro em operação para medir resistência.

Nesta prática utilizaremos resistores comerciais, popularmente chamado de resistências, cujos valores estão codificados em faixas coloridas e dispostas como mostra a figura 1.2.



Figura 1.2: Um resistor (resistência) comercial.

Estas faixas representam, de acordo com sua cor e a sua posição, o valor da resistência indicado pelo fabricante, conhecido como **valor nominal**. A tabela 1.1 apresenta o valor atribuído a cada cor. As faixas coloridas devem ser lidas da extremidade para o centro do resistor como indicado na figura 1.3.

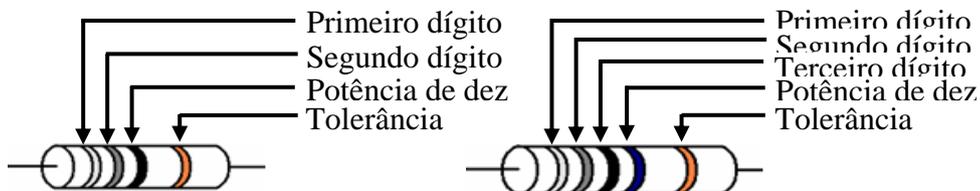


Figura 1.3: Ordem de leitura e significado de cada faixa para resistores comum (quatro faixas) e para resistores de precisão (cinco faixas).

Uma especificação importante dos resistores é sua potência máxima de dissipação. A potencia máxima é função do tamanho físico do resistor e é fornecido pelos manuais dos fabricantes. Em geral são fabricados resistores com potências de 1/8W, 1/4W, 1/2W, 1W e 2W. Os resistores que têm potências maiores do que 2W trazem o valor da potência gravado em seu corpo.

Tabela 1. Código de cores.

Faixa de cor	Dígito	Multiplicador	Tolerância
Preta	0	10^0	
Marron	1	10^1	1%
Vermelha	2	10^2	2%
Laranja	3	10^3	
Amarela	4	10^4	
Verde	5	10^5	
Azul	6	10^6	
Violeta	7	10^7	
Cinza	8	10^8	
Branca	9	10^9	
Dourada		10^{-1}	5%
Prateada		10^{-2}	10%
Sem faixa			20%

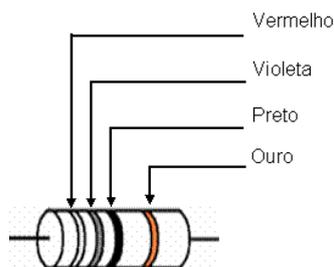


Figura 1.4: Um resistor comum (com quatro faixas).

- A primeira faixa corresponde ao primeiro dígito do valor nominal: vermelho = 2;

- A segunda faixa corresponde ao segundo dígito do valor nominal: violeta = 7;
- A terceira faixa corresponde a potência de dez pela qual devemos multiplicar o número formado com os dois dígitos acima: preto = 0, isto é, multiplicado 10^0 ;
- A quarta faixa representa a tolerância no valor da resistência: ouro = 5%.

Então, $R=27\Omega$ com tolerância de 5%.

Exemplo 2:

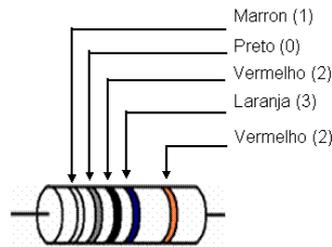
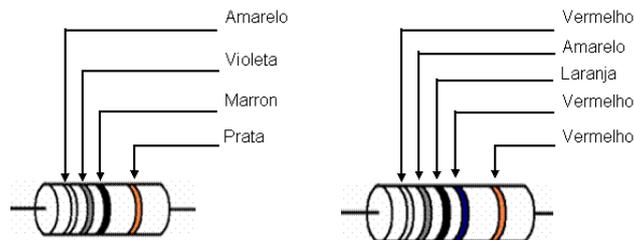


Figura 1.5: Um resistor de precisão (com cinco faixas).

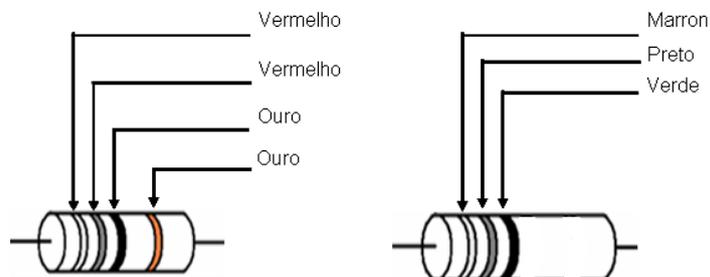
Então, $R = 102 \times 10^3 \Omega$ com tolerância de 2%, ou seja, $R = 102K\Omega \pm 2\%$.

1.4. PRÉ –LABORATÓRIO

1- Leia as resistências apresentadas nas figuras abaixo e determine seus valores:



Resistência 1: _____ Resistência 2: _____



Resistência 3: _____ Resistência 4: _____

1.5. PROCEDIMENTO

Cuidados ao medir resistência:

- a) Escolha um escala apropriada ao valor de R_x .
- b) Certifique-se que o resistor medido não está associado a nenhum outro resistor.

Escalas de resistência em um multímetro digital: 200, 2K, 20K, 200K, 2M, 20M.

- 1- Identifique e meça com o multímetro os resistores sobre a bancada. Determine os outros elementos necessários para o preenchimento da tabela abaixo. O erro percentual deve ser calculado em relação ao valor nominal. Comente os resultados obtidos.

R_x	Cores	R_{nominal}	R_{medido}	Escala	Tolerância	Erro (%)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						

- 2- Explique o que é a tolerância de um resistor.

PRÁTICA 2: LEI DE OHM (1º PARTE)

Nome		Matrícula	
Curso		Turma	
Professor		Data	

2.1 OBJETIVOS



- Verificar experimentalmente a lei de ohm;
- Montar circuitos para determinar a resistência elétrica utilizando-se dos valores de tensão e corrente.

2.2 MATERIAL

- Fonte de tensão ajustavel;
- Placa de circuito (*Proto Board*);
- Fios para ligações;
- Resistores: $1K\Omega$, $1,5K\Omega$;
- Multímetro (voltímetro, amperímetro e ohmímetro).

2.3 FUNDAMENTOS

LEI DE OHM

Uma das maneiras possíveis de se provocar o movimento de cargas dentro de um condutor é através da aplicação de um campo elétrico que gerará uma força elétrica sobre cada portador livre deste condutor. Usualmente, tal campo elétrico \vec{E} é obtido aplicando-se uma diferença de potencial V entre os extremos desse condutor. Nesta situação, uma corrente elétrica I pode ser gerada e sua intensidade dependerá única e exclusivamente das características do condutor em questão.

No estudo de circuitos elétricos de corrente contínua, a expressão algébrica $V = R.I$ (onde a tensão elétrica V é igual a resistência R vezes corrente elétrica I). Esta expressão é conhecida desde ensino médio quando foi, provavelmente, apresentada como a “Lei de Ohm”. Ela assim foi escrita pelo físico alemão George Simon Ohm a partir de experimentos sobre a corrente elétrica na matéria. Nós podemos descrever resistência elétrica como uma grandeza que é proporcional a tensão elétrica aplicada e inversamente proporcional a corrente elétrica, ou seja, a resistência elétrica de um material estar relacionada o quanto o material se opõe à passagem de corrente elétrica. No esquema da Figura 2.1 mostra que a resistência representa a tensão elétrica ente os dois pontos do condutor por unidade de corrente.

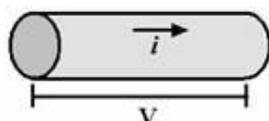


Figura 2.1.: Ilustração de resistores em um circuito elétrico.

Dentro da classe desses materiais, G. S. Ohm verificou que os metais e alguns outros materiais condutores apresentavam uma relação de proporcionalidade da tensão elétrica com a corrente elétrica. Essa constante de proporcionalidade é o que conhecemos como resistência elétrica. Além disso, Ohm verificou que a resistência dependia tanto da forma quanto do tipo do material. Nesse sentido, é possível encontrarmos diferentes valores para a resistência elétrica. Os resistores elétricos podem ser encontrados em dois tipos; os resistores ôhmicos e os resistores não-ôhmicos. O primeiro deles, a resistência será sempre uma constante de proporcionalidade como mostra a equação.

$$R = \frac{V}{I} \quad (2.1)$$

onde R é a resistência, V é a tensão e I é a corrente elétrica, já o segundo tipo a resistência é variável e não obedece a lei de Ohm.

Uma relação geral para determinarmos a resistência de um material é dada por

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (2.2)$$

ρ é a resistividade do material e depende apenas do material que é feito o condutor e temperatura, l é o comprimento deste condutor e A é área do condutor. No sistema de medidas MKS a unidade de resistência é dada em volt/Ampere = $\frac{V}{A}$, usualmente abreviada como ohms, simbolizada por uma letra grega maiúscula Ω .

Em circuitos elétricos os resistores são simbolizados pelas duas figuras abaixo.



Figura 2.2.: Ilustração de resistores em um circuito elétrico.

Se dois objetos, com mesmo tamanho e forma, produzidos com materiais ôhmicos diferentes, eles terão diferentes valores de resistências, nós podemos dizer que um material é mais resistivo que o outro, quando menos condutivo ele for. Materiais tais como os metais, são ditos bons condutores. E outros que são pobres condutores, por exemplo, a madeira e vidro, são classificados como isolantes (materiais com alta resistência elétrica).

$$V = RI;$$

Em que :

V (Volt) é a tensão aplicada;

I (Ampere) é a corrente aplicada;

R (Ohm) é a resistência elétrica (constante) do dispositivo.

Foi Ohm que partindo desses resultados experimentais, primeiro observou que:

“ a tensão aplicada entre os terminais de um condutor é diretamente proporcional à intensidade de corrente que o atravessa.”

É importante notar que a relação $V=R_x I$ simplesmente, não expressa a lei de ohm. É necessário, também, que R permaneça constante, ou seja, independente de V e I . Note também que esta relação é válida para dispositivos não ôhmicos, sendo que neste caso R não é constante. Portanto, para dispositivos ôhmicos, o gráfico V contra I é linear. Veja a figura 2.3.

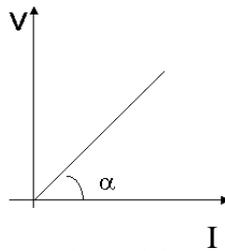


Figura 2.3.

Como podemos observar pelo gráfico apresentado na figura 2.3, $tg \alpha = \frac{\Delta V}{\Delta I}$, portanto $tg \alpha = R$.

2.4 PROCEDIMENTO

1.1 - Monte o circuito esquematizado na figura 2.4 e calcule a corrente nominal máxima através de R_x ($1K\Omega$) (considere a tensão máxima dada na tabela 2.1 abaixo). **Faça a medida usando o multímetro da resistência de R_x ($1K\Omega$)**

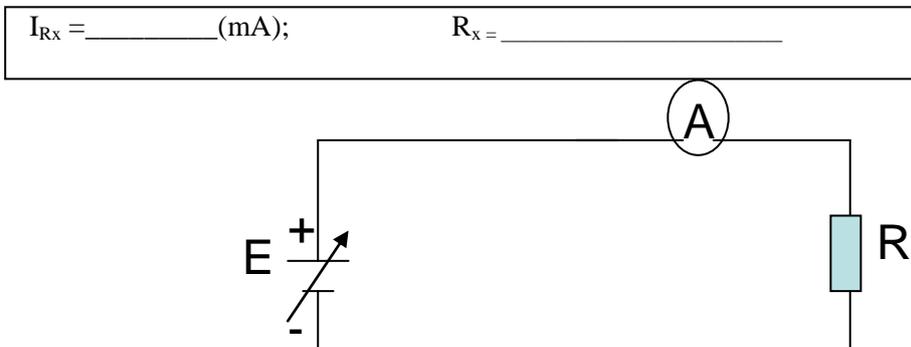


Figura 2.4.

Observe que esta montagem possui uma fonte de tensão variável entre 0 e E , portanto pode ser utilizada para se encontrar a característica V contra I de um resistor R .

CUIDADO: Preste atenção ao manusear o multímetro com as escalas e os cabos. Não toque no circuito, após ligar a fonte.

1.2 – Para $R_x = 1K\Omega$, ajuste os valores de tensão medindo no multímetro conforme a tabela 2.1 e encontre os valores correspondentes de corrente, indique qual a escala utilizada.



ATENÇÃO: Escolha a escala de corrente adequada baseada no valor nominal da corrente calculada no item (1.1) acima.

Tabela 2.1.

V(volt)	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5
I(A)										

Tabela 2.2.

V(volt)	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5
I(A)										

 **Obs:** Ao fazer as medidas, talvez você sinta necessidade de mudar a escala do **imperímetro**. Fique atento se, ao mudar a escala, há uma mudança significativa do valor da grandeza medida; neste caso você deverá escolher uma única escala que cubra todos os valores da tabela. Esta observação vale para a outra tabela dessa prática.

2.5 QUESTIONÁRIO

1 – A partir dos dados obtidos na tabela 2.1 e 2.2, utilize o papel milimetrado e obtenha graficamente o valor médio do resistor R_{x1} ($1\text{K}\Omega$ nominal) e R_{x2} ($1,5\text{K}\Omega$ nominal), correspondente à montagem do circuito apresentado na figura 2.4, verificando a linearidade do gráfico (lei de Ohm).

2 – No caso do gráfico apresentar linearidade calcule a resistência $R_x \pm \Delta R_x$ correspondente ao resistor medido.

3 – Vamos dizer que m é o coeficiente angular da reta obtida, compare o valor de m que vocês obtiveram com o valor nominal de R_x . Levando em conta o erro do coeficiente angular, e a tolerância nominal de R_x . O que se pode afirmar em relação aos dois?

PRÁTICA 3: LEI DE OHM (2^o PARTE)

Nome		Matrícula	
Curso		Turma	
Professora		Data	

3.1 OBJETIVOS

- Determinar a ligação entre a resistência elétrica e o comprimento de um condutor;
- Construir a curva característica, **R** versus **L**, de um resistor ôhmico de fio;
- Determinar a relação entre a resistência elétrica e a área da seção reta de um condutor;
- Construir a curva característica, **R** versus **A**, de um resistor ôhmico de fio;

3.2 MATERIAL

- Painel Dias Blanco, composto pelos seguintes resistores metálicos: **Resistor 1; Resistor 2; Resistor 3; Resistor 4; Resistor 5;**

- Fios para ligações;
- Multímetro;
- Micrômetro.

3.3 FUNDAMENTOS

LEI DE OHM

Uma das maneiras possíveis de se provocar o movimento de cargas dentro de um condutor é através da aplicação de um campo elétrico que gerará uma força elétrica sobre cada portador livre deste condutor. Usualmente, tal campo elétrico é obtido aplicando-se uma diferença de potencial V entre os extremos deste condutor. Nesta situação, uma corrente elétrica I pode ser gerada e sua intensidade dependerá única e exclusivamente das características do condutor em questão.

Este resultado constituiu-se em uma das mais antigas descobertas experimentais sobre a corrente elétrica na matéria e foi feita por George Simon Ohm, físico alemão do século XIX. Os resultados das suas pesquisas pode ser resumido nas leis de Ohm. A primeira delas é dada por:

$$I = \frac{V}{R} \quad (1)$$

onde R é a chamada resistência do condutor. Ohm também descobriu que R depende do material do qual é feito o condutor em questão e da geometria e com o material do condutor. Quando a temperatura do condutor permanece constante, R pode ser dado por:

$$R = \rho \frac{\ell}{A} \quad (2)$$

onde ℓ é o comprimento do condutor, A é área de sua seção transversal e ρ é a chamada resistividade e só depende da substância da qual é feita o condutor e da temperatura. A expressão (2) é também conhecida como Segunda Lei de Ohm.

Todo condutor cuja dependência funcional de V e I obedecer à equação (1) é dito ôhmico. No sistema MKS a unidade de resistência é o ohm, representado pela letra grega Ω . Assim, 1Ω é a resistência de um condutor que é atravessado por uma corrente de $1A$ quando uma diferença de potencial de $1V$ é aplicada aos seus terminais. Da equação (2), podemos obter que a unidade de ρ deve ser $\Omega.m$.

A resistividade ρ define uma propriedade dos materiais.

3.4 MONTAGEM

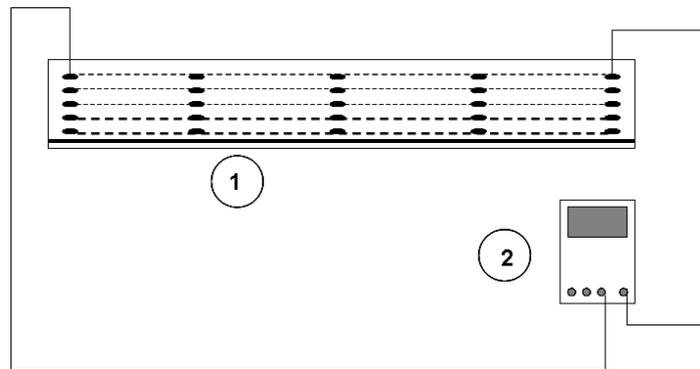


Figura 3.1.: Ilustração da montagem do experimento.

Ajuste o multímetro para funcionar como ohmímetro.

3.5 PROCEDIMENTO

- Dependência de R em relação ao comprimento.

1.1 - Adotando apenas um tipo material no qual é feito o fio resistivo, no caso o fio do **Resistor 1** (esticado), meça o valor da resistência R entre dois pontos do fio para diferentes valores de comprimento l e anote-os na tabela 3.1.

Tabela 3.1.: **Resistor 1**

R(Ω)					
L (cm)					

1.2 – De forma similar ao experimento anterior, meça os valores das resistências R entre dois pontos do fio para diferentes valores de comprimento l para os demais resistores metálicos (**Resistor 2**; **Resistor 3**; **Resistor 4**; **Resistor 5**) e preencha as tabelas 3.2, 3.3, 3.4 e 3.5.

Tabela 3.2.: **Resistor 2**

R(Ω)					
L (cm)					

Tabela 3.3.: **Resistor 3**

R(Ω)					
L (cm)					

Tabela 3.4.: **Resistor 4**

R(Ω)					
L (cm)					

Tabela 3.5.: **Resistor 5**

R(Ω)					
L (cm)					

- Dependência de R em relação a área da secção reta do condutor.

1.3 – Neste segundo momento você irá considerar os condutores metálicos, denominados: **Resistor 1; Resistor 2; Resistor 3; Resistor 4; Resistor 5**, compreendido entre os pontos A e E.

Agora vocês vão medir o valor da resistência de fios com diferentes diâmetros (ϕ_i) e mesmo comprimentos, anotando-os na Tabela 3.6. Não se esqueça de medir os diâmetros de cada fio, com o auxílio de micrometro.

Tabela 3.6

<i>Condutor resistivo utilizado (todos com 1m de comprimento)</i>	<i>Diâmetros (ϕ_i) (cm)</i>	<i>Resistência ôhmica R medida no trecho selecionado (em ohm)</i>
Resistor 1		
Resistor 2		
Resistor 3		
Resistor 4		
Resistor 5		

3.6 QUESTIONÁRIO

1 – Com os dados da **tabela 3.1**, faça o gráfico **R** versus **L** em papel milimetrado, e discuta a forma do gráfico obtido com base nas previsões teóricas. De forma similar faça esse gráfico de **R x L** com os dados obtidos na **tabela 3.2, 3.3, 3.4 e 3.5**.

2 - Que tipo de curva foi obtido nos gráficos acima? O que se pode concluir com as curvas encontradas?

3 – Com o valor medido do diâmetro de cada fio, determine a área de sua secção transversal. Determine o valor da resistividade ρ de cada fio.

4 – Com os dados obtidos na **tabela 3.6**, calcule a área da secção transversal dos fios medidos e faça o gráfico de $\left(R \times \frac{1}{\text{área}} \right)$ em papel milimetrado.

5 – Isole ρ , na igualdade da equação 2, e obtenha a expressão de definição da **resistividade**.

6 – Determine a unidade de ρ , no sistema internacional, utilizando a expressão de definição.

PRÁTICA 4: ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

Nome		Matrícula	
Curso		Turma	
Professora		Data	

4.1 OBJETIVOS

- Determinar experimentalmente qual a resistência equivalente de um circuito em série e paralelo;
- Estudar as correntes e diferenças de potencial em duas associações de resistores, uma em série e outra em paralelo.

4.2 MATERIAL

- Fonte de tensão;
- Placa de circuito (*Proto Board*);
- Fios para ligações;
- Resistores: $R_1 = 3,3K\Omega$, $R_2 = 4,7K\Omega$ e $R_3 = 1 K\Omega$;
- Multímetro (voltímetro, amperímetro e ohmímetro).

4.3 FUNDAMENTOS

Os elementos de circuito que aproveitam a propriedade dos condutores de exibir resistência são chamados de resistores. São, em geral, fabricados de carvão e possuem formato cilíndrico. O valor da resistência de um resistor é impresso no corpo do mesmo através do chamado código de cores.

Freqüentemente são usadas as chamadas associações de resistores, que consistem na ligação de dois ou mais resistores de determinadas maneiras.

De uma forma geral, podemos dividir as associações de resistores em 2 grupos: associações em série (figura 1.a) e em paralelo (figura 1.b).

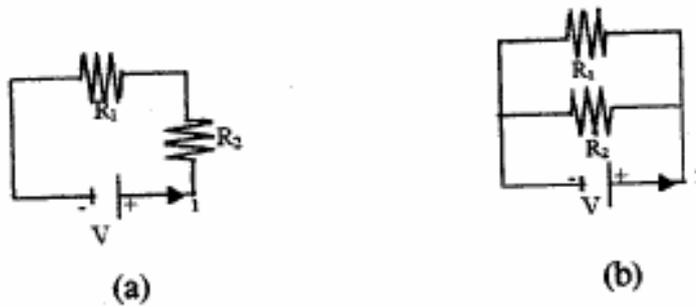


Figura 1. Associações de resistores: (a) em série; (b) em paralelo

Em ambos os casos, a corrente total i que percorre o circuito é sempre determinada pela chamada resistência equivalente R_e , que pode ser calculada por:

$$R_e = R_1 + R_2 \quad (\text{em série}) \quad , \quad \frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad (\text{em paralelo}) \quad (1)$$

No circuito em série, a soma das tensões V_1 com V_2 , medidas entre os terminais de R_1 e R_2 , respectivamente, deve ser igual à V aplicada.

$$V = V_1 + V_2 \quad (2)$$

Como a corrente I que passa por R_1 é a mesma que passa por R_2 , podemos escrever de acordo com a equação (1):

$$I = \frac{V_1}{R_1} = \frac{V_2}{R_2} \quad (3)$$

Para o caso do circuito em paralelo, a diferença de potencial entre os terminais dos dois resistores R_1 e R_2 é igual a V aplicada, e a corrente em cada um dos ramos do circuito é dada por:

$$I_1 = \frac{V}{R_1} \quad \text{e} \quad I_2 = \frac{V}{R_2} \quad (4)$$

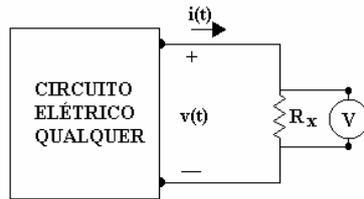
No entanto, a corrente total i deve ser dada por:

$$i = i_1 + i_2 \quad (5)$$

ATENÇÃO:

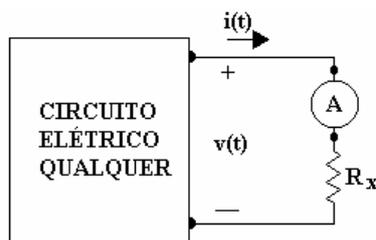
- Voltímetro

O voltímetro é conectado em paralelo com o elemento para o qual se pretende medir a tensão (veja Figura abaixo), devendo o circuito estar ativo no ato da medida.



- Amperímetro

Para se efetuar uma medida de corrente com um amperímetro convencional é necessário interromper o circuito para se intercalar o amperímetro, fazendo com que toda a corrente passe através do mesmo (veja Figura abaixo). Obviamente o circuito deve estar ativo no ato da medição.



4.4 MONTAGEM DO EXPERIMENTO

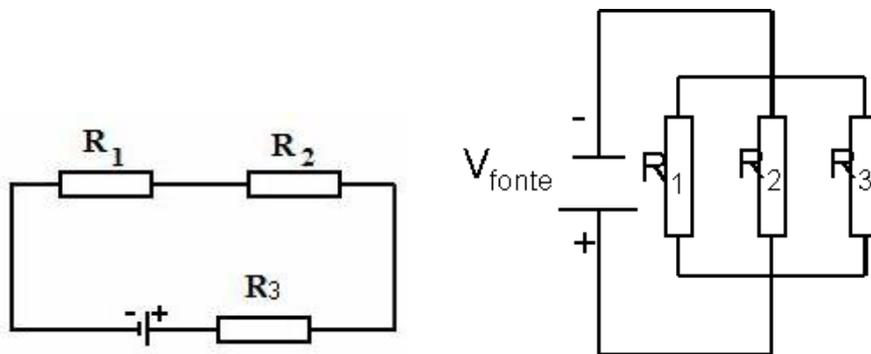


Figura 4.1.: Ilustração da montagem do experimento para associação em série e em paralelo.

4.5 PROCEDIMENTO

- ***1ª Circuito: Associação em série***
 - 1.1 Monte o circuito mostrado na figura 4.1 para a associação em série usando a placa para circuitos. Determine os valores nominais das resistências.
 - 1.2 Meça para um dado valor fixo de tensão (30V), a corrente total I , as correntes I_1 , I_2 e I_3 para cada um dos resistores e as diferenças de potencial V_1 , V_2 e V_3 entre os terminais de R_1 , R_2 e R_3 respectivamente. Anote os dados na primeira linha da tabela 4.1.

Tabela 4.1

	V(V)	I(A)	I ₁ (A)	I ₂ (A)	I ₃ (A)	V ₁ (V)	V ₂ (V)	V ₃ (V)
Em série								
Em paralelo								

- **2ª Circuito: Associação em paralelo**

1.3 – Monte agora o circuito em paralelo e meça as mesmas grandezas, preenchendo a segunda linha da tabela 4.1.

4.6 QUESTIONÁRIO

1 – Determine, para cada circuito montado, os valores de R_1 , R_2 , e R_3 , usando os dados da tabela 4.1. Compare os valores nominais e não se esqueçam das incertezas.

2 – Calcule a resistência equivalente para cada caso, ou seja, associação em série e em paralelo, usando os valores obtidos no item anterior e usando os valores nominais. Compare os dois resultados obtidos. Não esqueça as incertezas.

3 – Como supomos V fixo, para no caso das duas associações estudadas, verifique a validade das equações (2) a (5), apresentadas na introdução desse guia.

PRÁTICA 5: LEIS DE KIRCHHOFF

Nome		Matrícula	
Curso		Turma	
Professora		Data	

5.1 OBJETIVOS

- Verificar experimentalmente as leis de Kirchhoff.

5.2 MATERIAL

- Fonte de tensão;
- Fios para conexão;
- Placa de circuito (*Proto Board*);
- Resistores;
- Voltímetro amperímetro e ohmímetro.

6.3 FUNDAMENTOS

Um circuito elétrico, seja ele simples ou complexo, é constituído por elementos que geram e elementos que absorvem energia elétrica. Muitas vezes, devido a complexidade do circuito, não é tão simples o cálculo das tensões e correntes nos elementos do mesmo. Assim, é necessária a utilização das *Leis de Kirchhoff* para a simplificação desses cálculos.

DEFINIÇÃO DE MALHA, NÓ E RAMO

Um circuito elétrico é composto por malhas, nós e ramos, em que:

- malha é todo caminho fechado em um circuito constituído por elementos elétricos;
- nó é um ponto comum de interligação de três ou mais componentes;
- ramo é todo trecho compreendido entre dois nós consecutivos.

Tomando como exemplo o circuito apresentado na figura 5.1, note que o mesmo é constituído por três malhas, **abcdefa** (malha externa), **abefa** e **bcdeb** (malhas internas). O ponto **b** é um nó que interliga entre si os resistores R_1 , R_2 e R_3 . O nó **e**, por sua vez, interliga os resistores R_3 , R_5 e R_6 . Note também que o circuito da figura 4.1 possui três ramos, compreendido entre os nós **b** e **e**; o ramo a direita (composto pelos elementos R_2 , E_2 , R_4 e R_6); o ramo central (composto pelo elemento R_3); e o ramo à esquerda (composto pelos elementos R_1 , E_1 e R_5).

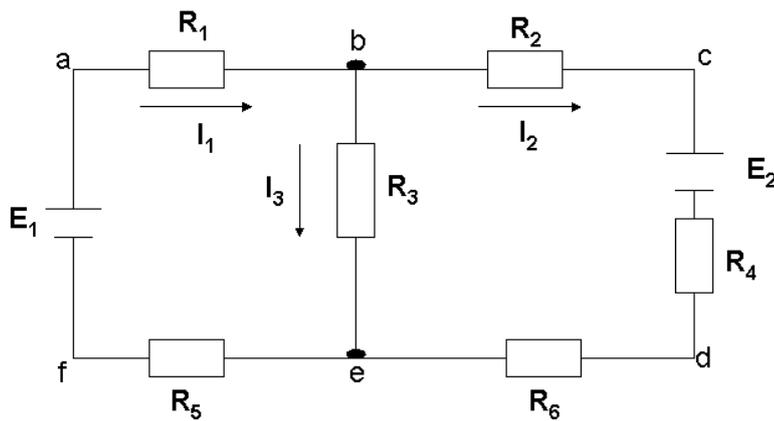


Figura 5.1

CONVENÇÃO DE SENTIDOS DE TENSÃO E CORRENTE

Para a aplicação da lei das malhas é preciso convencionar na malha escolhida um sentido de percurso. Escolhido o sentido de percurso é necessário convencionar uma forma de atribuir um sinal para as tensões na malha. Nós utilizaremos as seguintes convenções:

- i) A diferença de potencial nos extremos de um resistor será positiva se o sentido de percurso na malha coincidir com o sentido da corrente no resistor;
- ii) O sinal da tensão nos extremos de um gerador ou fonte de tensão será dada pelo sinal do polo atingido primeiro quando percorrermos a malha em questão na direção escolhida

LEIS DE KIRCHHOFF

A lei de Kirchhoff para a tensão (Lei das malhas) e a lei de Kirchhoff para correntes (Lei dos nós) são consequência dos princípios da conservação de energia e da carga elétrica respectivamente, sendo assim definidas:

*Lei das malhas: a soma algébrica das diferenças de potencial
ao longo de uma malha fechada é igual a zero, ou seja:*

$$\sum V_i = 0.$$

*Lei dos nós: a soma algébrica das correntes referentes a um nó
do circuito é igual a zero, ou seja:*

$$\sum I_i = 0.$$

Considere a malha **abefa** do circuito apresentado na figura 5.1. Para esta malha, partindo-se do ponto **a** e percorrendo-se a mesma no sentido horário, tem-se:

$$V_{R_1} + V_{R_3} + V_{R_5} - E_1 = 0,$$

Agora, considere o nó **b** do circuito apresentado na figura 5.1. Observando o sentido das correntes que chegam e saem deste nó, tem-se:

$$I_1 - I_2 - I_3 = 0.$$

5.4 PROCEDIMENTO

- 1.1** – Monte o circuito apresentado na figura 5.2 e determine com o multímetro, a diferença de potencial (d.d.p.) em cada elemento do circuito. Meça também as resistências. Use os valores obtidos para completar a tabela 5.1.

OBS: Os valores nominais das resistências são: $R_1=47\Omega$, $R_2=82\Omega$, $R_3=120\Omega$, $R_4=180\Omega$, $R_5=47\Omega$, $R_6=82\Omega$.

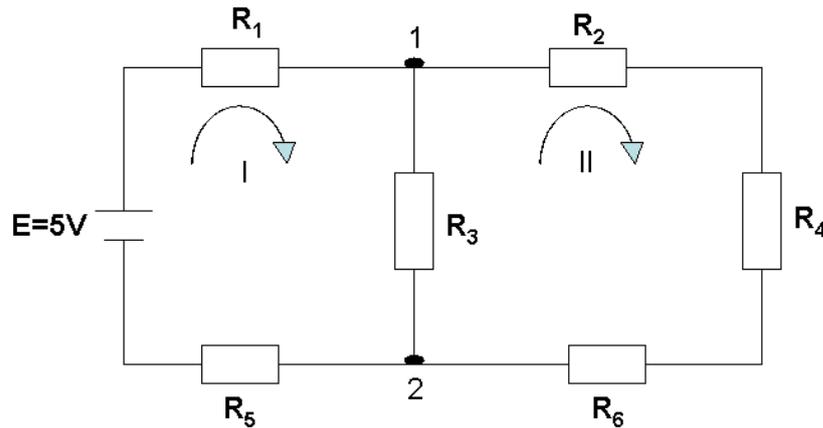


Figura 5.2.: Ilustração da montagem do experimento.

Tabela 5.1

d.d.p's	V (Volts)	Resistências	R_{MEDIDO}
E		-----	-----
V_1		R_1	
V_2		R_2	
V_3		R_3	
V_4		R_4	
V_5		R_5	
V_6		R_6	

- 1.2** Desenhe novamente o circuito da figura 5.2 atribuindo a cada elemento os valores de tensão e resistência medidos e os sinais convencionais (+) e (-) colocados corretamente de acordo com os resultados obtidos.

1.3 Meça a corrente em cada uma dos elementos do circuito usando o amperímetro e preencha a tabela 5.2.

	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6
$I(\text{mA})$						

1.3 Escreva a Lei das malhas para cada uma das malhas indicadas utilizando os valores numéricos obtidos.

Malha I:

Malha II:

Malha III (Externa):

1.4 Comente os resultados obtidos.

1.6 Desenhe novamente o circuito da figura 5.2 atribuindo os sentidos convencionais corretos para as correntes medidas.

1.7 Escreva a Lei dos nós para os nós 1 e 2 utilizando os valores numéricos obtidos.

Nó 1

Nó 2

1.8 Determine de acordo com os dados obtidos:

- A potencia fornecida pela fonte E:

$$P_E = \quad (\text{W})$$

- A potencia total dissipada nos resistores:

$$P_{R(TOTAL)} = \quad (\text{W})$$

PRÁTICA 6: CIRCUITO RC

Nome		Matrícula	
Curso		Turma	
Professora		Data	

6.1 OBJETIVOS

- Estudar o processo de carga e descarga de um capacitor;
- Determinar a constante de tempo capacitiva do circuito RC.

6.2 MATERIAL

- Fonte de tensão;
- Fios para conexão;
- Placa de circuito (*Proto Board*);
- Resistores;
- Multímetro digital;
- Capacitor;
- Cronômetro;
- Chave.

6.3 FUNDAMENTOS

Capacitores são dispositivos usados em circuitos elétricos que tem a capacidade de armazenar carga elétrica. Na sua forma mais simples, é formada por duas placas condutoras, separadas por um material isolante ou dielétrico, figura 6.1. Ligados às placas condutoras, estão os terminais para a conexão do capacitor com o circuito desejado.

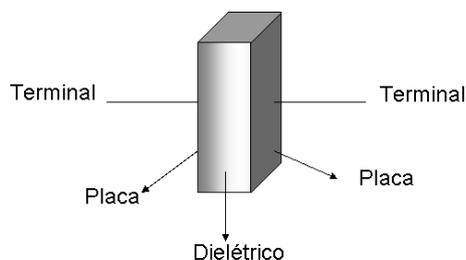


Figura 6.1.: Capacitor

Uma das características mais interessantes do capacitor, que possibilita inúmeras aplicações tecnológicas, sobretudo em eletrônica, é o seu tempo de carga e descarga. Capacitores são utilizados com o fim de eliminar sinais indesejados, oferecendo um caminho mais fácil pelo qual a energia associada a esses sinais espúrios pode ser escoada, impedindo-a de invadir o circuito protegido.

A propriedade de um capacitor armazenar mais ou menos carga por unidade de tensão é chamada de CAPACITÂNCIA, que pode ser escrita matematicamente como:

$$C = \frac{Q}{V}, \quad (1)$$

Onde C é a capacitância, q é a carga elétrica armazenada e V é a tensão.

A unidade de capacitância no SI é o coulomb/volt que recebeu o nome especial de farad (abreviado F). Para efeitos práticos o farad é uma unidade muito grande por isso é mais comum encontrarmos capacitores em faixas de valores submúltiplos do farad, tais como:

Micro farad: $1\mu\text{F} = 10^{-6}\text{F}$

Nano farad: $1\text{nF} = 10^{-9}\text{F}$

Pico Farad: $1\text{pF} = 10^{-12}\text{F}$

Além do valor da capacitância, é preciso especificar também o valor limite da tensão a ser aplicada entre os terminais de um capacitor. Como sabemos, todo dielétrico possui como característica uma rigidez dielétrica que é o valor máximo do campo elétrico que o material pode tolerar sem haver ruptura do poder isolante, assim, conforme o tipo de capacitor, haverá um valor máximo de tensão, chamado de tensão de isolamento, que não pode ser ultrapassado, sob pena de se danificar o capacitor.

O capacitor apresenta polaridade e deve ser conectado ao circuito respeitando as indicações impressas no corpo do componente (um sinal + ou - associado ou não a uma seta).

CIRCUITO RC

Vamos agora estudar o comportamento de um capacitor em um circuito simples como o mostrado na figura 6.2.

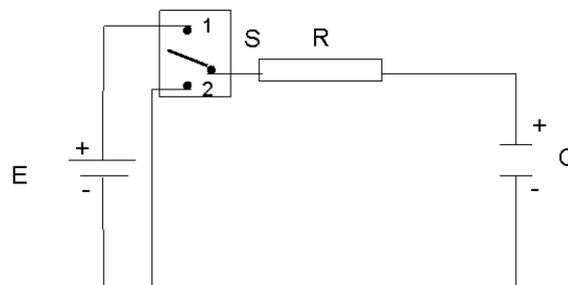


Figura 6.2.: Circuito RC

Quando a chave S estiver aberto, não haverá corrente no circuito e portanto, a tensão no resistor e no capacitor será nula.

Carga do capacitor

Estando o capacitor da figura 6.2, inicialmente descarregado, a chave S é então ligada, no instante $t=0$, na posição **1**; assim, o resistor é inicialmente submetido a uma diferença de potencial E, estabelecendo-se uma corrente inicial máxima igual a $I_0 = E/R$. O fluxo de carga através do resistor começa então a carregar o capacitor. A Presença de carga no capacitor cria, através do mesmo, uma diferença de potencial igual a (Q/C) , o que faz com que a diferença de potencial nos

extremos do resistor diminua desta mesma quantidade, uma vez que a soma das duas diferenças de potencial é sempre igual a E. Isto significa que a corrente é reduzida. Quando o capacitor estiver completamente carregado, a diferença de potencial sobre o resistor será zero e portanto a corrente também será zero.

Aplicando a lei das malhas para qualquer instante t , temos:

$$Ri + \frac{Q}{C} - E = 0 \quad \text{ou} \quad E = Ri + \frac{Q}{C} \quad (2)$$

Sendo E a d.d.p. da fonte de tensão, R a resistência do resistor, i a corrente elétrica que circula no circuito, Q a carga elétrica acumulada no capacitor, C a capacitância do capacitor, Q/C a tensão entre as placas do capacitor devido o acúmulo de carga, e $R.i$ a tensão no resistor. Considerando a definição de corrente elétrica,

$$i = \frac{dQ}{dt}, \quad (3)$$

a expressão (2) é reescrita como:

$$E = R \frac{dQ}{dt} + \frac{Q}{C} \Rightarrow \frac{dQ}{dt} + \frac{Q}{RC} - \frac{E}{R} = 0, \quad (4)$$

Esta é uma equação diferencial ordinária cuja solução nos fornecerá $Q=f(t)$. Do estudo das equações diferenciais pode ser mostrado que

$$Q = C \cdot E (1 - e^{-t/RC}), \quad (5)$$

Ou seja, a carga do capacitor varia com o tempo.

Reescrevendo a equação anterior e aplicando novamente a definição de capacitância, a diferença de potencial entre as placas do capacitor no processo de carga é escrita na forma:

$$V_c = \frac{Q}{C} = E(1 - e^{-t/RC}) \quad (6)$$

O aumento da tensão entre as placas do capacitor acompanha o aumento da carga elétrica.

onde:

V_c = tensão no capacitor

E = tensão da fonte

e = 2,718 (base exponencial)

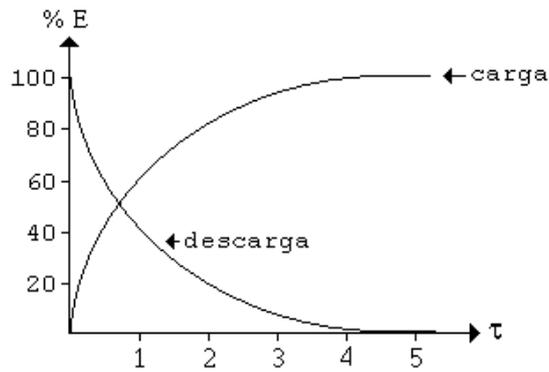
t = tempo durante o qual a corrente circula

A fórmula acima fornece a tensão no capacitor em um instante qualquer.

O produto RC, recebe o nome de **constante de tempo capacitiva**, normalmente representada pela letra grega τ (tau) e é igual ao tempo necessário para que a carga do capacitor cresça até uma fração $(1 - e^{-1})$, ou seja, 63 % do seu valor de equilíbrio. A unidade de medida é o segundo (SI).

A constante de tempo é a mesma para a carga e descarga de um capacitor, quando em série com um resistor.

O gráfico de carga e descarga é mostrado abaixo:



Descarga do capacitor

No caso em que a chave S é ligada na posição 2, após o capacitor estar completamente carregado, o circuito vai ser apenas a resistência e o capacitor, onde a partir deste instante, a carga elétrica Q acumulada nas placas do capacitor flui na forma de corrente elétrica i através do circuito, passando pelo resistor R , até a descarga completa do capacitor.

O circuito pode ser resolvido novamente com a aplicação da lei das malhas, de acordo com a equação (2), mas com o potencial externo $E=0$:

$$0 = +Ri + \frac{Q}{C} \quad (7)$$

Considerando novamente a definição de corrente elétrica,

$$i = \frac{dQ}{dt},$$

a expressão (7) é reescrita como:

$$\frac{dQ}{dt} R = -\frac{Q}{C} \Rightarrow \frac{dQ}{Q} = -\frac{1}{RC} dt$$

Integrando os dois lados da equação, temos:

$$\ln(Q) = \frac{-t}{R.C} + A$$

Sendo A uma constante. Outra forma da equação acima é obtida elevando os dois termos à argumento de uma exponencial:

$$Q(t) = B.e^{-t/RC}$$

Sendo, B outra constante. Considerando como condição de contorno, o fato de que em $t = 0$ o potencial entre as placas do capacitor é $V = E$ e que a carga inicial é Q_0 :

$$Q(0) = C \cdot E \Rightarrow B = C \cdot E \Rightarrow B = Q_0$$

Assim, a dependência da quantidade de carga acumulada nas placas do capacitor no processo de descarga é:

$$Q = C.E.e^{-t/RC} \quad (8)$$

Portanto:

$$V(t) = \frac{Q}{C} = E.e^{-t/RC} \quad (9)$$

$$i = \frac{dQ}{dt} = -\frac{E}{R}e^{-t/RC} \quad (10)$$

A constante de tempo capacitiva RC governa o processo de descarga bem como o processo de carga. No instante $t = RC$ a carga do capacitor está reduzida a (e^{-1}), equivalente a 37% de sua carga inicial.

6.4 PROCEDIMENTO

- 1.1 Ajuste a tensão da fonte para 10V com o multímetro.
- 1.2 Anote os valores nominais do resistor $R_N = \underline{\hspace{2cm}}$ e do capacitor $C_N = \underline{\hspace{2cm}}$ usados no circuito. Meça a resistência e anote, $R_M = \underline{\hspace{2cm}}$.
- 1.3 Monte o circuito da figura 6.2, com a chave S inicialmente aberta em 0.
- 1.4 Certifique-se de que o capacitor estar descarregado curtocircuitando seus terminais.
- 1.5 Acione o cronômetro e simultaneamente ligue a chave S em 1.
- 1.6 Anote os valores da tensão sobre o capacitor, V_c , em função do tempo de carga T, como indicado na tabela 1.

Tabela 1: Tensão V_c em função do tempo durante a carga do capacitor.

T(s)	0	5	10	15	20	25	30	35
V_c (V)	0							
T(s)	40	45	50	55	60	70	80	90
V_c (V)								

- 1.7 Espere até a tensão atingir 10V (ou quase).
- 1.8 Ligue a chave S em 2 e anote a tensão em função do tempo, durante a descarga do capacitor, como indicado na tabela 2.

Tabela 2: Tensão V_c em função do tempo durante a carga do capacitor.

T(s)	0	5	10	15	20	25	30	35
V_c (V)	10							
T(s)	40	45	50	55	60	70	80	90
V_c (V)								

6.5 – DISCUSSÃO

1ª Parte: Carga de um capacitor

- 1- construa o gráfico de V_C x t (sendo V_C dado por $V_C = \mathcal{E} - V_R$), em papel milimetrado.
- 2- Obtenha $\tau = RC$ do gráfico anterior, lembrando que quando $V_C = 0,63\mathcal{E}$, $t = \tau = RC$.
3. Calcule C e sua respectiva incerteza e compare com o valor nominal (impresso no capacitor).

2ª Parte: Descarga de um capacitor

- 1-Construa os gráficos da tensão do capacitor V_C em função de t , em papel milimetrado.
- 2-Obtenha $\tau = RC$ do gráfico anterior, lembrando que quando $V_c=0,37\mathcal{E}$, $t = \tau = RC$.

PRÁTICA 7: CARGA E DESCARGA DE CAPACITORES (Continuação da prática 6)

Nome		Matrícula	
Curso		Turma	
Professora		Data	

7.1 - Capacitores em série e em paralelo

A associação de capacitores em paralelo e em série é de certa forma análoga à ligação de resistores em série e em paralelo, porém as fórmulas de resistência equivalente são diferentes. Para os capacitores associados em paralelo, com capacitâncias C_1 e C_2 , a capacitância equivalente $C_{eq} = C_1 + C_2$. Já para capacitores associados em série, a capacitância equivalente é calculada pela fórmula $\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$. Os circuitos descritos pela figura 1 e pela figura 2 mostram a associação de capacitores em paralelo, e em série.

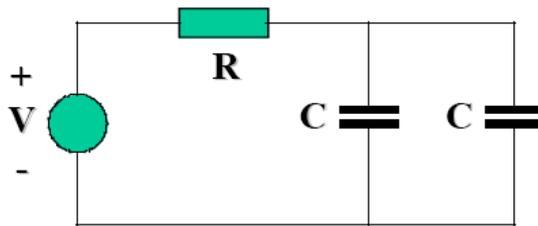


Figura 1 - Associação de capacitores em paralelo

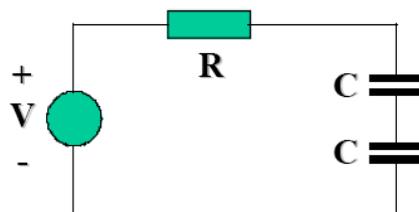


Figura 2 - Associação de capacitores em série

Na prática 6 foi montado um circuito RC (Figura 3) onde foi estudado o processo de carga e descarga de um capacitor.

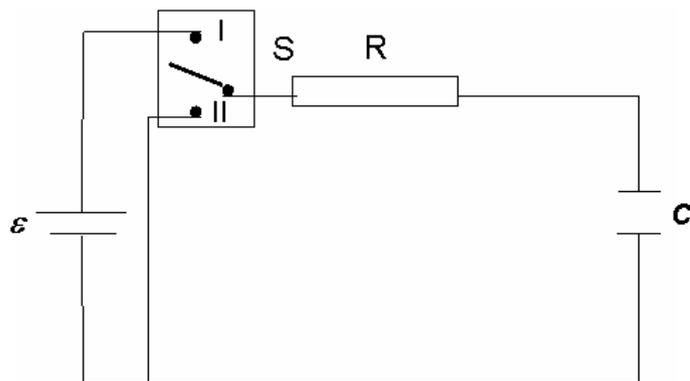


Figura 3 - Circuito RC para carga e descarga de um capacitor.

7.1 PROCEDIMENTO

- 1.1 Ajuste a tensão da fonte para 10V.
- 1.2 Anote os valores nominais do resistor $R_N = \underline{\hspace{2cm}}$ e do capacitor C_1 $\underline{\hspace{2cm}}$ e C_2 $\underline{\hspace{2cm}}$ usados no circuito. Meça a resistência e anote, $R_M = \underline{\hspace{2cm}}$.
- 1.3 Monte o circuito da figura 3 substituindo o capacitor por dois capacitores em paralelo, com a chave S inicialmente em II.
- 1.4 Certifique-se de que os capacitores estejam descarregados curtocircuitando seus terminais.
- 1.5 Acione o cronômetro e simultaneamente ligue a chave S em I.
- 1.6 Anote os valores da tensão sobre os capacitores, V_c , em função do tempo de carga t , como indicado na tabela 1.

Tabela 1: Tensão V_c em função do tempo durante a carga dos capacitores em paralelo.

$t(s)$	0	5	10	15	20	25	30	35
$V_c(V)$	0							
$t(s)$	40	45	50	55	60	70	80	90
$V_c(V)$								
$t(s)$	100	110	120	130	140	150	160	170
$V_c(V)$								

- 1.7 Espere até a tensão atingir 10V (ou quase).
- 1.8 Ligue a chave S em II e anote a tensão em função do tempo, durante a descarga dos capacitores, como indicado na tabela 2.

Tabela 2: Tensão V_c em função do tempo durante a descarga dos capacitores em paralelo.

$t(s)$	0	5	10	15	20	25	30	35
$V_c(V)$	10							
$t(s)$	40	45	50	55	60	70	80	90
$V_c(V)$								
$t(s)$	100	110	120	130	140	150	160	170
$V_c(V)$								

1.9 Monte o circuito da figura 3 substituindo o capacitor por dois capacitores em série, com a chave S inicialmente em **II**.

1.10 Certifique-se de que os capacitores estejam descarregados curtocircuitando seus terminais.

1.11 Acione o cronômetro e simultaneamente ligue a chave S em **I**.

1.12 Anote os valores da tensão sobre os capacitores, V_c , em função do tempo de carga t , como indicado na tabela 3.

Tabela 3: Tensão V_c em função do tempo durante a carga dos capacitores em série.

$t(s)$	0	5	10	15	20	25	30	35
$V_c(V)$	10							
$t(s)$	40	45	50	55	60	70	80	90
$V_c(V)$								
$t(s)$	100	110	120	130	140	150	160	170
$V_c(V)$								

1.13 Espere até a tensão atingir 10V (ou quase).

1.14 Ligue a chave S em **II** e anote a tensão em função do tempo, durante a descarga dos capacitores, como indicado na tabela 4.

Tabela4: Tensão V_c em função do tempo durante a descarga dos capacitores em série.

$t(s)$	0	5	10	15	20	25	30	35
$V_c(V)$	10							
$t(s)$	40	45	50	55	60	70	80	90
$V_c(V)$								
$t(s)$	100	110	120	130	140	150	160	170
$V_c(V)$								

7.2 – Discussão

1ª Parte: Carga dos capacitores.

- 1- construa o gráfico de V_C x t (sendo V_C dado por $V_C = \varepsilon - V_R$), em papel milimetrado, com os capacitores em paralelo e em série.
- 2- Obtenha $\tau = RC$ dos gráficos anteriores, lembrando que quando $V_C = 0,63\varepsilon$, $t = \tau = RC$.
3. Calcule C_{eq} e compare com o valor calculado (lembrando que a capacitância de cada capacitor esta impressa no corpo deste).
- 4- Compare a constante de tempo capacitiva do circuito da prática 6 (anterior) com circuitos da prática 6.

2ª Parte: Descarga dos capacitores.

- 1- construa o gráfico de V_C x t (sendo V_C dado por $V_C = \varepsilon - V_R$), em papel milimetrado, com os capacitores em paralelo e em série.
- 2- Obtenha $\tau = RC$ dos gráficos anteriores, lembrando que quando $V_c = 0,37\varepsilon$, $t = \tau = RC$.
- 3- Compare a constante de tempo capacitiva do circuito da prática 6 (anterior) com circuitos da prática 6.

PRÁTICA 8: CAMPO MAGNÉTICO

Nome		Matrícula	
Curso		Turma	
Professora		Data	

8.1 OBJETIVOS

- Pretende-se neste experimento medir a componente horizontal do campo magnético terrestre, utilizando uma montagem experimental conhecida por *bússola das tangentes*. O método é muito simples. Sobrepõe-se à componente horizontal do campo magnético terrestre, um campo magnético perpendicular, aplicado no plano horizontal e criado por uma espira. Nesta situação, a agulha de uma bússola colocada no centro das espiras alinha-se segundo o campo magnético resultante. Medindo a deflexão da agulha da direção Norte-Sul devida ao campo aplicado é possível determinar a componente horizontal do campo magnético terrestre.

8.2 MATERIAL

- Espiras condutoras;
- Fonte de tensão;
- Bússola;
- Régua.

8.3 FUNDAMENTOS

A própria terra é um grande ímã. Seu pólo norte geográfico está próximo do pólo sul magnético, sendo essa a razão pela qual o pólo norte da agulha de uma bússola aponta para o norte. O eixo de simetria do campo magnético da terra não é paralelo ao eixo geográfico (ou eixo de rotação), de modo que a direção indicada pela agulha da bússola é ligeiramente desviada da direção geográfica norte-sul. Esse desvio, que varia de um local para outro, denomina-se declinação magnética ou variação magnética. Além disso, o campo magnético não é horizontal na maior parte dos pontos da superfície terrestre; o ângulo para cima ou para baixo indica a inclinação magnética. Sobre os pólos magnéticos, o campo magnético é vertical.

A figura 1 mostra um esboço do campo magnético da terra. As curvas chamadas de linhas do campo magnético mostram a direção e o sentido indicados pelas agulhas das bússolas em cada ponto.

O magnetismo da terra

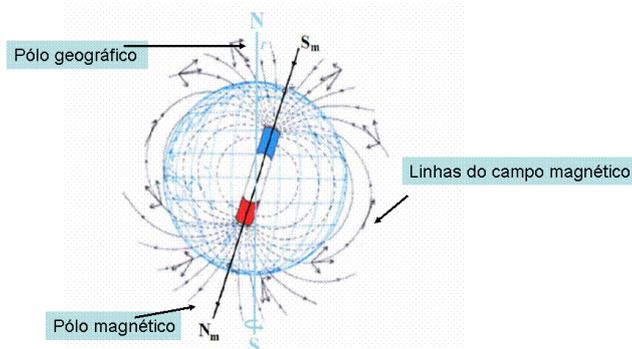


Figura 1: Esboço do campo magnético da terra. O campo, cuja origem imaginamos que seja devido a correntes existente no núcleo líquido da terra.

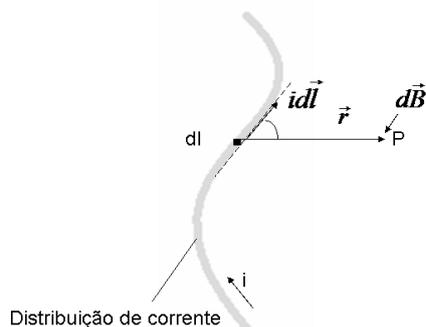
A primeira evidencia da relação entre o magnetismo e o movimento de cargas foi descoberto em 1819 pelo cientista dinamarquês Hans Christian Oersted. Ele verificou que a agulha de

uma bússola era desviada por um fio conduzindo uma corrente elétrica. Pesquisas semelhantes foram realizadas posteriormente por outros pesquisadores.

Aprendemos que uma carga cria um campo elétrico e que este exerce força sobre uma carga. Porém, um campo magnético exerce força sobre uma carga somente quando ela está em movimento.

Uma maneira de criar os campos magnéticos: São as partículas carregadas eletricamente em movimento, como por exemplo, uma corrente em um fio, cria campos magnéticos.

O campo magnético criado por um condutor (fio de forma arbitrária) transportando corrente elétrica pode ser determinado a partir da **lei de Biot – Savart**. Esta lei afirma que a contribuição de $d\vec{B}$ para o campo produzido por elemento de corrente – comprimento $id\vec{l}$ em um ponto P, a uma distância r do elemento de corrente, é



$$d\vec{B} = \frac{\mu_o}{4\pi} \frac{i \, d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3} \quad (1)$$

A equação (1) é conhecida como a lei de Biot-Savart. Podemos usar essa lei para determinar o campo magnético \vec{B} produzido em qualquer ponto do espaço por uma corrente que flui em um circuito completo. Para isso, é suficiente integrar a equação (1) em todos os segmentos $d\vec{l}$ que conduzem a corrente; simbolicamente,

$$\vec{B} = \frac{\mu_o}{4\pi} \int \frac{i \, d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3} \quad (2)$$

Sendo $\mu_o = 4\pi \times 10^{-7} T.m/A \approx 1,26 \times 10^{-6} T.m/A$, que é a *constante de permeabilidade*.

A unidade de campo magnético (B) no SI é um Tesla (1T):

$$1T = 1N.s/C.m = 1N/A.m$$

A unidade de campo magnético (B) no sistema cgs é o gauss (1G=10⁻⁴T).

Integrando essa equação (2) para uma espira circular com campo magnético sobre o seu eixo, que é o caso do nosso experimento, obtemos:

$$B = \frac{\mu_o Ni}{2a} \quad (3)$$

Sendo N o número de espiras e a o raio da espira.

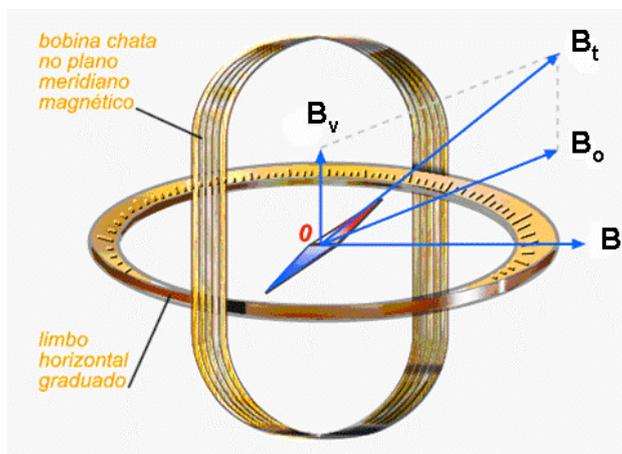
8.4 PROCEDIMENTO

Atenção como vocês vão trabalhar com corrente alta, tomem muito cuidado para não tocar na espira.

Tome muito cuidado ao manusear a bússola.

- 1.1 Determine o raio da espira com a régua.

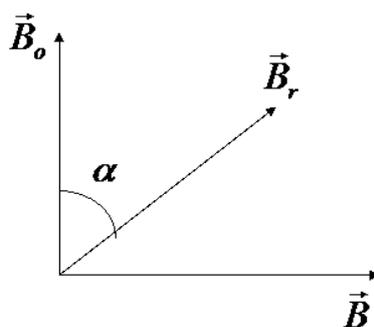
- 1.2 Segure a bússola no centro da espira do início do experimento até o fim, (procure não mover a bússola) de modo que o plano da bússola fique no eixo da espira, fazendo com que a linha Norte-Sul da bússola seja perpendicular ao seu eixo.



A bússola N-S é muito pequeno em relação à espira e é colocado no centro **O** dela. Quando não passa corrente pela espira, a bússola, suspensa por vocês, indica a direção do campo magnético terrestre \vec{B}_t . Quando passa a corrente i , ela produz um campo magnético \vec{B} perpendicular ao plano das espiras, e, portanto, horizontal.

O campo que atua na bússola, que era \vec{B}_t , agora é \vec{B}_r , soma de \vec{B}_t com \vec{B} .

O ímã da bússola gira então de um ângulo α , sob a influência de dois campos horizontais: o campo \vec{B} produzido pela corrente i , e a componente horizontal do campo magnético terrestre, \vec{B}_0 :



Os vetores no diagrama anterior são definidos como:

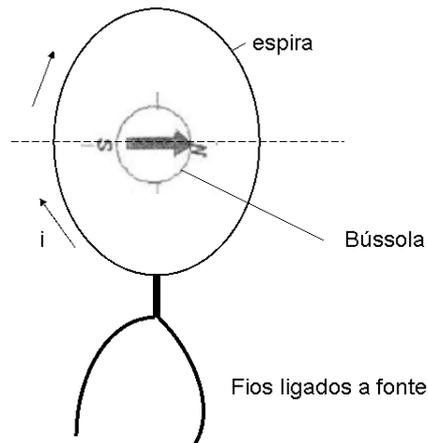
B – Campo magnético uniforme no centro de uma espira;

B_0 – Componente Horizontal do Campo Magnético da Terra.

B é conhecido (pode ser obtido na experiência), e o ângulo α pode ser medido. Logo, podemos fazer:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{B}{B_0}$$

Para determinar B_0 , basta fazer um gráfico do B em função de $\operatorname{tg} \alpha$, determinando a inclinação do gráfico.



- 1.3** Agora vocês vão submeter a espira a diferentes variações de corrente e observar diferentes deflexões no ângulo da bússola, anotando os valores na tabela 1.

Tabela 1: Corrente em função do ângulo.

Corrente (A)	Ângulo (graus)
0	0
0,5	
1,0	
1,5	
2,0	

- 1.4** Com os dados obtidos, calcule o campo magnético com suas incertezas a partir da equação (3).
- 1.5** Construa um gráfico dos campos em função das tangentes dos ângulos em papel milimetrado, não esqueça as incertezas. Qual a função desse gráfico?
- 1.6** Qual o valor do campo magnético em Itabaiana?