



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMIÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE ANGICOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

WESLEY BRENO SILVA LOPES

**ESTUDO DE RESISTORES ÔHMICOS E NÃO-ÔHMICOS COM USO DE
MATERIAIS DE BAIXO CUSTO.**

ANGICOS – RN

2020

WESLEY BRENO SILVA LOPES

ESTUDO DE RESISTORES ÔHMICOS E NÃO-ÔHMICOS COM USO DE
MATERIAIS DE BAIXO CUSTO.

Monografia apresentada a
Universidade Federal Rural do
Semiárido – UFERSA Campus
Angicos, como requisito para
obtenção do título de Bacharel em
Ciência e Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo de
Oliveira Gurgel Rebouças

ANGICOS – RN

2020

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

L864e Lopes, Wesley Breno Silva .
 ESTUDO DE RESISTORES ÔHMICOS E NÃO-ÔHMICOS COM
 USO DE MATERIAIS DE BAIXO CUSTO. / Wesley Breno
 Silva Lopes. - 2020.
 49 f. : il.

 Orientador: Prof. Dr. Gustavo de Oliveira
 Gurgel Rebouças.
 Monografia (graduação) - Universidade Federal
 Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
 Tecnologia, 2020.

 1. Eletricidade. 2. Componentes Elétricos e
 Materiais. 3. Leis de Ohm. I. Rebouças, Prof. Dr.
 Gustavo de Oliveira Gurgel, orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

WESLEY BRENO SILVA LOPES

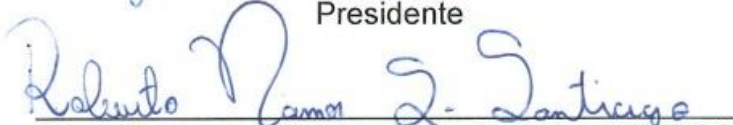
ESTUDO DE RESISTORES ÔHMICOS E NÃO-ÔHMICOS COM USO DE
MATERIAIS DE BAIXO CUSTO.

Monografia apresentada a
Universidade Federal Rural do
Semiárido – UFERSA Campus
Angicos, como requisito para
obtenção do título de Bacharel em
Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 29 / 01 / 2020

BANCA EXAMINADORA


Gustavo de Oliveira Gurgel Rebouças, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente


Roberto Namor Silva Santiago, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador


Francisco Edcarlos Alves Leite, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

Ao Senhor meu Deus, que até aqui
me sustentou, aos meus pais
Jonleney Lopes e Josilma Maria da
Silva Lopes, por toda forma de
incentivo.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, ao Senhor meu Deus pelo sustento, pela força e coragem que me concedeu em toda minha caminhada.

Aos meus Pais Joneleny Lopes e Josilma Maria da Silva Lopes, por todo amor e carinho para comigo, pelo incentivo e apoio em todos os momentos de minha vida.

Ao meu Tio José Evilázio Lopes, a quem eu tenho uma grande admiração. Por sempre acreditar no meu potencial e, pelo apoio e carinho.

A minha melhor amiga e namorada Bárbara Kelly Gomes Lopes, por estar sempre presente em todos os momentos, pelo estímulo e apoio durante essa longa trajetória.

Ao Professor Gustavo Rebouças, pela orientação, por todo apoio cedido e confiança no Projeto.

Aos Professores Roberto Namor e Edcarlos Leite, por aceitarem participar da banca examinadora.

Ao Técnico Alex Garcez, por todo auxílio prestado nos Laboratórios de Física 3, neste projeto.

A todos os professores, em especial Tony Kleverson, Jackney Luan, Cintia Raquel, Leonardo Xavier, Gustavo Rebouças, Edcarlos Leite, Roberto Namor, Nubia Alves, por cumprirem de forma exemplar suas funções e por todos os ensinamentos na graduação.

A Universidade Federal Rural do Semiárido, pelo espaço cedido do Laboratório de Física 3, para realização dos procedimentos experimentais deste trabalho.

“Não fui eu quem ordenou a você que seja forte e corajoso? Não tenha medo e não se sinta acovardado, porque Javé seu Deus vai estar com você por onde você andar.”

Josué 1:9.

RESUMO

A eletricidade destaca-se por ser conhecida como uma das áreas mais importantes no âmbito na física, onde se torna cada vez mais um dos segmentos que mais se faz necessário a pesquisa, pois devido as várias descobertas desde a antiguidade, podemos hoje compreender a maioria das tecnologias que usamos diariamente. Com isso é indispensável toda forma de conhecimento e análise que possam acrescentar valores ao devido segmento. Dessa forma o proposto trabalho tem como objetivo central, estabelecer um estudo sobre o comportamento de alguns componentes elétricos e materiais que lidamos no nosso dia a dia, tais como lâmpadas de filamento, LEDs que são comumente encontrados em diversos aparelhos eletrônicos, resistores comerciais, materiais condutores simples como fios de cobre e de aço, a fim de especificar suas características quando os aplicamos as Leis que estabeleceu o físico Georg Simon Ohm. Onde por meio de experimentos em laboratório obteve-se resultados experimentais e gráficos bastante semelhantes quando comparados com os valores teóricos que encontramos no meio acadêmico da física. Confirmando o comportamento ôhmico e seus limites, nos diversos componentes elétricos e em materiais;

Palavras-chave: Eletricidade. Componentes Elétricos e Materiais. Leis de Ohm.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resistividade de alguns materiais à temperatura ambiente (20 °C).	26
Tabela 2 - Corrente, tensão e resistência das lâmpadas incandescente.	39
Tabela 3 - Corrente, tensão e resistência dos LEDs vermelho, azul e verde. .	41
Tabela 4 - Corrente, tensão e resistência dos resistores de filme de carbono.	43
Tabela 5 - Valor de resistividade experimental e teórico do fio de cobre.	45
Tabela 6 - Valor de resistividade experimental e teórico do fio de aço inoxidável.	46

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Tensão em função da corrente elétrica das três lâmpadas incandescentes.	40
Gráfico 2 - Tensão em função da corrente elétrica dos LEDs vermelho, azul e verde.	42
Gráfico 3 - Tensão em função da corrente elétrica dos resistores de filme de carbono.	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Código de cores dos resistores.....	23
Figura 2 - Fonte de tensão utilizada nos experimentos.....	28
Figura 3 – Multímetro utilizado nas medições.	28
Figura 4 - Resistor de filme de carbono utilizado nas medições.....	29
Figura 5 - Lâmpadas incandescentes de filamento utilizadas nos experimentos.	30
Figura 6 - LEDs vermelho, azul e verde utilizados nos experimentos.	31
Figura 7 - Placa protoboard utilizada nos experimentos.....	31
Figura 8 - Fios condutores utilizados nos experimentos.....	33
Figura 9 - Paquímetro digital utilizado nas medições.	33
Figura 10 – Figura esquemática da montagem do circuito para a medição da tensão e da corrente. Neste caso o resistor será o fio, LED, os resistores comerciais ou lâmpada.	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ddp – Diferença de Potencial;

SI – Sistema Internacional de Unidades;

LED – Light Emitting Diode;

PPM/°C – Partes Por Milhão por Graus Celsius.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS.....	17
2.1	Objetivo Geral	17
2.2	Objetivo Específico.....	17
3	REFERENCIAL TEÓRICO	18
3.1	UM BREVE HISTÓRICO.....	18
3.2	Carga Elétrica	18
3.2.1	Condutores.....	19
3.2.2	Isolantes	19
3.2.3	Circuito Elétrico	19
3.2.4	Tensão Elétrica	20
3.2.5	Corrente Elétrica.....	20
3.2.6	Potência Elétrica.....	21
3.2.7	Resistência Elétrica.....	21
3.2.8	Resistores	22
3.2.9	Código de Cores dos Resistores	23
3.2.10	Primeira Lei de Ohm.....	24
3.2.11	Condutividade	24
3.2.12	Resistividade	25
3.2.13	Segunda Lei de Ohm.....	26
4	METODOLOGIA	27
4.1	MATERIAIS UTILIZADOS.....	27
4.1.1	Fonte de Tensão	27
4.1.2	Multímetro	28
4.1.3	Resistor	29
4.1.4	Lâmpada Incandescente de Filamento	29
4.1.5	LED	30
4.1.6	Placa Protoboard	31
4.1.7	Fio de Cobre e Aço Inoxidável.....	32
4.1.8	Fios Condutores	32
4.1.9	Paquímetro.....	33
4.1.10	Programa Computacional.....	34
4.2	PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	35

5	RESULTADO E DISCUSSÃO	39
5.1	PRIMEIRA LEI DE OHM	39
5.1.1	Experimento 1	39
5.1.2	Experimento 2	41
5.1.3	Experimento 3	43
5.2	SEGUNDA LEI DE OHM	44
5.2.1	Experimento 4	44
5.2.2	Experimento 5	45
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
7	REFERÊNCIAS	48

1 INTRODUÇÃO

A eletricidade sempre foi um meio bastante interessante e propício à pesquisa, pois como fruto destas hoje comungamos descobertas que revolucionaram todo comportamento humano.

E ao passar dos tempos as investigações se deu através de um crescimento exponencial, no que diz respeito, uma vastidão de descobertas que ocorreram com bastante frequência e em uma linha temporal demasiadamente rápida. Onde estas se fazem presente constantemente em nosso meio diário, tanto em aspectos simples como numa amplitude mais específica. Seja analisando a queda de uma caneta ao soltarmos ela, como também verificando as peculiaridades mais profundas da física.

A exemplo disso podemos citar os grandes nomes e suas descobertas, nessa colossal amplitude de conhecimento. Citamos Maxwell que conseguiu unir a eletricidade, o magnetismo e a óptica, contribuindo assim para os estudos relacionados ao eletromagnetismo. Ampère que por sua vez determinou o campo magnético e com isso simplificou de forma considerável os cálculos do mesmo. Podemos citar também as contribuições de Tesla, onde uma de suas descobertas se deu pela geração de corrente alternada através de oscilações de uma corrente elétrica cujo o seu sentido estabelece uma variação no tempo, transmitindo assim uma forma de energia mais eficiente.

Através desses exemplos como foi citado e levando em consideração os outros físicos que contribuíram ao segmento da física, com o vasto trabalho científico desenvolvido ao longo do tempo, podemos entender a grande importância que é a eletricidade em nossas vidas.

Ao imaginarmos esse vasto crescimento de observações com resultados comprovados de forma exemplar, visualizamos uma série de dispositivos eletrônicos que contribuem de forma plausível ao uso humano, tendo em vista a sua praticidade. De modo mais específico quando falamos em aparelhos eletrônicos (celular, TV, etc.) lembramos que todos possuem circuitos elétricos e nesses circuitos encontram-se componentes responsáveis por desempenhar o

funcionamento de maneira correta do aparelho, existindo em todos um componente comum chamado resistor.

Observando os aspectos de alguns tipos de resistores na sua forma estética, visualizamos uma série de cores descrita no mesmo, que tem por função determinar uma grandeza chamada resistência elétrica ou simplesmente resistência.

Sua descoberta se deu através de um fisco alemão chamado Georg Simon Ohm quando o mesmo, identificou que a razão entre um potencial elétrico (V) e uma corrente elétrica (I) em um determinado condutor resultara em uma barreira que impedia que a corrente passasse de modo descontrolada, e com isso o mesmo identificou algumas características sobre essa grandeza. No SI a unidade de resistência, dada em volt por ampère é denominada de ohm, cujo o símbolo usado é a letra grega ômega (Ω). (TIPLER, 2009).

Giroto e Santos (2011) citam que estudos voltados sobre este tema, também nos mostra outra propriedade que está relacionado a esse impedimento da corrente que passa de um determinado ponto a outro, chamada de resistividade elétrica essa que depende intrinsecamente das propriedades físicas do material analisado, onde suas aplicações resultam em comportamentos que diferem a partir da área e comprimento do mesmo. Assim podemos determinar algumas classificações dos condutores, no que condiz com as leis de Ohm.

Chamados de resistores lineares ou simplesmente resistores ôhmicos, estes que sobre condições ideais de temperatura constante, a sua resistência resultará em um comportamento constante, graficamente apresentará uma reta constante. Já os resistores de comportamento não lineares ou não-ôhmico, apresentam diferentes comportamentos, pois sob condições de variação de temperatura, ocorrerá uma variação na resistência do condutor.

Logo visamos compreender o comportamento da resistência elétrica de resistores ôhmicos e também os não-ôhmicos, que muitas vezes, o ultimo, não é abordado em livros textos. Bem como descrever o comportamento de LEDs, da corrente em relação identificando o gap de potencial.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O proposto trabalho tem por objetivo estudar os comportamentos ôhmico e não-ôhmico relacionados à resistores de filme de carbono, LEDs, lâmpadas de filamento incandescente, e alguns materiais como cobre e aço inoxidável.

2.2 Objetivo Específico

- Realizar medidas para aferir o comportamento do material sob condições de tensão e corrente.
- Descrever o comportamento gráfico dos resistores ôhmicos e não-ôhmicos.
- Analisar de forma qualitativa o comportamento dos resistores ôhmicos e não-ôhmicos.
- Classificar os materiais baseando-se na análise gráfica.
- Comparar valores teóricos à valores experimentais da resistividade dos materiais.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 UM BREVE HISTÓRICO

Alguns fenômenos sobre a eletricidade e o magnetismo são assuntos conhecidos desde o período da antiguidade, e as primeiras investigações sobre esse segmento são destinadas a Tales de Mileto (c. 625-558 a.C), onde o próprio identificou que uma espécie de resina das árvores coníferas denominada âmbar que significa elektron em grego, ao ser friccionado adquiria uma propriedade de atração em alguns objetos tais como penas e plumas. O mesmo identificou que um óxido de ferro chamado magnetita dispunha de uma propriedade de atração ou repulsão em alguns materiais. Citou o ferro como exemplo de material que possuía atração à magnetita. Por tais motivos o termo eletricidade e magnetismo refere-se respectivamente à elektron e magnetita. (CHAVES, 2012).

“A palavra magnetismo está associada ao fenômeno pelo qual um ente tem o poder de atrair e influenciar outro ente. Sua origem está ligada ao nome de uma cidade da região da Turquia, que era rica em minério de ferro, a magnésia” (RIBEIRO, 2000, p. 299).

No último terço do século XIX, a amplitude das descobertas relacionada a eletricidade e o magnetismo, ganharam uma junção no que diz respeito a uma ciência que estudaria as características elétricas e magnéticas de forma unificada. Denominando-se assim o eletromagnetismo, e acrescenta que a base de todo conhecimento, fundamentação sobre essa nova ciência se dá unicamente pela entidade da carga elétrica. (CHAVES, 2012).

3.2 Carga Elétrica

A carga elétrica é uma propriedade fundamental e característica das partículas elementares que constituem a matéria. (REITZ, 1982).

A carga elétrica se comporta de duas formas, que comumente chamamos de positiva ou negativa. Atribui-se a propriedade de atração quando se relacionam cargas com sinais opostos, e repulsão quando se relacionam cargas com o mesmo sinal. (NUSSENZVEIG, 1997).

3.2.1 Condutores

Os materiais condutores são os que apresentam uma facilidade de mover suas cargas negativas ou simplesmente os elétrons de forma livre por todo o material. Por consequência estes materiais quando submetidos a uma ddp apresentam uma baixa resistividade para com o fluxo de partículas elétricas através do seu volume. A exemplo de alguns materiais condutores, citamos o cobre, o alumínio, o ferro, a prata, entre outros materiais que existem com essa característica. (HALLIDAY, 2012).

3.2.2 Isolantes

Um material isolante também é um condutor, dependendo da ddp empregada naquele material, porém em sua maioria não possuem facilidade no deslocamento de elétrons no seu volume. As partículas apresentam somente um deslocamento no interior das moléculas. Consequente disso exibem baixa condutividade e alta resistividade. A exemplos desses materiais podemos citar a borracha, a madeira, o isopor, o plástico etc. (HALLIDAY, 2012).

3.2.3 Circuito Elétrico

Os circuitos elétricos basicamente estão presentes em todos os aparelhos eletrônicos do nosso meio diário, onde sua função é realizar tarefas estabelecida por um agente externo. Seja de forma simples como um circuito que é formado estritamente por três aparatos, que são fonte de tensão, fios condutores e uma lâmpada por exemplo, ou de forma mais complexa quando se envolve componentes mais específicos como em um circuito que possui resistores, capacitores entre outros elementos elétricos. (ALEXANDER, 2013).

Os circuitos elétricos podem ser caracterizados também por circuitos em série e circuitos em paralelo, onde a primeira característica para ser um circuito em série o mesmo deverá apresentar uma resistência que transcorre ao longo

dele, por uma mesma corrente. Já o circuito em paralelo, estabelecem uma resistência que se divide ao longo do mesmo e que sua resistência equivalente deverá ser igual a soma do inverso de todas as resistências presente no circuito. (LIMA JUNIOR, 2009).

3.2.4 Tensão Elétrica

A tensão elétrica ou diferença de potencial denota-se quando há uma diferença de cargas elétricas entre dois corpos, ou até mesmo entre em dois pontos qualquer do circuito. A tensão pode ser comparada de forma análoga a uma pressão que é estabelecida em algum determinado circuito, resultando em uma corrente elétrica no mesmo. Dessa forma a ddp é diretamente proporcional ao deslocamento de cargas. (AIUB, 2007).

3.2.5 Corrente Elétrica

A corrente elétrica denota-se por uma proporcionalidade do fluxo de cargas elétricas que transcorre por um determinado material, onde esse trajeto dependerá das propriedades de cada material e da diferença de potencial estabelecida nos pontos extremos do mesmo. Segundo o mesmo autor o sentido da corrente é exatamente ao qual as cargas positivas ou prótons fluem quando se apresentam livremente no material. (SERWAY, 2012).

Por mais que a corrente elétrica seja o deslocamento de partículas em um determinado material, o mesmo cita que nem todas as partículas que entram em movimento estará produzindo corrente, e de forma análoga o mesmo compara ao exemplo do fluxo de água em uma mangueira, onde o deslocamento de água no interior da mesma é zero, devido a compensação de partículas positivas com as negativas, anulando assim a corrente elétrica. Desse modo como a corrente elétrica define-se por uma passagem de elétrons em um determinado instante de tempo, sua unidade no SI é dada em coulomb (C) por segundo (s), ou simplesmente ampére (A). (HALLIDAY, 2012).

A corrente elétrica é representada pela letra (i) podendo ser obtida pela equação abaixo.

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1)$$

Onde dq representa a variação de cargas, e dt é a variação do tempo ao qual essas cargas percorrem o material.

3.2.6 Potência Elétrica

A potência elétrica ou comumente chamada somente de potência se dá pelas características que relaciona a atividade de produção de trabalho em um determinado instante de tempo. Sua unidade de medida no SI é o joule (J) por segundo (s), que determina o watt (W). (SILVA FILHO, 2007).

3.2.7 Resistência Elétrica

A resistência elétrica ou somente resistência, é a propriedade que se dá quando se aplica uma diferença de potencial entre dois pontos de um condutor, onde tal condutor exerce uma dificuldade de passagem nos elétrons livres. Geralmente os materiais que são bons condutores apresentam uma resistência baixa, permitindo assim que os elétrons livres se desloquem facilmente. A resistência é uma propriedade única de cada material e está totalmente relacionada na maioria dos aspectos do eletromagnetismo. (HALLIDAY, 2012).

A resistência denota-se por uma grandeza que é estabelecida por uma oposição à corrente elétrica cedida pelo condutor, onde essa oposição pode variar dependendo das propriedades do material que é submetido a uma ddp. (BORGES, 2006).

Tipler (2009) cita a resistência como a razão entre uma ddp que se estabelece no sentido de uma corrente elétrica e essa mesma corrente que segue por todo condutor.

$$R = \frac{V}{I} \quad (2)$$

Halliday (2012) destaca que no SI a unidade de resistência é dada em volt (V) por Ampére (A). Onde volt por ampére é descrito como ohm, representado pelo símbolo Ω .

$$1\Omega = 1 \frac{V}{A} \quad (3)$$

O descobridor dessa grandeza física determinou que a resistência presente em cada material pode apresentar algumas mudanças devido as condições em que é submetida. Por exemplo em casos de temperatura não constantes, a resistencia também apresentará um comportamento não constante. (ALEXANDER, 2013).

3.2.8 Resistores

Os resistores são dispositivos eletrônicos responsáveis por exercer uma resistência à corrente elétrica que passa por um determinado condutor e estes exercem um papel fundamental nos circuitos em que estão presentes. Além de destacar-se por transformar energia elétrica em energia térmica através de um fenômeno físico denominado efeito joule que ocorre devido a limitação de corrente no circuito. (HALLIDAY, 2012).

O efeito joule é um fenômeno que ocorre em vários equipamentos que casualmente temos contato diário, como o chuveiro elétrico, ferro elétrico, torneira elétrica, entre outros. (AIUB, 2007).

Os resistores, por exercerem funções primordiais nos circuitos elétricos, possuem uma vasta quantidade de modelos e características específicas em relação a sua resistência. Podemos citar os resistores de alta potência, resistores de filme de carbono, resistores de filme metálico, termistores, entre outros. Comumente o mais usado nos circuitos são os resistores de filme de carbono,

devido ao seu custo ser menos elevado do que os demais e devido o carbono ser bem eficiente quanto a resistência. Os resistores de filme metálico e resistores de filme de carbono apresentam em seu corpo uma sequência de cores no formato de tarjas em torno de si. Uma forma prática de determinar a resistência desses resistores é através do código de cores.

3.2.9 Código de Cores dos Resistores

As faixas que são descritas no corpo dos resistores consistem em uma sequência que determina a resistência dos mesmos. Podendo exibir de 3 a 4 faixas a serem lidas a partir da extremidade esquerda do resistor. Contando com mais uma faixa que representa a tolerância, esta que se apresenta mais afastada das demais faixas. A descrição das faixas é representada da seguinte forma: Se o resistor apresentar 3 faixas, as duas primeiras faixas descrevem um número no intervalo entre 1 e 99, e a terceira faixa representa a quantidade de zeros que complementarão o número anterior. A faixa da tolerância pode ser descrita por duas cores, que são: prateada que possui uma tolerância a 10% do valor obtido pelas outras faixas, e dourada a 5% do valor identificado anteriormente. (TIPLER, 2009).

Figura 1 - Código de cores dos resistores.

Cor	1ª Faixa	2ª Faixa	3ª Faixa	Multiplicador	Tolerância	Coef. de Temperatura
Preto	0	0	0	x 1 Ω	+/- 1%	
Marrom	1	1	1	x 10 Ω	+/- 2%	100 PPM/°C
Vermelho	2	2	2	x 100 Ω		50 PPM/°C
Laranja	3	3	3	x 1K Ω		15 PPM/°C
Amarelo	4	4	4	x 10K Ω	+/- .5%	25 PPM/°C
Verde	5	5	5	x 100K Ω	+/- .25%	
Azul	6	6	6	x 1M Ω	+/- .1%	10 PPM/°C
Violeta	7	7	7	x 10M Ω	+/- .05%	5 PPM/°C
Cinza	8	8	8			
Branco	9	9	9		+/- 5%	
Dourado				x .1 Ω	+/- 10%	
Prateado				x .01 Ω		

FONTE: Athos Electronics (2019).

Dessa forma podemos identificar a resistência baseando-se pelo código de cores, valendo salientar que existem resistores que são mais precisos e estes exibem uma configuração com 5 ou até mesmo a sexta faixa que representa o coeficiente de temperatura em $ppm/^{\circ}C$.

3.2.10 Primeira Lei de Ohm

O físico alemão identificou as propriedades de alguns materiais, no que diz respeito a passagem do fluxo de elétrons livres no volume dos mesmos, no entanto ele observou que para alguns materiais a resistência não dependia da queda de potencial e nem da corrente presente no mesmo, viu que a resistência na maioria dos materiais se permanecia constante na maioria de suas investigações. Assim definiu alguns conceitos para a devida lei de Ohm. (TIPLER, 2009).

Esse conceito teórico se dá primordialmente devido as relações de Densidade de corrente, o campo elétrico presente, e uma constante de proporcionalidade chamada de condutividade elétrica. Onde a relação linear entre a densidade de corrente e o campo elétrico, define o material como ôhmico. Porém os que não estabelecem essa relação linear são chamados de não-ôhmicos. Assim se define a primeira lei de Ohm.

$$\vec{J} = \sigma \vec{E} \quad (4)$$

Onde $\vec{J}$ é a Densidade de corrente, σ é a constante de proporcionalidade e $\vec{E}$ é o campo elétrico presente. (BAGNATO, 1994).

3.2.11 Condutividade

A condutividade é uma propriedade específica que varia de material para material, entendendo-se como a facilidade que um material permite à fluência de elétrons em seu volume. Os materiais metálicos apresentam uma alta

condutividade, valendo salientar que o efeito da temperatura pode alterar essa propriedade. A condutividade destaca-se também como o inverso da resistividade. Onde sigma é a constante de proporcionalidade, descrita como a condutividade.

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (5)$$

No SI, a unidade de condutividade é siemens (S) dada pelo o inverso ohm-metro $(\Omega \cdot m)^{-1}$. (BAGNATO, 2006, p.36).

3.2.12 Resistividade

A resistividade é uma propriedade que depende de cada material, que diz respeito à medida que um material exibe em se opor ao fluxo de elétrons. Com base na lei de Ohm essa grandeza se relaciona com as características de densidade de corrente e o campo elétrico presente, onde a razão se dá de forma diretamente proporcional e constante em alguns materiais. Entendendo isso, tem-se que a relação entre o módulo do campo elétrico e o módulo de densidade é dada por ρ ($r\hat{o}$).

$$\rho = \left| \frac{\vec{E}}{\vec{j}} \right| \quad (6)$$

No SI a unidade de resistividade é dada por ohm-metro $(\Omega \cdot m)$. Em outras palavras a resistividade pode variar a cada metro do material analisado. (YOUNG, 2009).

Tabela 1 - Resistividade de alguns materiais à temperatura ambiente (20 °C).

Substância		($10^{-8} \Omega.m$)	Substância	($\Omega.m$)
Condutores			Semicondutores	
Metais	Prata	1,62	Carbono puro (grafita)	$3,50 \times 10^{-5}$
	Cobre	1,69	Silício puro	$2,50 \times 10^3$
	Ouro	2,35	Isolantes	
	Alumínio	2,75		
	Tungstênio	5,25		
	Aço	20,00		
	Aço Inoxidável 304	6,89		
	Aço Inoxidável 347	7,18		
	Ferro	9,68		
	Platina	10,60		
	Manganina	4,82		
			Âmbar	$5,00 \times 10^{14}$
			Vidro	$10^{10} - 10^{14}$
			Lucita	$> 10^{13}$
			Enxofre	10^{15}
			Tetrafluoretileno	$> 10^{13}$
			Madeira	$10^8 - 10^{11}$

FONTE: Halliday (2012); Eddy Current Technology Incorporated (2013).

3.2.13 Segunda Lei de Ohm

Um fio condutor que apresenta um comprimento L terá uma resistencia diretamente proporcional ao tamanho desse comprimento, e inversamente proporcional a sua área de seção transversal A .

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (7)$$

Com essa relação, temos a resistência em função das propriedades físicas do material, que também é conhecida como segunda lei de Ohm. (TIPLER, 2009).

4 METODOLOGIA

A metodologia se deu em analisar o comportamento dos aparatos e aplica-lo à primeira lei de Ohm, para isso elaborou-se circuitos com placa protoboard, usando três lâmpadas incandescentes de filamento de 220 V e 12 V e potências de 1.5 W, 25 W e 60 W, três resistores de filme de carbono com resistências de 511 Ω , 680 Ω e 1 k Ω e três LEDs com cores diferentes sendo azul, vermelho e verde, o fio de cobre e o fio de aço inoxidável. Nota-se que foram selecionados uma quantidade de três de cada modelo, exceto os fios, a fim de estabelecer uma comparação apurada, e obter um bom resultado gráfico.

Todo o procedimento de montagem de circuitos, medições e análise, ou seja, o desenvolver experimental ocorreu no laboratório de eletricidade e magnetismo, da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), Campus Angicos.

4.1 MATERIAIS UTILIZADOS

4.1.1 Fonte de Tensão

A fonte de alimentação elétrica ou simplesmente fonte de tensão, em um circuito exibe a função de alimentar o circuito com tensão e corrente na forma contínua ao alternada. A fonte usada utilizada no experimento é apresentada na Figura 2, sendo uma Fonte de Alimentação Digital Nadal – CC de referência EQ030, de fabricante Cidepe. Os valores de tensão desta fonte variam de zero até 25 V e corrente máxima de 5,0 A, corrente contínua.

Figura 2 - Fonte de tensão utilizada nos experimentos.



FONTE: Autoria Própria (2019).

4.1.2 Multímetro

O multímetro é um aparato elétrico que exibe a função de medir os valores de tensão, corrente e resistência em um circuito elétrico, tanto de forma contínua, como também de forma alternada. No experimento usamos o multímetro da Figura 3. Para medir a tensão usa-se a função voltímetro, para a corrente usa-se o amperímetro e para a resistência usa-se a função ohmímetro. O mesmo possui modelos analógicos, estes que são um pouco limitados, porém atualmente usa-se os multímetros digitais, devido sua precisão e versatilidade. O multímetro digital usado no experimento foi o de modelo POL-76 de fabricante Politerm.

Figura 3 – Multímetro utilizado nas medições.

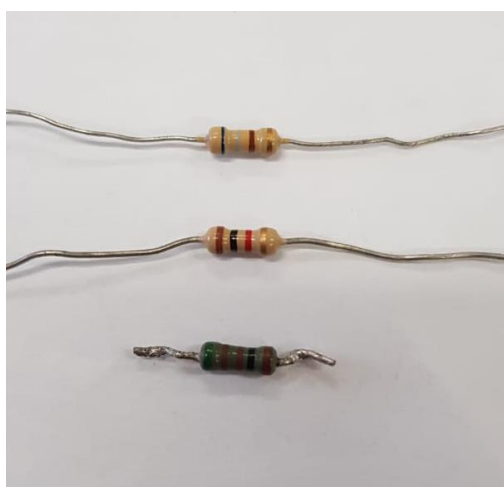


FONTE: Autoria Própria (2019).

4.1.3 Resistor

Os resistores utilizados no experimento se deram por três tipos de resistores e são apresentados na Figura 4, que diferiam simplesmente a sua capacidade de resistência, baseando-se pelo código de cores dos resistores. Utilizamos resistores de filme de carbono de $511\ \Omega$, $680\ \Omega$ e $1\ \text{k}\Omega$. Estes resistores comerciais apresentam comportamento ôhmico.

Figura 4 - Resistor de filme de carbono utilizado nas medições.



FONTE: Autoria Própria (2019).

4.1.4 Lâmpada Incandescente de Filamento

No contexto experimental usou-se lâmpadas de filamento apresentadas na Figura 5, com propósito de verificar o comportamento gráfico da tensão em função da corrente elétrica aplicada desse material. Com isso os modelos usados foram lâmpadas incandescentes de $220\ \text{V}$ e $12\ \text{V}$ com potências de $1.5\ \text{W}$, $25\ \text{W}$ e $60\ \text{W}$.

Figura 5 - Lâmpadas incandescentes de filamento utilizadas nos experimentos.



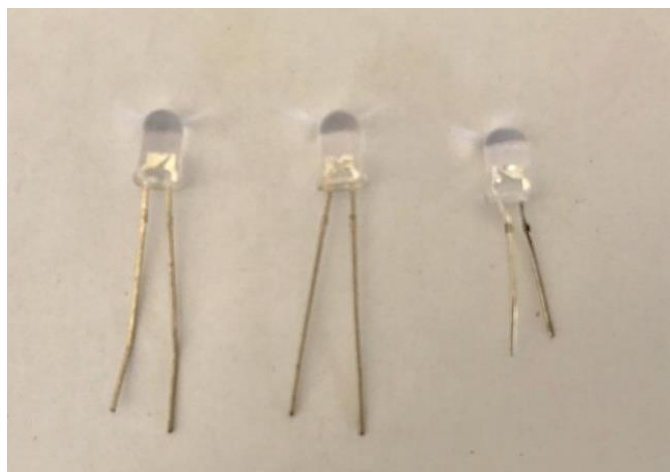
FONTE: Autoria Própria (2019).

4.1.5 LED

O LED em sua especificação principal, trata-se de um diodo emissor de luz. A palavra LED em inglês significa Light Emitting Diode, este elemento foi descoberto por um engenheiro chamado Nick Holonyak, no ano de 1963.

Os LEDs conseguem transformar energia elétrica em energia luminosa através de fenômeno físico chamado eletroluminescência. Em sua maioria são feitos com materiais semicondutores como o gálio, e conseguem diferenciar a cor que está sendo emitida através de uma dopagem nesse material que é imposto no seu interior. Os LEDs que foram utilizados no trabalho foram os de cor vermelho, azul e verde. A Figura 6 apresenta os LEDs usados nos experimentos.

Figura 6 - LEDs vermelho, azul e verde utilizados nos experimentos.

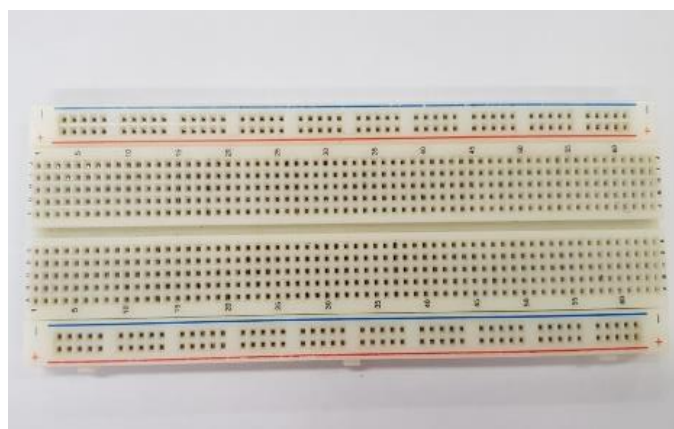


FONTE: Autoria Própria (2019).

4.1.6 Placa Protoboard

A Placa Protoboard, Figura 7, e tem a função de estabelecer uma conexão condutora através dos componentes que serão inseridos nela, vantajosa no que diz respeito a facilidade de montar os circuitos através dos furos que a mesma exhibe. Utilizamos no experimento uma placa protoboard de 840 contatos descrita na Figura 7.

Figura 7 - Placa protoboard utilizada nos experimentos.



FONTE: Autoria Própria (2019).

4.1.7 Fio de Cobre e Aço Inoxidável

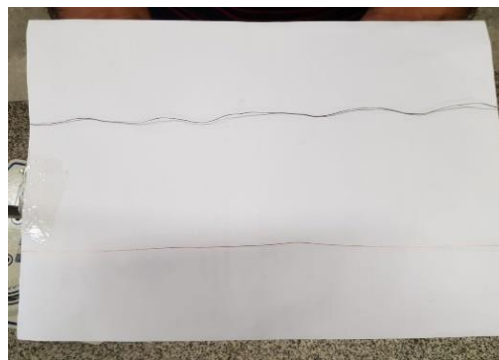
No trabalho realizou-se experimentos com alguns materiais, dentre eles estavam os fios de cobre e de aço inoxidável, onde possuíam características de área diferente e comprimentos iguais. O cobre e o aço utilizado ambos possuíam 1 m de comprimento. A área do cobre era de $5,31 \times 10^{-8} \text{ m}^2$, e a área do aço inoxidável era de $1,59 \times 10^{-7} \text{ m}^2$.

Figura 8 - Detalhe da medição do comprimento dos fios.



FONTE: Autoria Própria (2019).

Figura 9 - Fio de aço e cobre.



FONTE: Autoria Própria (2019).

4.1.8 Fios Condutores

Os fios condutores apresentam uma função primordial nos circuitos em que estão presentes, pois são responsáveis por propagar a corrente elétrica ao longo de todo o circuito. Utilizamos fios condutores do tipo ponteira ponta de prova, conectores banana-banana, e garras jacaré. As cores vermelho e preto são comumente usadas para identificar o polo positivo e o polo negativo.

Figura 8 - Fios condutores utilizados nos experimentos.



FONTE: Autoria Própria (2019).

4.1.9 Paquímetro

O paquímetro é um instrumento de medição utilizado para aferir pequenas dimensões do elemento mensurando, utilizado para medir externamente, internamente, em profundidade e ressaltos do mesmo, o paquímetro exibe um grau de precisão em centésimos de milímetros. O uso do paquímetro se dá na maior proporção na indústria mecânica, devido as peças apresentarem dimensões minúsculas que precisam se aferidas de forma milimétrica. No devido trabalho foi usado um paquímetro digital da marca King Tools.

Figura 9 - Paquímetro digital utilizado nas medições.



FONTE: Autoria Própria (2019).

4.1.10 Programa Computacional

Ao desenvolver dos nossos testes, uma longa gama de valores que iriam nos dar um norte quanto os comportamentos dos aparatos e dos materiais, porém precisariam ser inseridos em um programa computacional, que seria responsável por desenvolver os resultados que estávamos investigando. Onde o utilizou-se um programa de construção de gráficos, que teve como base os dados que foram inseridos nele.

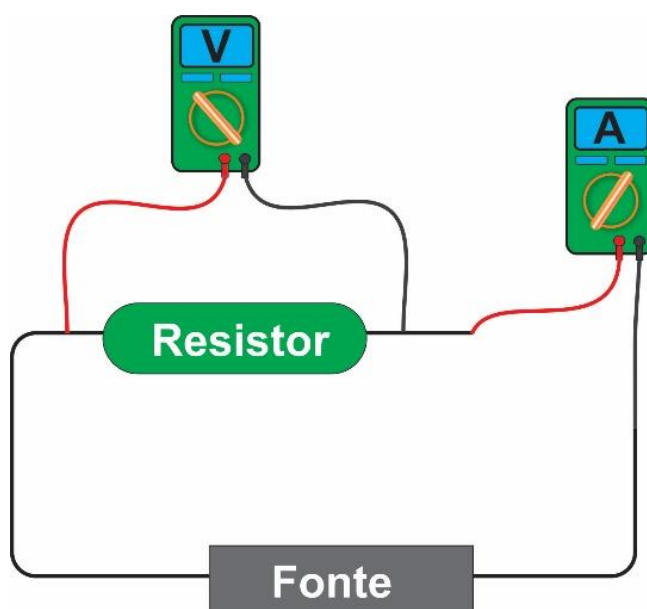
4.2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

A procedimento experimental do trabalho baseia-se em três etapas, sendo a primeira, a construção de circuitos em série onde usou-se aparatos elétricos como fonte de tensão, multímetro, placa protoboard, e fios condutores, inserindo ainda na montagem os resistores de filme de carbono, lâmpadas de filamento incandescente, e LEDs. Logo após inseriu-se alguns materiais como o fio de cobre e fio de aço inoxidável.

A segunda etapa seria colher os valores obtidos através dos experimentos que foram desenvolvidos no laboratório, e inserir em tabelas.

E tendo como terceira etapa, a partir dos dados obtidos, inserir os valores no programa computacional, a fim processar esses dados e gerar gráficos $V(i)$.

Figura 10 – Figura esquemática da montagem do circuito para a medição da tensão e da corrente. Neste caso o resistor será o fio, LED, os resistores comerciais ou lâmpada.



FONTE: Autoria Própria (2019).

A Figura 10 mostra de forma esquemática como se deu a montagem dos circuitos, neste caso o resistor será o fio, LED, os resistores de filme de carbono ou lâmpada. Vale salientar que a única diferença de circuito para circuito era o

componente a ser analisado. Os circuitos foram montados de forma separada, porém com o mesmo modelo quanto a sua estrutura de montagem.

Em seguida com cada circuito montado separadamente, inserimos a fonte de tensão, Figura 2, no mesmo, atrelada por meio dos fios condutores, Figura 8. Com a fonte ligada a uma tomada 220 V, iniciamos o processo de inserção de tensão no circuito. Para poder identificar os valores de corrente e ddp utilizamos o multímetro, como elemento de medição.

Para aferir a tensão inserimos o multímetro em série com o circuito, iniciando a medição a partir de 1 V dado pela fonte e aumentando a tensão da mesma em 0,5 V a cada medição. Fizemos 20 medições de corrente e tensão, para os LEDs, lâmpadas e resistores, e a cada ponto tínhamos um valor distinto apresentado no multímetro, assim o resultado final obteria uma precisão com a maior riqueza de detalhes, no que diz respeito aos comportamentos gráficos da tensão em função da corrente.

Após o aferimento da tensão, iniciamos o procedimento de medir a corrente, onde abrimos o circuito e inserimos o multímetro em paralelo com o mesmo, desta forma fizemos novamente 20 medições, iniciando a partir de 1 V cedido pela fonte, onde essa tensão era aumentada em 0,5 V a cada medição.

Em ambas as medições efetuamos esse procedimento por diversas vezes com cada componente descrito anteriormente, para que as informações obtidas fossem precisas, assim podendo verificar o comportamento ôhmico e não-ôhmico graficamente.

Ao finalizar o processo de medição, aplicamos os valores obtidos na relação da primeira lei de Ohm e obtivemos valores para tensão e corrente de cada componente, pudemos observar que os comportamentos diferem quanto aos aparatos analisados, no que diz respeito aos gráficos $V(i)$, que determinou com bastante precisão cada ponto medido. Com isso pudemos estabelecer as características de cada componente quanto a seu comportamento ôhmico e confirmar a total veracidade da primeira lei de Ohm.

Para o procedimento de análise e aplicação dos dados obtidos na segunda lei de Ohm, utilizamos dois tipos de materiais que apresentam características distintas, no que diz respeito ao valor teórico de sua resistividade.

Utilizamos um fio de cobre com 1 *m* de comprimento, com diâmetro $2,6 \times 10^{-4} \text{ m}$ e uma área de $5,31 \times 10^{-8} \text{ m}^2$. O segundo material usado em análise se deu por um fio de aço inoxidável de 1 *m* de comprimento, com diâmetro de $4,5 \times 10^{-4} \text{ m}$ e uma área de $1,59 \times 10^{-7} \text{ m}^2$.

Para ambos os materiais seguimos a mesma forma padrão na montagem do circuito, onde cada uma foi montado separadamente da seguinte forma: Em um tripé, fixou-se o fio de cobre, atrelando fios condutos as suas extremidades, junto com uma fonte de tensão ligada aos mesmos. Abrimos o circuito e inserimos o multímetro com a função de amperímetro em paralelo com o propósito de medir a corrente presente.

Com o fio de aço inoxidável a montagem do circuito se deu da mesma forma, o que mudou foi somente o material analisado.

Ao iniciar a aferição em ambos os materiais fizemos da forma, a variar o comprimento *L*, ou seja, selecionamos 5 pontos que variavam em 10 *cm* para o cobre e o aço inoxidável de um ponto ao outro a partir do comprimento total e aferimos a corrente que passava em cada variação de *L* do mesmo à uma tensão fixa de 2 *V* dada pela fonte.

A aplicação dos valores obtidos através das medições nas relações da segunda lei de Ohm, se deu por uma manipulação na equação da referida lei. Onde para descobrir a resistividade de ambos os materiais usamos a seguinte forma de cálculo.

$$\rho = \frac{\Delta R \cdot A}{\Delta L} \quad (7.1)$$

Onde o ΔR é a variação de resistência, *A* é a área de seção transversal do fio, e o ΔL , a variação de comprimento. (HALLIDAY, 2012).

O primeiro passo seria calcular a resistência usando os valores de corrente e tensão de um ponto para o outro obtidos na medição, em seguida

calcular a variação da resistência entre esses pontos, o segundo passo seria calcular a variação do comprimento L do fio de uma distância para a outra e a terceira etapa seria inserir os valores obtidos na manipulação da equação resistividade acima descrita.

Após toda manipulação de cálculos e análise gráfica conseguimos obter valores experimentais bem aproximados quando comparados aos valores teóricos que são tabelados de forma fixa dependendo do material.

5 RESULTADO E DISCUSSÃO

Com uma série de medições feitas nos materiais que foram estabelecidos neste trabalho, podemos elaborar uma classificação baseando-se pela comparação dos valores experimentais com os valores teóricos de cada componente elétrico e material. Inserindo nas aplicações das leis de Ohm, no que diz respeito ao cálculo de resistência e resistividade, obtivemos resultados com um grau de qualidade bastante apurado.

5.1 PRIMEIRA LEI DE OHM

5.1.1 Experimento 1

No referido experimento usamos três lâmpada, incandescente de filamento de 12 V e 220 V de tensão e 1,5 W, 25 W e 60 W de potência, Figura 5. Com isso inserindo os valores de tensão e corrente na equação da primeira lei de Ohm $R = \frac{V}{I}$ obtivemos os valores de resistência descritos nas tabelas abaixo.

Tabela 2 - Corrente, tensão e resistência das lâmpadas incandescente.

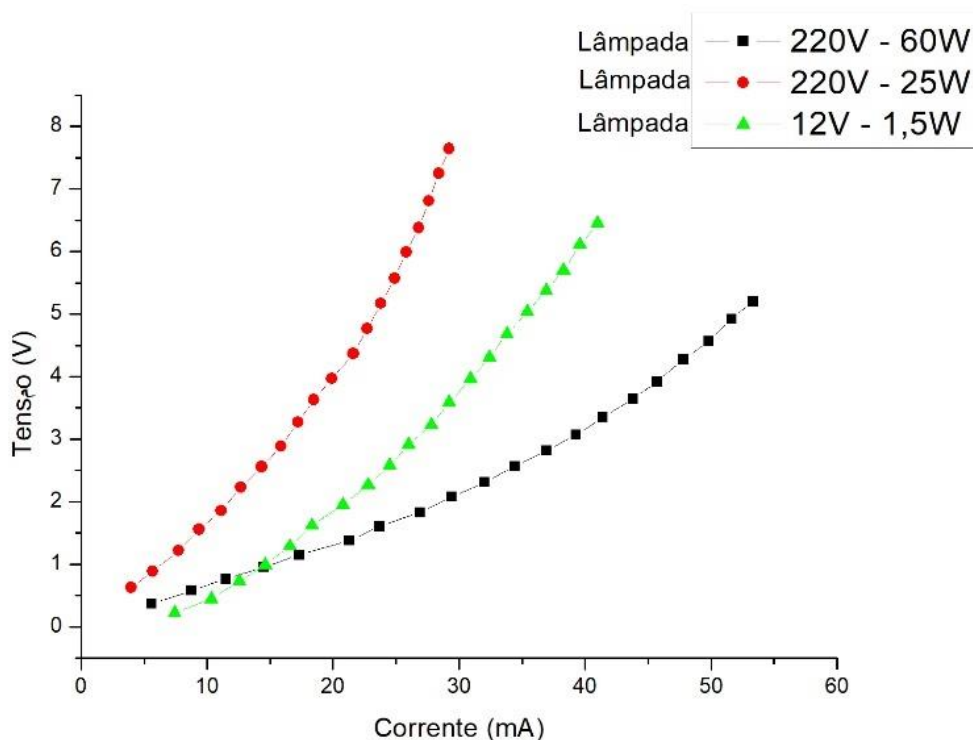
LÂMPADA 220V - 60W			LÂMPADA 220V - 25W			LÂMPADA 12V - 1,5W		
Corren. (A)	Tensão (V)	Resist. (Ω)	Corren. (A)	Tensão (V)	Resist. (Ω)	Corren. (A)	Tensão (V)	Resist. (Ω)
5,58	0,37	66,30	3,97	0,63	158,69	7,42	0,22	30,18
8,75	0,58	66,28	5,68	0,89	156,69	10,33	0,44	43,27
11,50	0,77	66,95	7,74	1,22	157,62	12,54	0,72	57,97
14,52	0,96	66,11	9,37	1,56	166,48	14,60	0,99	67,94
17,31	1,15	66,43	11,13	1,86	167,11	16,56	1,29	77,89
21,30	1,38	64,78	12,68	2,23	175,86	18,31	1,62	88,74
23,70	1,61	67,93	14,32	2,56	178,77	20,80	1,95	93,99
26,90	1,83	68,02	15,87	2,89	182,10	22,80	2,27	99,56
29,40	2,08	70,74	17,22	3,27	189,89	24,50	2,58	105,30
32,00	2,31	72,18	18,47	3,63	196,53	26,00	2,91	111,92
34,40	2,57	74,70	19,91	3,97	199,39	27,80	3,23	116,18
36,90	2,82	76,42	21,60	4,37	202,31	29,20	3,59	122,94
39,30	3,07	78,11	22,70	4,77	210,13	30,90	3,96	128,15
41,40	3,35	80,91	23,80	5,17	217,22	32,40	4,31	133,02
43,80	3,65	83,33	24,90	5,57	223,69	33,80	4,68	138,46
45,70	3,92	85,77	25,80	5,99	232,17	35,40	5,04	142,37

47,80	4,27	89,33	26,80	6,38	238,05	36,90	5,38	145,79
49,80	4,57	91,76	27,60	6,81	246,73	38,30	5,70	148,82
51,60	4,92	95,34	28,40	7,25	255,28	39,60	6,11	154,29
53,30	5,20	97,56	29,20	7,64	261,64	41,00	6,45	157,31

FONTE: Autoria Própria (2019)

Com base nos valores obtidos e com a ajuda do programa computacional, construímos os gráficos que auxilia a identificar o material como ôhmico ou não-ôhmico e observar o seu comportamento.

Gráfico 1 – Tensão em função da corrente elétrica das três lâmpadas incandescentes.



FONTE: Autoria Própria (2019).

O Gráfico 1 apresenta a tensão em função da corrente elétrica das três lâmpadas incandescentes, nota-se que os gráficos não são lineares, neste caso o valor da resistência vai aumentando ao longo do gráfico, ou seja, a mesma não

estabelece um comportamento constante. Portanto podemos classificar ambos aparatos como não-ôhmicos.

5.1.2 Experimento 2

No segundo experimento usamos LEDs de cores diferentes também a fim de calcular a resistência usando a equação da primeira lei de Ohm, e determinar se o mesmo apresenta, ou não comportamento ôhmico. Para isso novamente inserimos os valores de tensão e corrente na mesma, e conseguimos obter valores de resistência para cada LED, como descreve a tabela abaixo.

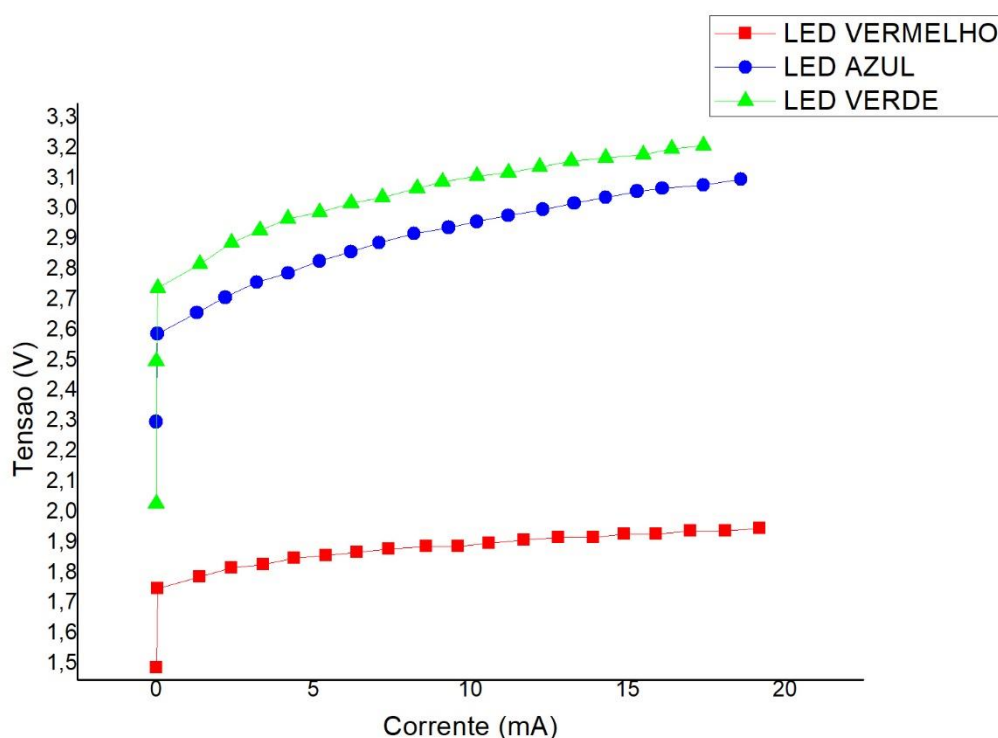
Tabela 3 - Corrente, tensão e resistência dos LEDs vermelho, azul e verde.

LED VERMELHO			LED AZUL			LED VERDE		
Corren. (A)	Tensão (V)	Resist. (Ω)	Corren. (A)	Tensão (V)	Resist. (Ω)	Corren. (A)	Tensão (V)	Resist. (Ω)
0	1,49	--	0	2,30	--	0	2,03	--
0,05	1,75	35,00	0,05	2,59	64,75	0	2,50	--
0,14	1,79	12,78	0,13	2,66	20,46	0,06	2,74	45,66
0,24	1,82	75,83	0,22	2,71	12,31	0,14	2,82	20,14
0,34	1,83	53,82	0,32	2,76	86,25	0,24	2,89	12,04
0,44	1,85	42,04	0,42	2,79	66,42	0,33	2,93	88,78
0,54	1,86	34,44	0,52	2,83	54,42	0,42	2,97	70,71
0,64	1,87	29,21	0,62	2,86	46,12	0,52	2,99	57,50
0,74	1,88	25,40	0,71	2,89	40,70	0,62	3,02	48,70
0,86	1,89	21,97	0,82	2,92	35,60	0,72	3,04	42,22
0,96	1,89	19,68	0,93	2,94	31,61	0,83	3,07	36,98
1,06	1,90	17,92	1,02	2,96	29,01	0,91	3,09	33,95
1,17	1,91	16,32	1,12	2,98	26,60	1,02	3,11	30,49
1,28	1,92	15,00	1,23	3,00	24,39	1,12	3,12	27,85
1,39	1,92	13,81	1,33	3,02	22,70	1,22	3,14	25,73
1,49	1,93	12,95	1,43	3,04	21,25	1,32	3,16	23,93
1,59	1,93	12,13	1,53	3,06	20,00	1,43	3,17	22,16
1,70	1,94	11,41	1,61	3,07	19,06	1,55	3,18	20,51
1,81	1,94	10,71	1,74	3,08	17,70	1,64	3,20	19,51
1,92	1,95	10,15	1,86	3,10	16,66	1,74	3,21	18,44

FONTE: Autoria Própria (2019).

No entanto ao inserirmos os valores novamente no programa computacional, o mesmo nos resultou em um gráfico, que nos ajudará a determinar a característica do material no que diz respeito a primeira lei de Ohm.

Gráfico 2 - Tensão em função da corrente elétrica dos LEDs vermelho, azul e verde.



FONTE: Autoria Própria (2019).

O Gráfico 2, apresenta três curvas que remete a um comportamento linear crescente, ou seja, os LEDs analisados, por não estabelecer uma variação considerável de temperatura, e por apresentarem uma resistência constante, obedecem aos conceitos da primeira lei de Ohm, com isso são considerados ôhmicos no regime linear. Nota-se no gráfico que há um salto no comportamento que cada LED apresenta, o mesmo corresponde a característica que cada um possui no que diz respeito a transição do elétron entre a banda de valência e banda de condução.

5.1.3 Experimento 3

No referido experimento, usou-se três resistores de filme de carbono de 511 Ω , 680 Ω e 1 k Ω , sabendo que ambos obedecem restritamente a lei de Ohm, estabelecemos este experimento a fim de comparar os valores experimentais de resistência com os valores teóricos já existentes em cada resistor. Os valores inseridos na equação de Ohm, estão descritos na tabela a seguir.

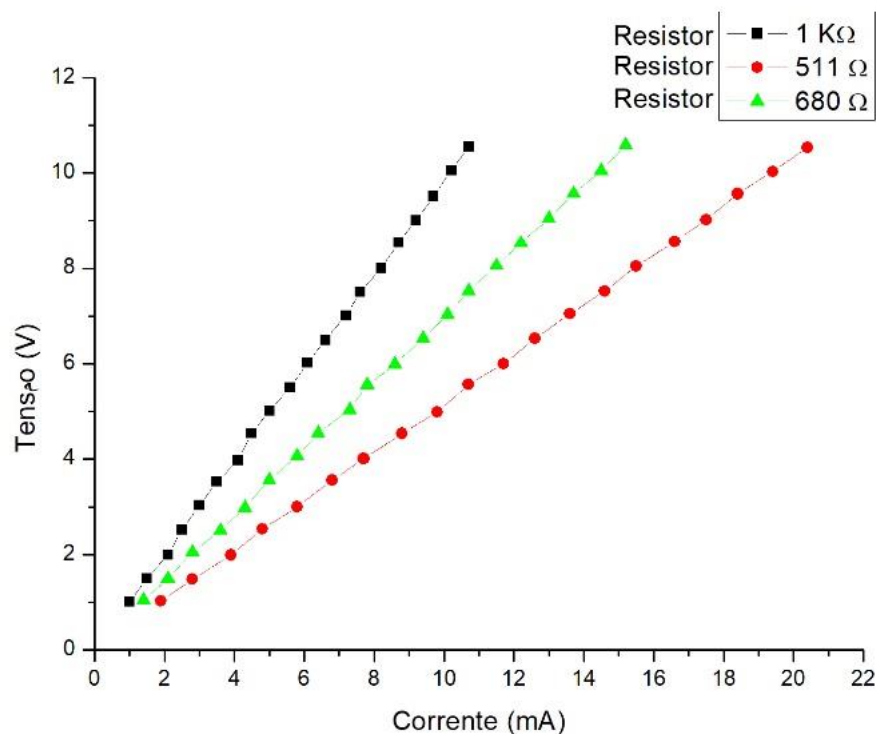
Tabela 4 - Corrente, tensão e resistência dos resistores de filme de carbono.

RESISTOR 1k Ω			RESISTOR 511 Ω			RESISTOR 680 Ω		
Corren. (A)	Tensão (V)	Resist. (Ω)	Corren. (A)	Tensão (V)	Resist. (Ω)	Corren. (A)	Tensão (V)	Resist. (Ω)
0,01	1,01	1010	0,19	1,03	542,1	0,14	1,05	750
0,15	1,50	1000	0,28	1,49	532,1	0,21	1,50	714,2
0,21	2,00	952,3	0,39	1,99	510,2	0,28	2,05	732,1
0,25	2,52	1008	0,48	2,54	529,1	0,36	2,51	697,2
0,30	3,03	1010	0,58	3,00	517,2	0,43	2,99	695,3
0,35	3,53	1008,5	0,68	3,56	523,5	0,50	3,57	714
0,41	3,98	970,7	0,77	4,01	520,7	0,58	4,07	701,7
0,45	4,55	1011,1	0,88	4,54	515,9	0,64	4,55	710,9
0,50	5,01	1002	0,98	4,99	509,1	0,73	5,04	690,4
0,56	5,50	982,1	1,07	5,57	520,5	0,78	5,56	712,8
0,61	6,03	988,5	1,17	6,00	512,8	0,86	5,99	696,5
0,66	6,50	984,8	1,26	6,53	518,2	0,94	6,53	694,6
0,72	7,01	973,6	1,36	7,05	518,3	1,01	7,03	696,0
0,76	7,51	988,1	1,46	7,52	515,0	1,07	7,53	703,7
0,82	8,01	976,8	1,55	8,05	519,3	1,15	8,06	700,8
0,87	8,54	981,6	1,66	8,56	515,6	1,22	8,53	699,1
0,92	9,00	978,2	1,75	9,02	515,4	1,30	9,05	696,1
0,97	9,51	980,4	1,84	9,56	519,5	1,37	9,57	698,5
1,02	10,06	986,2	1,94	10,03	517,0	1,45	10,05	693,1

FONTE: Autoria Própria (2019).

Dessa forma, inserindo os valores no programa computacional, o mesmo nos resultou em um gráfico que confirma de modo exemplar, os conceitos que Ohm, descreveu. No que diz respeito a resistência dos resistores.

Gráfico 3 - Tensão em função da corrente elétrica dos resistores de filme de carbono.



FONTE: Autoria Própria (2019).

Nota-se no gráfico retas constantes que caracterizam o comportamento linear de cada resistor. Obedecendo restritamente o conceito de resistores ôhmicos, de acordo com a teoria já citada.

5.2 SEGUNDA LEI DE OHM

5.2.1 Experimento 4

Nesse experimento propomos a análise de alguns materiais de forma, a calcular a resistividade elétrica que cada um possui, com intuito de comparar os valores experimentais obtidos com os valores teóricos já estabelecidos no meio bibliográfico. Dessa forma o primeiro material analisado foi o fio de cobre, com as características citadas anteriormente. Abaixo segue os valores obtidos nos experimentos e sua comparação com o valor teórico.

Tabela 5 - Valor de resistividade experimental e teórico do fio de cobre.

RESISTIVIDADE DO FIO DE COBRE	
VALOR EXPERIMENTAL ($\Omega \cdot m$)	VALOR TEÓRICO ($\Omega \cdot m$)
$1,80 \times 10^{-8}$	$1,69 \times 10^{-8}$
$1,87 \times 10^{-8}$	$1,69 \times 10^{-8}$
$1,38 \times 10^{-8}$	$1,69 \times 10^{-8}$
$3,62 \times 10^{-8}$	$1,69 \times 10^{-8}$
$1,23 \times 10^{-8}$	$1,69 \times 10^{-8}$
MÉDIA ($\Omega \cdot m$)	
$1,98 \times 10^{-8}$	

FONTE: Autoria Própria (2019).

Observando os valores obtidos no experimento, e comparando o valor teórico com a média dos valores experimentais, nota-se uma diferença muito pequena, que se enquadra na condição de 10% para $\pm$ de diferença. Valendo salientar que o conjunto de aparatos que foram submetidos aos testes são de fácil acesso e de baixo custo que podem ser encontrados em qualquer loja de equipamentos elétricos.

5.2.2 Experimento 5

Neste experimento, efetuou-se o mesmo procedimento que o anterior, no que diz respeito ao cálculo de resistividade do material e em seguida a comparação dos valores. Dessa vez sendo analisado o fio de aço inoxidável que também apresentou um valor mediano bem próximo do valor teórico já estabelecido. Chegando a menos de 1% de diferença em comparação. Estes valores estão descritos na tabela abaixo.

Tabela 6 - Valor de resistividade experimental e teórico do fio de aço inoxidável.

RESISTIVIDADE DO FIO DE AÇO INOXIDÁVEL	
VALOR EXPERIMENTAL ($\Omega \cdot m$)	VALOR TEÓRICO ($\Omega \cdot m$)
$7,79 \times 10^{-7}$	$6,90 \times 10^{-7}$
$6,20 \times 10^{-7}$	$6,90 \times 10^{-7}$
$6,90 \times 10^{-7}$	$6,90 \times 10^{-7}$
$6,90 \times 10^{-7}$	$6,90 \times 10^{-7}$
$5,72 \times 10^{-7}$	$6,90 \times 10^{-7}$
MÉDIA ($\Omega \cdot m$)	
$6,70 \times 10^{-7}$	

FONTE: Autoria Própria (2019).

Com a proximidade precisa entre os valores, podemos compreender que com simples materiais, conseguimos revisar valores bem exemplares no que diz respeito aos valores de resistividade já estabelecidos no meio acadêmico.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De modo a propor a análise de alguns componentes elétricos de fácil acesso e materiais comumente usados no dia a dia, este trabalho se faz importante no que diz respeito ao enriquecimento de informações sobre esses aparatos, através das Leis de Ohm. De forma prática usando equipamentos de laboratório simples, conseguiu-se realizar com exatidão uma comparação de valores já propostos no meio bibliográfico com os valores que conseguimos através das várias medições feitas, revisando os conceitos sobre as devidas Leis e provando que com simples aparatos pode-se estabelecer valores exemplares que agregam valores positivos ao ensino da física.

Com isso ao final do trabalho deixa-se como perspectivas futuras, uma expansão desta forma de aprendizagem experimental aos alunos tanto de escolas públicas como privadas, que comungam sobre o assunto de Leis de Ohm, como complementação do que já existe no meio acadêmico. Como também abordar uma nova análise com outros tantos materiais e aparatos que encontramos de forma fácil em lojas de componentes elétricos.

7 REFERÊNCIAS

AIUB, José Eduardo; FILONI, Enio. **Eletrônica**: eletricidade, corrente contínua. 15. ed. São Paulo: Érica, 2007.

ALEXANDER, Charles K; SADUKI, Matthew N.O. **Fundamentos de circuitos elétricos**. Tradução de José Lucimar do Nascimento. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.

ASSIS, André Koch Torres. **Os fundamentos experimentais e históricos da eletricidade**. 2010.

BAGNATO, Vanderlei S; RODRIGUES, Vinícius. Análogo mecânico para condutividade elétrica dos metais: efeito da temperatura. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 28, nº 1, p. 35 - 39, 2006.

BORGES, José Flávio Marcelino. Resistores não ôhmicos à base de água. **Cad. Brás. Ens. Fís.**, vol. 23, nº 2, agosto. 2006.

CHAVES, Alaor. **Física básica**: eletromagnetismo. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

CÓDIGO de cores de resistores. **ATHOS ELECTRONICS**. Disponível em: <<https://athoselectronics.com/codigo-de-cores-de-resistores/>> Acesso em 30 de nov. 2019.

CONDUTIVIDADE dos metais classificados por resistividade. **EDDY CURRENT TECHNOLOGY INCORPORATED**. Disponível em : <<http://eddy-current.com/conductivity-of-metals-sorted-by-resistivity/>>. Acesso em 24 de dez. 2019.

GIROTTTO, Emerson M; SANTOS, Ivair A. Medidas de resistividade elétrica DC em sólidos: como efetuá-las corretamente. **Quim Nova**, Vol. 25, nº 4, 639-647. 2002.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física**. Tradução de Ronaldo Sérgio de Biasi. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

LIMA JÚNIOR, Almir Wirth. **Eletricidade e Eletrônica Básica**. 3. ed. Rio de Janeiro, Alta Books, 2009.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de Física Básica**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1997.

O QUE é LED. **BRASIL ESCOLA**. Disponível em : <<https://brasilescola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-led.htm>>. Acesso em 16 de dez. 2019.

REITZ, John R; MILFORD, Frederick J; CHRISTY, Robert W. **Fundamentos de teoria eletromagnética**. Tradução de Renê Balduino Sander. Rio de Janeiro: Campus, 1982.

RIBEIRO, Giuliano Augustus Pavan. As Propriedades Magnéticas da Matéria: um primeiro contato. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 22, nº 3, setembro. 2000.

SERWAY, Raymond A; JEWETT JR, John W. **Física para cientistas e engenheiros**: eletricidade e magnetismo. Tradução de All Tasks. 8. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

SILVA FILHO, Matheus Teodoro da. **Fundamentos de eletricidade**. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

TIPLER, Paul Allen; MOSCA, Gene. **Física para cientistas e engenheiros**: eletricidade e magnetismo, óptica. Tradução de Naira Maria Balzaretto. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

YOUNG, Hugh D. **Física III**: eletromagnetismo. Tradução de Sonia Midori Yamamoto. São Paulo: Addison Wesley, 2009.