

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

LABORATÓRIO DE FÍSICA EM TIMOR-LESTE:

CRIAÇÃO DE UM CURRÍCULO EM ELETROMAGNETISMO

*Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de mestre em Física e
Química em Contexto Escolar.*



DONATUS DE FATIMA UDE

ORIENTADORA: PROFESSORA MARIA DE FÁTIMA GONÇALVES DA MOTA;

CO-ORIENTADOR: PROFESSOR MANUEL JOAQUIM BASTOS MARQUES

MESTRADO EM FÍSICA E QUÍMICA EM CONTEXTO ESCOLAR

FACULDADE DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DO PORTO

JULHO 2018

AGRADECIMENTOS

A Deus;

Ao pai Servasius Ude e à mãe Romana de Fatima, pelas motivações, acompanhamentos e as suas orações;

À minha esposa Catarina Oliveira Freitas e os meus filhos, pela motivação, acompanhamento e as suas orações;

À minha família alargada, pelas motivação e acompanhamentos e as suas orações;

Professora e professor, Maria de Fátima Gonçalves Mota e Manuel Joaquim Bastos Marques, pela orientação da dissertação;

Diretora do Curso Física e Química em Contexto Escolar;

Aos Professores/as no Departamento do Ensino de Física da Faculdade de Educação, Artes e Humanidade da Universidade Nacional Timor Lorosa'e, pelo espaço e colaboração para fazer a pesquisa durante três meses;

Aos Professores/as no mestrado em Física e Química em Contexto Escolar, pelos ensinamentos e motivação;

Aos estudantes do Departamento do Ensino da Física, pelos envolvimento fazer a pesquisa;

Aos técnicos Pedro Cruz e Fernando Silva das oficinas do Departamento de Física e Astronomia pelo apoio na construção de alguns equipamentos;

Aos Serviços da Faculdade de Ciência, pelas ajudas;

Aos colegas, pelas motivações;

Ao Governo de Portugal, através de Instituto Camões, pela cooperação e por dar bolsas para estudantes Timorenses.

Resumo

Este trabalho sobre o Laboratório de Física em Timor-Leste tem como objetivo a criação de um curriculum experimental em Eletromagnetismo.

O trabalho desenvolveu-se em três fases e em dois locais: no Departamento de Física e Astronomia da universidade do Porto - entre setembro e dezembro de 2017 e nos meses de maio, junho e julho, - e no Departamento de Ensino da Física na universidade de Díli – de fevereiro a abril.

Foram criados 4 trabalhos experimentais na área de Eletromagnetismo. As experiências desenvolvidas são facilmente reproduzíveis e permitem a obtenção de resultados em bom acordo com a teoria.

Os estudantes timorenses mostraram grande entusiasmo na execução das experiências, mas revelaram algumas dificuldades com a compreensão dos protocolos e discordaram nalguns casos do tempo previsto para as execuções. A maior dificuldade apontada pelos alunos aprendia-se no entanto com a utilização do osciloscópio e a montagem de circuitos.

A partir das respostas aos inquéritos podemos concluir que os estudantes pensam que as práticas de laboratório melhoraram a sua compreensão dos assuntos ensinados nas aulas teóricas.

Palavras chave: Eletromagnetismo, Física, Trabalho laboratorial, Timor.

Abstract

This work about the Laboratory of Physics in East Timor aims to create an experimental curriculum in Electromagnetism.

The work was developed in three phases and in two places: in the Department of Physics and Astronomy of the University of Porto - between September and December 2017 and in the months of May, June and July, - and in the Department of Physics Teaching at the University from Dili - from February to April.

Four experimental works were created in Electromagnetism. The developed experiments are easily reproducible and allow the results to be obtained in accordance with the theory.

The Timorese students showed great enthusiasm in the execution of the experiments but revealed some difficulties with understanding the protocols and disagreed in some cases with the expected time for the executions. The greatest difficulty pointed out by the students was, however, the use of the oscilloscope and the assembly of circuits.

From the answers to the surveys we can conclude that the students think that the laboratory practices improved their understanding of the subjects taught in the theoretical classes.

Key words: Electromagnetism, Physics, Laboratory work, Timor.

Rezumu

Traballu ne'e kona ba laboratóriu Fízika iha Timor Leste ho objetivu atu kria kurikulu experimental iha eletromagnetismu.

Traballu ne'e envolve liu husi faze tolu (3) no iha fatin rua: iha Departamento de Física e Astronomia husi Universidade do Porto komesa hahu husi fulan setembru to'o fulan dezembru tinan 2017 no iha fulan maiu, juñu no jullu, no iha departamento ensinu Fízika iha Universidade Nacional Timor Lorosa'e iha Díli husi fulan febreiru to'o fulan abril. Halao tian ona traballu ha'at (4) iha área eletromagnetismu.

Esperiencia sira ne'e dezenvolve ho diak, reprudutivu no permiti atu hetan rezultadu ne'ebé mak iha relevansia ho teoria mak iha.

Estudante Timor oan sira hatudu duni antuziasmu hodi halao ezelesaun iha experiencia sira ne'e, maibé hetan mos difikuldade balun iha aktu kompreasaun husi protokolu (guiaun) ne'ebé mak iha no la tuir kazu balun ne'ebé mak prevista tuir tempu ezelesaun. Difikuldade bo'ot mak hatudu husi alunu sira durante aprende, hanesan utilizasaun osciloskópiu no montajem sirkuitus.

Hahu husi resposta ba pergunta ne'ebé mak iha, bele halo konklusaun ba estudante sira nia hanoin katak prátika iha laboratoriu bele aumenta sira nia hatene (kompreasaun) husi teoria ne'ebé mak hanorin iha sala laran.

Liafuan xave: Eletromagnetismu, Fízika, Servisu laboratoríal, Timor.

Índice

1.1.	Motivação	2
1.2.	Envolvente	4
1.2.1.	Curso de Ensino de Física	4
1.3.	Espaços existentes em Timor	6
1.4.	Estrutura da dissertação.....	6
2.1.	Introdução	8
2.2.	Eletromagnetismo	8
2.3.	Espaços laboratoriais	10
3.1.	Introdução	13
3.2.	Estudo da lei de Ohm, resistência e resistividade	15
3.3.	Estudo comparativo da resistividade de um condutor e de um metal, em função da temperatura	19
3.4.	Estudo da lei de indução e lei de Lenz.....	26
3.5.	Estudo do circuito de RLC série	33
3.6.	Resultados dos trabalhos práticos.....	37
3.6.1.	Estudo da lei de Ohm, resistência e resistividade.....	38
3.6.2.	Estudo comparativo da resistividade de um condutor e de um metal, em função da temperatura	41
3.6.3.	Estudo da lei de indução e da lei de Lenz	44
3.6.4.	Estudo do circuito de RLC série	48
4.1.	Introdução	51
4.2.	Resultados de trabalhos feitos pelos alunos	54
4.3.	Análise das respostas aos questionários	66
4.3.1.	Estudo da lei de Ohm, resistência e resistividade.....	66
4.3.2.	Estudo da lei de indução e da lei de Lenz	69
4.3.3.	Estudo do circuito de RLC série	71
4.4.	Discussão	74
4.4.1.	Relatórios de alunos	74
4.4.2.	Estudo da lei de Ohm, resistência e resistividade.....	74

4.4.3.	Estudo da lei de indução e da lei de Lenz	74
4.4.4.	Estudo do circuito de RLC série	75
5.1.	Conclusões	77
5.2.	Trabalho futuro	77
7.1.	Anexo 1 – Estrutura curricular do curso de Ensino de Física	i
7.2.	Anexo 2 – Protocolos	iii
7.3.	Anexo 3 – Inquéritos entregues aos alunos	xx
7.4.	Anexo 4 – Relatórios de alunos	xxix

Índice de figuras

Figura 1. Sala do Laboratório Física no Ensino de Física em Timor antes da montagem das experiências.....	11
Figura 2. Solenoide construído para a experiência da lei de indução.	14
Figura 3 A classificação dos sólidos cristalinos de acordo com a ocupação das bandas de energia pelos eletrões a $T=0$. (de Física dos semicondutores de M.I. Vasilevskiy e I.C. Ferreira)	21
Figura 4. Montagem experimental na fase de aquecimento.....	24
Figura 5. Ilustração da lei de indução.....	27
Figura 6. Ilustração da lei de indução.....	27
Figura 7. Transformador.....	28
Figura 8. Solenoide e campo magnético no seu interior.	28
Figura 9. Montagem experimental.....	30
Figura 10. Montagem experimental.	30
Figura 11. Circuito RLC.	33
Figura 12. Diagrama de fasores para o circuito RLC.	34
Figura 13. a) curvas de ressonância para um circuito RLC com fatores de qualidade diferentes. B) Comportamento da amplitude da corrente em função da frequência angular junto ao pico de ressonância.....	35
Figura 14. Esquema da montagem.....	36
Figura 15. Tensão na resistência em função da corrente que a atravessa.....	38
Figura 16. Resistência da barra em função do seu comprimento.	40
Figura 17. Gráfico da resistência de um metal e de um semiconductor em função da temperatura	42
Figura 18. Gráfico do valor de uma resistência de Platina em função da temperatura	42
Figura 19. Gráfico de $\ln R$ em função do inverso da temperatura absoluta.....	43
Figura 20. Gráfico da tensão em função da corrente com frequência de 500 Hz.	45
Figura 21. Tensão induzida em função da frequência.	46
Figura 22. Tensão induzida em função do número de espiras.	47
Figura 23. Corrente na resistência de $10\ \Omega$ em função da frequência. As setas indicam as frequências de corte.	48
Figura 24. Gráficos da razão da tensão normalizada na resistência e da diferença de fase entre a corrente e a tensão no gerador em função da frequência.	49

Figura 25. Fotografias das bancadas utilizadas para as experiências de lei de Ohm e do circuito RLC.	
.....	52
Figura 26. Alunos a realizar experiências no laboratório.....	52
Figura 27. Alunos a realizar experiências no laboratório.....	52

Índice de tabelas

Tabela 1 Valores de ρ de alguns materiais	15
Tabela 2 Materiais semicondutores de diferentes tipos	21
Tabela 3. Estrutura curricular do curso de Ensino de Física.	i

CAPÍTULO I

Introdução

1. Introdução

1.1. Motivação

Psicologicamente, a motivação é referida como uma condição, o querer e a vontade que existe no interior de uma pessoa e que influencia, direciona e orienta este indivíduo ao aderir ou tomar algumas decisões e comportamentos apropriados para atingir o seu objetivo. A motivação serve como um impulso interno da pessoa humana que o leva a decidir alguma ação ou reação ao encarar algo.

Abordo agora das razões por trás da decisão anteriormente feita por mim e que foi aceite pela Universidade Nacional de Timor Leste - UNTL de continuar os estudos em Portugal, no departamento de Física, Universidade do Porto, Faculdade das Ciências – DFA/UP.

Basicamente a minha presença no Porto é para adquirir as bases teóricas e os conhecimentos laboratoriais complementares para melhorar o desenvolvimento da Física no Departamento de Ensino de Física na Faculdade da Educação Artes e Humanidades – FEAH, onde desempenho as funções de docência.

Com o enriquecimento obtido na parte curricular do Mestrado em Física e Química em Contexto Escolar - MFQCE aumentei as minhas bases científicas para o desempenho da docência, e com a escolha do tema da dissertação tenho o objetivo de melhorar as condições laboratoriais na minha Universidade.

O Professor é a pessoa que ensina e transmite os conhecimentos aos estudantes. Os professores, antes de transmitirem estes conhecimentos têm de dominar em primeiro lugar a ciência e as técnicas de como ensinar e educar. Para o exercício dessa profissão, requerem-se assim qualificações académicas, científicas e pedagógicas, para que se consiga transmitir e ensinar as matérias de estudo da melhor forma possível aos alunos. É uma das profissões mais importantes e todo o progresso da humanidade depende dela. Neste contexto, é que Platão no seu livro “República”, alertava que os professores desempenham papéis importantes na formação dos cidadãos.

Em todos os países, incluindo Timor Leste, o estatuto do docente é definido pelo Ministério da Educação que é responsável pela política geral de educação.

O termo professor em Timor Leste é reservado aos indivíduos que ministram aulas em instituições de ensino superior. Além do ensino propriamente dito, estes docentes dedicam-se principalmente a atividades de pesquisa e a orientação de alunos de pós-graduação.

Em Timor Leste, como país recém-independente, a formação de professores é muito importante para que a própria universidade gere indivíduos mais capazes nas diferentes áreas do conhecimento.

Os docentes da universidade de Díli têm, em geral, um grau de licenciatura ou equivalente. É importante a criação de um mestrado ou pós-graduação em ensino da Física para que aqueles possam elevar-se cientificamente e pedagogicamente.

O laboratório é um lugar físico devidamente equipado com instrumentos apropriados que permitem a realização de práticas experimentais e diversos estudos científicos.

A importância do laboratório na investigação no ensino superior, em qualquer de suas especialidades, seja de Química, de Biologia, de Física ou outra, assenta no exercício de atividades sob condições ambientais controladas e normalizadas, de modo a assegurar que não ocorram influências estranhas que alterem o resultado da experiência ou medição e, ainda, de modo a garantir que a experiência seja repetível em outro laboratório e se obtenha o mesmo resultado.

A realização de experiências por meio de medições e análises físicas, químicas, biológicas e matemáticas exigem controle e precisão alcançáveis apenas em espaço e ambiente estruturados para tal, de acordo com normas técnicas pré-estabelecidas.

O laboratório serve também para o uso didático. O uso ganha destaque no ensino da ciência e revela ao aluno um momento importante para a formação das suas próprias reflexões e conclusões. É comum, na prática laboratorial, a utilização de modelos físicos e matemáticos como meios de compreensão da realidade por trás dos fenômenos ou objetos de estudo, quer sejam estes diretamente acessíveis aos sentidos, quer não.

O uso do laboratório para a Física busca fornecer mais compreensão acerca das grandezas e entidades físicas mais universais e fundamentais. Tome-se como exemplo a temperatura como grandeza física geralmente controlada em um ambiente laboratorial, e o termómetro como aparelho presente em praticamente todos os laboratórios das ciências naturais.

O ensino experimental é uma das mais poderosas estratégias de aprendizagem pois permitem ao aluno uma relação muito próxima com os materiais e as leis da Física. Neste contexto o professor surge como um facilitador método de prática aplica experiências centrados no aluno, com o papel

do professor mais como facilitador, do que um ensino direto. O uso bem-sucedido de métodos de prática na aprendizagem é influenciado pela disponibilidade de equipamentos de treinamento adequados.

A Física é uma parte da ciência que estuda fenómenos naturais empiricamente, logicamente, sistematicamente e racionalmente envolvendo processos e atitudes científicas.

Eletromagnetismo é uma matéria de Física que é em geral muito difícil de entender pelos estudantes. Porque precisa de conhecimentos teóricos não muito fáceis e requer para melhor compreensão uma prática laboratorial nem sempre acessível para os estudantes. A dificuldade dos estudantes advém muitas vezes do facto de os professores quando ensinam eletromagnetismo, lecionarem apenas aulas teóricas, sem qualquer demonstração experimental das ideias envolvidas. Outra dificuldade prende-se com o facto de o Eletromagnetismo não ter uma relação com o dia a dia tão visível, como por exemplo a Mecânica. A prática laboratorial permite aos alunos entender melhor os conceitos do eletromagnetismo.

A atividade no laboratório requer equipamento. O equipamento laboratorial na Universidade Nacional Timor Lorosa'e, Faculdade de Educação, Artes e Humanidade, Departamento Ensino da Física, é muito limitado. Basicamente há: amperímetros, voltímetros, galvanómetros, osciloscópios, fios de ligação, uma resistência, resistores, ímanes e lâmpadas. O equipamento não é suficiente para todos os alunos praticarem. Além de isso, o espaço de laboratório do Departamento de Física é muito insuficiente.

O objetivo deste projeto foi criar/melhorar o laboratório de Eletromagnetismo da FEAH, usando materiais simples.

1.2. Envolvente

1.2.1. Curso de Ensino de Física

O sistema de créditos utilizado na Universidade Nacional Timor Lorosa'e, especialmente no Departamento de Ensino de Física, é o sistema *European Credit Transfer System* (ECTS). O currículo ECTS contém aulas teóricas, de trabalho, de estudo autónomo e aulas práticas. Isso requer que os

alunos depois de estudar a teoria necessitam de consolidar a teoria com prática. Considera-se que 1 ECTS corresponde a 27 horas de trabalho do estudante e um semestre tem 30 ECTS. Cada tempo letivo tem 50 minutos. As horas para um ano académico na Universidade variam entre 1500 e 1800 horas. (O curso de Ensino de Física tem, num ano académico, a carga horária de 1620 horas).

O plano curricular do curso de Ensino de Física, indicado no anexo 1, tem na sua estrutura curricular 17 ECTS de Matemática e 81 ECTS de Física.

Na disciplina de Eletromagnetismo temos seis (6) créditos com total de 5 horas letivas por semana: três horas teórico-práticas e duas horas laboratoriais semanais.

Objetivo geral do curso

O currículo, do modelo ECTS, para o curso de Física, em opção licenciatura, tem o objetivo de formar professores para o ensino nas escolas básicas do 3º ciclo e secundárias e capazes de preparar os cidadãos para atuarem numa sociedade em contínua transformação. Além disso o curso também visa formar profissionais com conhecimentos sólidos e atualizados, capazes de abordar problemas novos e tradicionais e de buscar novas formas de desenvolvimento científico e tecnológico. Espera-se ainda que os alunos possam desenvolver capacidade de fazer investigação científica e de extensão.

Objetivos específicos do curso

Os objetivos específicos dirigem-se aos assuntos como:

- a) Proporcionar a formação inicial e continua aos professores de ciências Física nas escolas básicas e secundárias;
- b) Formar profissionais que sejam capazes de perceber as condições educacionais tanto dentro de Timor Leste como no mundo internacional;
- c) Desenvolver a capacidade dos professores nas escolas básicas e secundárias na articulação entre ensino, pesquisa e extensão;
- d) Oferecer oportunidade aos futuros professores para desenvolver os saberes técnico – humanistas para o desempenho profissional como docente e/ou professor;

Com base na observação do pesquisador e do professor que ensina esta disciplina, em geral os estudantes não sabem bem a matéria. Porque o Eletromagnetismo é uma matéria que é bastante difícil de compreender. Habitualmente esta disciplina é ensinada só teoricamente e com pouca

prática, só algumas experiências demonstrativas nas aulas. Sentimos que os estudantes precisam de aulas laboratoriais que para compreender bem o conteúdo da matéria.

1.3. Espaços existentes em Timor

A atividade no laboratório requer equipamento. O equipamento laboratorial e espaço na Universidade Nacional Timor Lorosa'e, Faculdade de Educação, Artes e Humanidade (FEAH), Departamento Ensino da Física, é muito limitado.

Para o ensino de Física temos quatro salas. Três salas são usadas para aulas teóricas e uma sala é usada para aulas práticas. Esta sala tem apenas cem metros quadrados.

1.4. Estrutura da dissertação

A estrutura deste trabalho é seguinte:

No capítulo 2 apresentam-se as ideias gerais por trás deste trabalho.

No capítulo 3 apresenta-se o trabalho desenvolvido no Departamento de Física e Astronomia da Universidade do Porto, com a preparação das atividades experimentais.

No capítulo 4 estão os resultados do trabalho laboratorial executado na Universidade Nacional Timor Lorosa'e, com estudantes da própria universidade, nos meses de fevereiro, março e abril.

No capítulo 5 apresentam-se algumas reflexões sobre o trabalho desenvolvido.

CAPÍTULO II

Fundamentos

2. Fundamentos

2.1. Introdução

Neste capítulo vamos falar sobre as matérias lecionadas no programa de Eletromagnetismo, sobre o espaço do laboratório disponível e sobre as suas condições antes de fazer e depois de fazer as experiências em Timor.

2.2. Eletromagnetismo

O eletromagnetismo é uma disciplina de Física fundamental, ela existe no currículo do curso de ensino de física no terceiro semestre. Quando os alunos vão frequentar eletromagnetismo, o estudante já deve ter frequentado outras matérias, tais como, Matemática básica e Física Básica um e dois.

Esta disciplina pretende proporcionar aos alunos conhecimento e discernimento sobre o desenvolvimento da Física como disciplina da Ciência e os problemas e os pensamentos por trás dela. E tem objetivo de proporcionar ao estudante os conhecimentos básicos necessários para compreender, analisar e realizar os processos de engenharia onde se manipulam diversas formas de matéria e energia com aplicações práticas de eletromagnetismo.

O processo de aprendizagem do Eletromagnetismo habitualmente usado é o método de aula - palestra (teórica) e de resolução de exercícios. Tem um programa estruturado em semanas letivas com a seguinte estrutura:

Na primeira semana (Capítulo I) são ensinados tópicos sobre vetores, rotacional, divergência e gradiente, campo escalar e campo vetorial, porque estas bases são muito importantes para os alunos.

Na segunda semana (Capítulo II) abordam-se as distribuições de carga discreta, lei de Coulomb e descrição matemática sobre a Lei de Coulomb.

A terceira semana é uma continuação do capítulo II incluindo-se a conservação de carga, quantificação da carga e carga por indução.

Na quarta semana (Capítulo III) o tema é distribuições contínuas de cargas, fluxo elétrico e lei de Gauss.

Na quinta semana continua-se o capítulo III com o cálculo do campo elétrico usando a lei de Gauss e a tradução matemática da lei de Gauss.

Na sexta semana (Capítulo IV) o tema é potencial elétrico, potencial criado por uma carga e diferenças de potenciais elétricos.

Na sétima semana - continuação do capítulo IV - cálculo do campo elétrico a partir do potencial, e de energia potencial electrostática.

Na oitava semana realiza-se um teste intermédio.

Na nona semana (Capítulo V) introduz-se o fluxo magnético, a indução magnética, a força eletromotriz induzida, a lei de Faraday e a lei de Lenz. Introduz-se ainda o conceito de indutância.

Na décima semana (Capítulo VI) – o tema é campo magnético e movimento de cargas pontuais num campo magnético.

Na décima primeira semana – continuação do capítulo VI – calcula-se o campo magnético criado por determinadas configurações de correntes elétricas. E ainda o efeito de Hall.

Na décima segunda semana – (Capítulo VII) – o tema é condensadores, capacitância, armazenamento de energia elétrica e baterias.

Na décima terceira semana (Capítulo VIII) - Fontes de campo magnético. O campo magnético de cargas pontuais em movimento.

14ª semana continuação capítulo VIII -O campo magnético de correntes e a lei de Biot-Savart.

15ª semana continuação capítulo VIII - A lei de Gauss para o magnetismo e magnetismo em materiais.

16ª e 17ª semanas (Capítulo IX) - Semicondutores.

18ª semana - Teste finais.

Durante as aulas fazem-se sempre exercícios na sala de aula e também se dá trabalho para casa.

Sistema de avaliação: A avaliação contínua consiste em duas provas escritas. A avaliação final (esta consiste em uma prova escrita e uma oral). A participação e empenhamento do aluno na sala de aula contam (10%) para melhorar a nota.

Parâmetros de avaliação (Esta avaliação é baseada no currículo na UNTL): A avaliação é contínua e final. A primeira inclui a assiduidade, a pontualidade, a participação, a responsabilidade e o interesse (cada um vale 10%). A segunda é constituída por um exame final, na época de Exames regular sobre o essencial da matéria lecionada e ainda, excecionalmente, com uma Época de Recurso, se o aluno obtiver uma nota final entre 4,0-5,4, (numa escala de 0 a 10) de acordo com Regulamento Académico da UNTL. Quer nas épocas regular e de recurso o Exame escrito e/ou oral valerá sempre 50% da nota final (componente cognitiva), sendo os outros 50% da componente das atitudes, valores e comportamento na sala de aula (componente afetiva e comportamental).

2.3. Espaços laboratoriais

O laboratório é um recurso de aprendizagem eficaz para alcançar as competências esperadas para os alunos. Para serem eficazes os laboratórios devem ser geridos e utilizados adequadamente.

Ter um bom e completo laboratório não significa nada se não for apoiado por uma boa gestão. Portanto, para otimizar as funções do laboratório, é necessário administrá-lo bem para um processo de ensino e aprendizagem suave.

Há um funcionário de gestão de laboratório no Departamento de Ensino de Física. Este técnico tem a responsabilidade de preparar os materiais para serem usadas nas aulas. A sala do técnico está organizada e separada da sala usada para aulas apenas por armários onde se guarda o equipamento.

Na sala do laboratório há dois quadros brancos, que são usados para explicação. Além disso, existem várias cadeiras e uma mesa de estudo usada para discutir os resultados das experiências. As paredes da sala estão decoradas com fotografias de estudiosos da Física.

A área do laboratório da Física é de 100 metros quadrados. Na Figura 1 podem ser vistas algumas fotografias do laboratório antes de ser preparado para as aulas práticas.

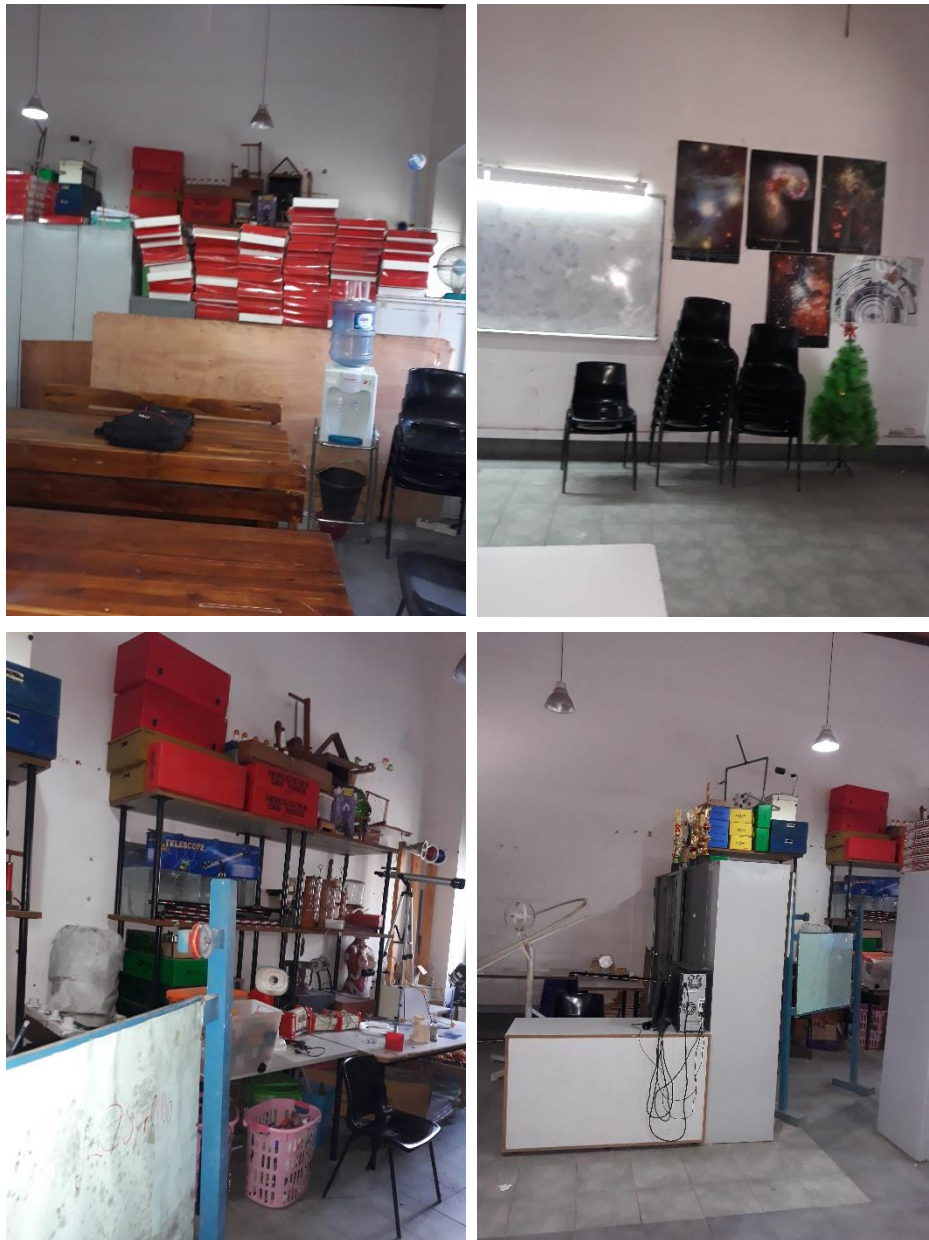


Figura 1. Sala do Laboratório Física no Ensino de Física em Timor antes da montagem das experiências.

Para complementar o equipamento existente no laboratório do DEF foram construídas no DFA/UP algumas peças de equipamento necessárias para as atividades programadas e simultaneamente adquirido algum equipamento com as verbas atribuídas para pesquisa. Esses equipamentos estão descritos no capítulo seguinte.

CAPÍTULO III

TRABALHO PRÁTICOS DESENVOLVIDOS

3. Trabalhos práticos desenvolvidos

3.1. Introdução

Os laboratórios de Física têm uma missão que difere da do ensino teórico nalguns aspetos. Em primeiro lugar, oferecem a oportunidade de visitar e consolidar os conceitos fundamentais de Física, fazendo a transposição dos conceitos teóricos para situações práticas concretas. Em segundo lugar, procuram desenvolver a capacidade de planejar experiências e executar medições, processar os dados quantitativamente e apresentar os resultados de acordo com os padrões da comunidade técnica e científica. No entanto, a missão mais importante é a de desenvolver a capacidade de análise crítica.

A seleção dos trabalhos a serem executados pelos nossos alunos tiveram por base os pontos anteriores, e também o de complementarem o equipamento já existente em Timor, o de terem um custo não muito elevado e, não menos importante, constituírem alguma novidade para os alunos.

Com base nos pressupostos anteriores, os trabalhos que selecionamos foram: o estudo da lei de Ohm, o estudo da resistência e da resistividade de um metal, o estudo comparativo da resistividade de um condutor e de um semicondutor em função da temperatura, o estudo da indução e da lei de Lenz e o estudo de um circuito RLC série.

Para facilitar este trabalho foram construídos no DFA/UP alguns equipamentos e peças que foram posteriormente transportados para Timor-Leste. Os principais equipamentos construídos, e que podem facilmente ser replicados, foram:

- um amplificador capaz de fornecer uma corrente de um ampere, com entrada de áudio. Este amplificador permite usar um telemóvel, ou computador, com um ficheiro áudio pré-gravado substituindo facilmente um gerador de sinais com saída de baixa impedância. A forma mais versátil de utilização inclui a geração do sinal áudio num computador através de um software apropriado (por exemplo o Audacity)
- um solenoide para o estudo da indução eletromagnética contruído com um tubo de PVC (de águas pluviais) com 9 cm de diâmetro, onde foi enrolado fio bifilar de telefone. O fio de telefone foi

escolhido por existir no armazém, mas podia-se ter utilizado qualquer fio duplo. Este solenoide pode ser utilizado com duas possibilidades de número de espiras por unidade de comprimento.



Figura 2. Solenoide construído para a experiência da lei de indução.

- Foi igualmente construída uma bobina, também utilizando tubo de PVC mas agora com 5 cm de diâmetro, para a mesma experiência. Esta bobina foi construída com fio de cobre envernizado, tendo cada conjunto 50 espiras. Esta bobina pode funcionar como uma bobina de 50, 100, 150, 200 e 250 espiras.

- Para a experiência do circuito RLC foi construída uma bobina com muitas espiras de forma a obter uma indutância apreciável. Para esta bobina não era razoável enrolar o fio à mão, tendo sido utilizado um torno rodando a uma velocidade baixa. A bobina obtida tem uma indutância de 27,4 mH.

- Para a experiência da variação de resistência com a temperatura foi construído um bloco metálico, com um orifício, para colocar as resistências metálica e semicondutora conjuntamente com a junção de um termopar. Este bloco metálico assegura que a temperatura na zona de medição seja suficientemente uniforme para permitir o registo com erros baixos.

- Foi montada uma resistência de potência num dissipador para ser utilizada como limitador de corrente nas experiências de resistividade.

- Foram igualmente soldados fios aos diversos componentes para permitir uma boa facilidade de execução experimental.

Com as verbas disponíveis para a pesquisa foram adquiridos três multímetros Tenma 72-7780. Estes multímetros rms, permitem medições até 1 kHz. Têm 3.75 dígitos e têm uma resolução de 10 μ V (AC e DC), 0,1 μ A (AC e DC), 0,1 Ω , 10 pF e 0,1 $^{\circ}$ C.

Foram igualmente adquiridas barras de alumínio e de ferro com diversas secções, e outros pequenos acessórios.

3.2. Estudo da lei de Ohm, resistência e resistividade

1. Objetivos

- 1) Verificar a relação entre a intensidade de corrente e a diferença de potencial numa resistência.
- 2) Determinar graficamente a resistência do condutor.
- 3) Analisar a dependência da resistência, em diversos parâmetros.
- 4) Determinar a resistividade de um material.

2. Fundamento Teórico

1. Lei de Ohm

Em certos condutores ditos ohmicos – a diferença de potencial entre dois pontos do condutor é diretamente proporcional à corrente que o percorre. Ou seja (lei de Ohm)

$$V = R I \quad (1)$$

Onde R, é a constante de proporcionalidade, que se diz a resistência do condutor.

2. Resistividade

A resistência de um condutor depende do material de que é constituído e de parâmetros geométricos do mesmo. Para um condutor homogéneo de secção reta S e comprimento L , a resistência é dada por:

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (2)$$

onde ρ é a resistividade do material e S é a secção recta do condutor ($S = \pi D^2/4$, para uma secção circular, onde D é o diâmetro). Assim a resistência elétrica de um condutor cilíndrico, homogéneo, é dada por:

$$R = \rho \frac{4L}{\pi D^2} \quad (3)$$

Tabela 1 Valores de ρ de alguns materiais

Nº	Material	Resistividade (Ω m)
1.	Prata	$1,62 \times 10^{-8}$
2.	Cobre	$1,69 \times 10^{-8}$
3.	Ouro	$2,35 \times 10^{-8}$
4.	Alumínio	$2,75 \times 10^{-8}$
6.	Magnésio	$5,25 \times 10^{-8}$
7.	Ferro	$9,68 \times 10^{-8}$
8.	Platina	$10,6 \times 10^{-8}$

3. Equipamento

- Barras (Ferro, Alumínio e Cobre)
- Fios
- Resistências Multímetro (amperímetro, voltímetro, ohmímetro)
- Fontes de Tensão
- Resistência Fixa ou Variável (para limitar a corrente)
- Interruptor

4. Procedimentos

❖ Parte 1: Lei de Ohm

1. Montar o circuito da figura 3.

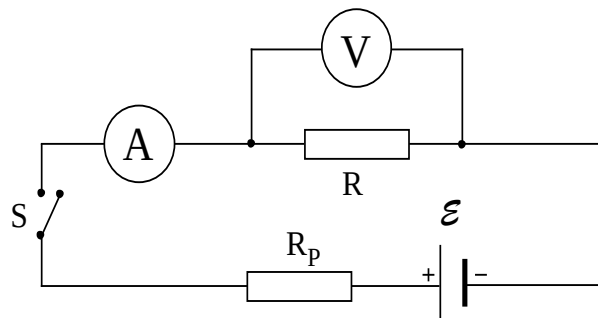


Figura 3. Esquema da montagem para a determinação de uma resistência pelo método de amperímetro-voltímetro (V – voltímetro, A – amperímetro e R - resistência).

2. Ajustar a fonte de tensão para 1,0 volt e registrar os valores lidos no amperímetro e no voltímetro
3. Repetir o segundo passo com vários valores de tensão do gerador
4. Com os dados obtidos, preencher a tabela abaixo

Nº	Tensão na fonte (V)	Corrente na resistência (A)	Tensão nos terminais da resistência (V)
1			
2			
3			
...			

5. Fazer o gráfico da corrente na resistência em função da tensão nos seus terminais, com os valores da tabela.
6. Determinar o valor da resistência com base no gráfico.
7. Determinar o valor do erro da resistência.
8. Fazer a conclusão

Parte 2: Variação da resistência de barras de metal (Alumínio e Ferro) com o comprimento.

1. Montar o circuito da figura 4.

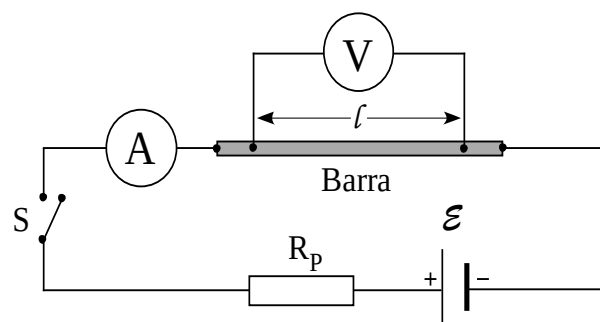


Figura 4. Esquema da montagem para a determinação da resistividade de um metal.

2. Medir e preencher os dados da dimensão transversal da barra (diâmetro ou lado) da barra na tabela abaixo

Nº	Diâmetro ou lado (mm)	Diâmetro ou lado (mm)
1.		
2.		
3.		
....		

3. Observar e escrever os dados dos multímetros (amperímetro e voltímetro) para os diferentes valores do comprimento de barra.
4. Repetir o procedimento (3) para vários valores do comprimento de barra
5. Resultado de observação, escrever na tabela abaixo

Nº	l (cm)	V _m (mV)	V ₀ (mV)	I _m (A)	I ₀ (A)	V _m - V ₀	I _m - I ₀	l (m)	R _m (Ω)
1									
2									
3									
...									

6. Determinar o valor da resistência e respetivo erro.
7. Repetir os procedimentos para uma barra de material diferente.

8. Fazer a conclusão

5. Referências

- Marcelo e J.F. Edward – FÍSICA. Lisboa: Escolar Editora, 2012. ISBN:978-972-592-333-7
- A.T. Paul e M. Gene – FÍSICA PARA CIENTISTAS E ENGENHEIROS. 6ª ed. Vol.2. genio LTC, 2009. ISBN:978-85-216-1711-2
- Halliday and Resnick – Fundamentos de Física Eletromagnetismo. 10ª ed. Rio de Janeiro: gen LTC, 2016. ISBN 978-85-216-3037-1

3.3. Estudo comparativo da resistividade de um condutor e de um metal, em função da temperatura

1. Objetivo

- Verificar o comportamento da resistência de um metal e de um semiconductor com a temperatura (linear e exponencial)
- Caracterizar a resistência de um metal ($R = R_0 + \alpha R_0 (T - T_0)$)
- Caracterizar a resistência de um semiconductor e calcular a banda de energia proibida (*bandgap*).

2. Fundamentos teóricos

2.1 Introdução

Do ponto de vista elétrico os materiais classificam-se como condutores, isoladores e semicondutores. Distinguem-se pelos valores da condutividade elétrica, σ , que se define pela relação seguinte:

$$\sigma = \frac{\bar{J}}{\bar{E}}$$

onde $\bar{J}$ é a densidade de corrente elétrica, $\bar{E}$ é o campo elétrico aplicado e σ é a condutividade elétrica (é o inverso de ρ , a resistividade elétrica).

Como

$$\bar{J} = n q \bar{v}$$

sendo n a densidade de portadores de carga, q a carga elétrica de portador e $\bar{v}$ a velocidade de arrastamento, obtém-se

$$\sigma = \frac{\bar{J}}{\bar{E}} = \frac{n q \bar{v}}{\bar{E}} = n q \mu$$

onde se introduziu a mobilidade elétrica: $\mu = \frac{\bar{v}}{\bar{E}}$.

Num metal, a condução elétrica é devida exclusivamente a eletrões, e portanto

$$\sigma = n_e q_e \mu_e$$

sendo n_e a concentração de eletrões e μ_e a mobilidade dos eletrões.

Num semicondutor, a condução elétrica é devida a eletrões e a lacunas, e assim neste caso escreve-se

$$\sigma = \sigma_e + \sigma_h = n_e q_e \mu_e + n_v q_v \mu_v$$

sendo n_v a concentração de lacunas e μ_v a mobilidade das lacunas.

Os materiais metálicos têm condutividades elétricas elevadas ($\sigma > 10^5 \Omega^{-1} \text{ m}^{-1}$) que diminuem com a temperatura. Por outro lado, os semicondutores têm condutividades elétricas muito inferiores às dos metais ($\sigma \approx 10^{-10} \Omega^{-1} \text{ m}^{-1}$). Além disso, a sua condutividade elétrica aumenta com a temperatura, contrariamente à dos metais. De facto, a condutividade de um semicondutor depende de n_e , μ_e , n_v e μ_v que são funções da temperatura, a sua dependência em T é:

$$n_e \propto e^{-E_g/k_B T}, n_v \propto e^{-E_g/k_B T}$$

onde E_g é a energia do hiato (*bandgap*), T é a temperatura absoluta e k_B é a constante de Boltzman

A energia do hiato aumenta quando a temperatura diminui. μ_e e μ_v diminuem com o aumento da temperatura; mas o fator exponencial é o dominante.

2.2 Estrutura de bandas de um condutor e um semicondutor

Na Figura 3 mostram-se, como exemplo, as estruturas de bandas de um condutor, de um isolador e de um semicondutor.

Num isolador E_g é da ordem de vários eV e num semicondutor E_g é da ordem 1 eV.

2.3 Semicondutores

Os semicondutores são geralmente classificados pela sua resistividade à temperatura ambiente, na faixa de 10^{-2} - $10^9 \Omega \text{ cm}$. Um semicondutor será um isolante a temperaturas muito baixas, mas à temperatura ambiente será um condutor.

Há uma grande diversidade de materiais semicondutores. porém, os de mais vasta aplicação são os dispositivos baseados no silício, que é o elemento semicondutor mais abundante na natureza.

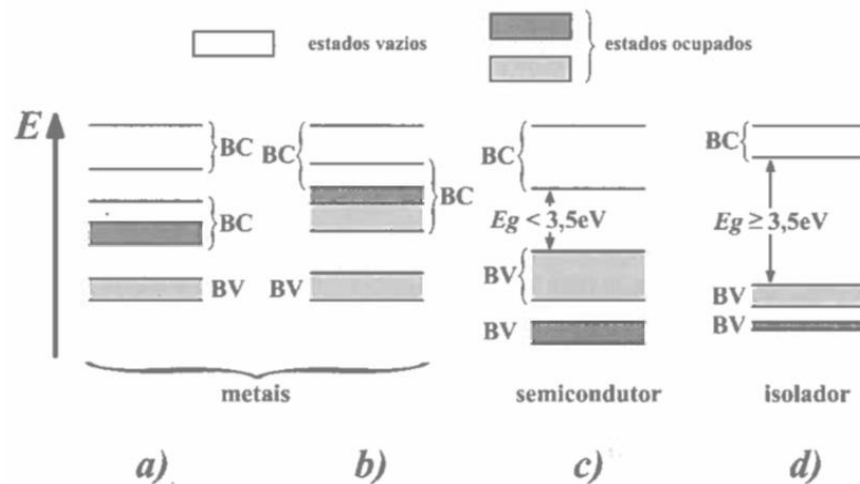


Figura 3 A classificação dos sólidos cristalinos de acordo com a ocupação das bandas de energia pelos elétrons a $T=0$. (de Física dos semicondutores de M.I. Vasilevskiy e I.C. Ferreira)

Na Tabela 2Tabela 1 apresentam-se exemplos de materiais semicondutores de diferentes tipos:

Cristalinos	Elementares		Si, Ge, S, Se, T, B, P, ...
	Compostos binários	III - V	GaAs, InP, InSb, GaN, ...
		II - IV	CdS, CdTe, ZnSe, CdO, ...
		IV - VI	PbS, PbT, ...
		IV - IV	SiC
	Óxidos		CuO, Cu ₂ O, La ₂ CuO ₄ , ...
	Soluções sólidos		Si _x Ge _{1-x} (x = 0 1) Al _x Ga _{1-x} As, Cd _x Hg _{1-x} Te, Zn _x Se _{1-x}
Não cristalinos	Amorfos		Silício amorfo, TiO ₂
	Orgânico		Polímeros ‘conjugados’ (MEH-PPV)

Semicondutor Intrínseco (ou elementar)

Um semicondutor intrínseco é um semicondutor que consiste em apenas um elemento, por exemplo, Si, Ge, S, Se, Te, ... Nos cristais semicondutores de Si, um átomo de Si com 4 elétrons de valência liga-se a 4 outros átomos de Si.

Para um semicondutor intrínseco, ou seja, que não contém impurezas, as únicas cargas que existem são os elétrons e as lacunas livres. A condição de neutralidade local impõe que $n = p$.

Assim a concentração de portadores de carga de um semicondutor intrínseco depende da temperatura, de acordo com a seguinte relação

$$n = \sqrt{N_e N_V} e^{-E_g/2k_B T}$$

(Por exemplo para o Si a T=300 K e sendo $E_g=1,11$ eV, $N_e = 2,81 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$; $N_V = 1,13 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ tem-se $n = 7,11 \times 10^9 \text{ cm}^{-3}$)

Em consequência, a condutividade elétrica depende da temperatura de acordo com a relação:

$$\sigma = e n (\mu_e + \mu_v) \left(\frac{2\pi K_B T}{h^2} \right)^{3/2} (\mu_e^* \mu_v^*)^{3/4}$$

ou seja:

$$\sigma = \sigma_0 e^{-E_g/2k_B T}$$

Aplicando logaritmos à expressão anterior:

$$\ln \sigma = \ln \sigma_0 - \frac{E_g}{2k_B} \frac{1}{T}$$

e usando a relação entre condutividade elétrica e a resistividade elétrica, obtém-se:

$$R = C \sigma_0 e^{E_g/2k_B T}$$

onde C é uma constante que engloba vários parâmetros.

Aplicando logaritmos a esta última expressão obtém – se:

$$\ln R = \ln C + \ln \sigma_0 + \frac{E_g}{2k_B} \frac{1}{T}$$

ou ainda

$$\ln R = \frac{E_g}{2k_B} \frac{1}{T} + Cte$$

A equação acima é a equação da resistência em função da temperatura para um semicondutor e pode ser usada para determinar a energia do *bandgap* do semicondutor.

Para comparação escreve-se a expressão da variação da resistência de um metal com a temperatura

$$R = R_0 + R_0 \alpha (T - T_0)$$

Semicondutor Extrínsecos.

Um semicondutor cristalino dopado com átomos do outro tipo é chamado de semicondutor extrínseco. Ao adicionar impurezas, a estrutura de bandas e a resistividade elétrica alteram-se.

Existem três tipos de semicondutores extrínsecos: semicondutores do tipo n, semicondutores do tipo p e semicondutores compostos.

Semicondutor extrínseco do tipo n

Os semicondutores com concentrações de elétrons maiores do que as concentrações das lacunas são chamados de semicondutores extrínsecos do tipo n. Os semicondutores do tipo n usam, por exemplo, semicondutores intrínsecos adicionando-lhes átomos dadores derivados do grupo V da tabela periódica, por exemplo, Ar (Arsênio), Sb (Antimônio), P (Fósforo). Este átomo ocupará uma localização dentro da rede cristalina semicondutora.

Semicondutor extrínseco do tipo p

Os semicondutores do tipo p, nos quais as concentrações das lacunas são superiores, podem ser obtidos pela adição de átomos aceitadores. No Si e no Ge, o átomo aceitador é um elemento divalente (grupo III), por exemplo, o B (o Boro), o Al (o Alumínio) ou o Ga (o Gálio).

Os elementos mencionados acima têm apenas três elétrons de valência, havendo assim possibilidade de formar uma ligação covalente com um átomo. Com a captura de um elétron, o átomo aceitador torna-se um ião negativo. O átomo aceitador ocupa um estado de energia próximo da banda de valência.

Semicondutores Compostos

Os semicondutores compostos podem ser obtidos a partir de elementos com valência três e de valência cinco (ligas III-V, por exemplo GaAs ou GaSb) ou de elementos de valência dois e de valência seis (ligas II-VI, por exemplo ZnSe). Uma ligação química é formada pelo empréstimo de elétrons por um elemento com uma dada valência para um elemento com uma valência mais baixa. Ou seja, átomos dadores em semicondutoras compostos são elementos com maior valência em comparação com elementos substituídos. O átomo aceitador é um elemento com uma valência menor que o elemento substituído (ocupado).

A dependência da resistividade com a temperatura dos semicondutores extrínsecos é similar à dos intrínsecos.

3. Equipamento

- 3 multímetros
- Fios de ligação
- Fonte de calor
- Gelo + Copo
- Metal e semiconductor

4. Execução do trabalho.

- 1) Realizar a montagem indicada abaixo.
- 2) Arrefecer e aquecer o metal e o semiconductor.
- 3) Registrar o valor da resistência do metal e do semiconductor em função da temperatura.
- 4) Arrefecer e aquecer o metal e o semiconductor.
- 5) Registrar o valor da resistência do metal e do semiconductor em função da temperatura.
- 6) Arrefecer e aquecer o metal e o semiconductor
- 7) Registrar o valor da resistência do metal e do semiconductor em função da temperatura.



Figura 4. Montagem experimental na fase de aquecimento.

8) Preencher os valores na tabela seguinte:

Nº	T (°C)	R _m (Ω)	R _s (Ω)
1.			
2.			
3.			
...			

9) Fazer os gráficos da resistência em função da temperatura.

10) Determinar o valor de energia do *gap* (E_g), do coeficiente térmico da resistência (α) e uma estimativa dos respetivos erros.

11) Retirar conclusões.

5. Referências

- K. Kenneth – Modern Physics. 3ª ed. United States of America : Jhon Wiley & Sons, INC, 2011. ISBN: 978-1-118-06114-5
- I. V. Mikhail e C.F. Isabel – Física Dos Semicondutores. 1ª ed. Coimbra: Almedina, 2005. ISBN 972-40-2654-X
- A. Marcelo e J.F. Edward – **Física**. Lisboa: Escolar Editora, 2012. ISBN:978-972-592-333-7
- A.T. Paul e M. Gene – **Física Para Cientistas e Engenheiros**. 6ª ed. Vol.2. genio LTC, 2009. ISBN:978-85-216-1711-2
- Halliday and Resnick – **Fundamentos de Física Eletromagnetismo**. 10ª ed. Rio de Janeiro: gen LTC, 2016. ISBN 978-85-216-3037-1

3.4. Estudo da lei de indução e lei de Lenz

1. Objetivos

- a) Verificar as leis de Faraday e de Lenz.
- b) Estudar o campo magnético no interior de um solenoide.

2. Fundamentos teóricos

Supor que um condutor elétrico, o qual forma um circuito fechado, é colocado numa região onde existe um campo magnético $\vec{B}$.

Designa-se por dS um elemento de área na superfície do condutor e seja $\hat{n}$ um vetor unitário normal ao elemento de superfície. O fluxo magnético através de uma superfície S é definido por:

$$\Phi = \int \vec{B} \cdot \hat{n} dS$$

Se o fluxo magnético variar no tempo, surge uma corrente induzida no condutor. A presença da corrente implica que existe um campo elétrico $\vec{E}$ induzido ou uma força eletromotriz no condutor.

A lei de Faraday estabelece que:

A força eletromotriz induzida num circuito é igual à taxa de variação temporal de fluxo magnético. Ou seja:

$$\mathcal{E}_{ind} = - \frac{d\Phi}{dt}$$

A lei de Lenz estabelece que

A corrente induzida no circuito tem um sentido tal que provoca ela própria um fluxo magnético que contraria a variação do fluxo indutor.

Como exemplo analisem-se as duas situações seguintes:

Exemplo 1:

Na figura mostra um íman de barra movendo-se em direção a um anel condutor. Quando o íman se move para direita o fluxo magnético através da espira aumenta. Em consequência surge uma

corrente induzida que cria um campo magnético (a tracejado) cujo fluxo se vai opor ao aumento de fluxo magnético através da espira (provocado pelo movimento da barra).

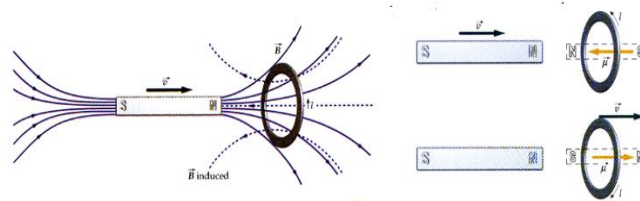


Figura 5. Ilustração da lei de indução

Exemplo 2:

A figura 8 mostra uma barra condutora deslizando, para a direita, ao longo de dois condutores, que, com uma resistência R definem a superfície S . Sobre este sistema atua um campo magnético constante que tem a orientação indicada na figura ($\vec{B}$ está dirigido para dentro da página).

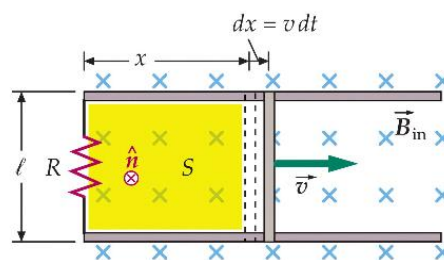


Figura 6. Ilustração da lei de indução

À medida que a barra condutora se move para a direita, a superfície atravessada pelo campo magnético aumenta e, portanto, o fluxo magnético através da superfície S também aumenta: A força eletromotriz induzida no circuito é:

$$\varepsilon = -\frac{d\phi}{dt} = -B l v$$

Transformadores

Um transformador é formado por dois circuitos acoplados, conhecidos como primário e secundário. Quando se aplica ao circuito primário uma diferença de potencial (V_1) variável, produz-se uma diferença de potencial (V_2), também variável, no secundário. Habitualmente, o primário e o secundário estão enrolados em torno de um núcleo de ferro (figura 9) afim de concentrar o fluxo magnético. A razão entre V_1 e V_2 é:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

onde N_1 e N_2 são o número de espiras do primário e do secundário, respetivamente.

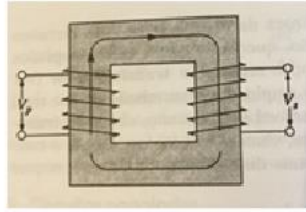


Figura 7. Transformador

Solenoide

Quando uma corrente elétrica percorre um fio condutor cria-se um campo magnético. Isto mesmo acontece quando uma corrente percorre um solenoide.

O campo magnético num ponto P, no interior de um solenoide com N espiras de raio R, e comprimento L, é dado por (ver figura 10):

$$\vec{B} = \frac{1}{2} \mu_0 \frac{N}{L} I \left(\frac{x-a}{(x-a)^2 + R^2} - \frac{x-b}{\sqrt{(x-b)^2 + R^2}} \right) \vec{x}$$

onde $\vec{x}$ é o versor na direção do eixo do solenoide e μ_0 é a permeabilidade magnética no ar ($\mu_{\text{ar}} \cong \mu_{\text{vácuo}} = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Tm/A}$)

A figura 10 mostra um solenoide, finito de comprimento L, percorrido por uma corrente elétrica I.

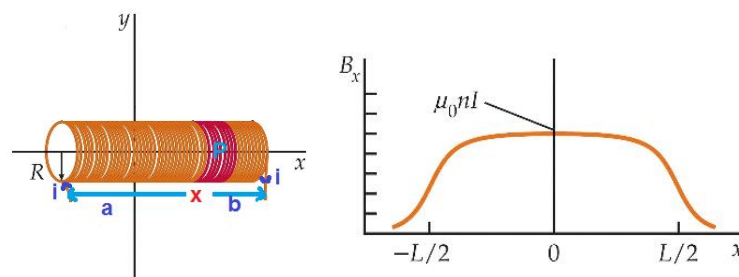


Figura 8. Solenoide e campo magnético no seu interior.

Se o solenoide puder ser considerado localmente como infinito, então o campo magnético no seu interior é uniforme e vale

$$\vec{B} = \mu_0 \frac{N}{L} I \hat{x}$$

Um solenoide pode ser aproximado por um solenoide infinito o seu comprimento, L , for muito maior que seu raio, R . Neste caso, na equação do campo magnético de um solenoide finito (na página anterior), a fração esquerda entre parênteses se aproxima de +1 e a fração direita se aproxima de -1, e consequentemente expressão entre parênteses tende a +2. Assim, na região interna e distante das bordas do solenoide, o campo magnético de um solenoide *longo* é dado por:

$$B = \mu_0 \frac{N}{L} I$$

Se a corrente (I) for sinusoidal:

$$I = I_0 \text{sen}(\omega t)$$

em que ω é a frequência angular da corrente, obtemos para o campo magnético

$$B = \mu_0 \frac{N}{L} I_0 \text{sen}(\omega t).$$

Substituindo na equação da força eletromotriz induzida, obtemos

$$\varepsilon_{ind} = - \frac{d\phi}{dt} = - \frac{d(A\mu_0 \frac{N}{L} I_0 \text{sen}(\omega t))}{dt} = - \frac{A\mu_0 N I_0 \omega \cos(\omega t)}{L}$$

(A é a área de uma espira).

Se a bobina tiver n espiras com diâmetro D , obtemos

$$\varepsilon_{ind} = - \frac{\pi D^2 \mu_0 N n I_0 \omega \cos(\omega t)}{4L}$$

3. Equipamento

- Amperímetro ou galvanómetro
- Fios
- Bobinas
- íman
- Multímetro
- Transformador
- Resistência variável

4. Execução do trabalho

4.1 Parte 1:

1. Montar o circuito da figura 11.

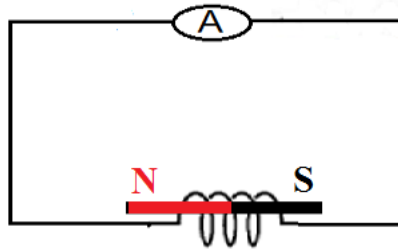


Figura 9. Montagem experimental.

2. Polo norte de um ímã é aproximado da bobina. Observar!
3. Polo norte de um ímã é afastado da bobina. Observar!
4. Polo sul de um ímã é aproximado da bobina. Observar!
5. Polo sul de um ímã é afastado da bobina. Observar!
6. Fazer a conclusão

4.2 Parte 2

Relações entre a tensão e a corrente

1. Montar o circuito da figura 12. O gerador é constituído por um amplificador alimentado por um sinal áudio.
2. Ligar o computador ao amplificador com um cabo de áudio e abrir o programa Audacity (ou um ficheiro pré-gravado)

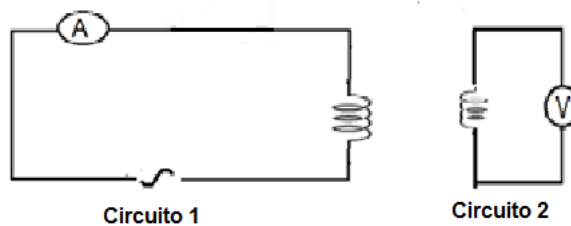


Figura 10. Montagem experimental.

3. Inserir a bobina do circuito 2 no solenoide do circuito 1

4. Fazer correr o programa com frequência 500 Hz (tempo 30 s) e ajustar a corrente a aproximadamente 0,20 A (atue no controlo de volume para variar a corrente). Observar o valor de tensão no multímetro e registar.
5. Repetir o passo anterior com outras correntes não ultrapassando 0,6 A
6. Preencher os dados que obteve na tabela abaixo:

Nº	Corrente (A)	Tensão (V)
1		
2		
3		
.....		

7. Registrar o valor N/L e n .
8. Fazer gráfico entre tensão induzida e corrente.
9. Fazer a conclusão.

Relações entre frequência e tensão com a corrente fixa

10. Repetir os passos de 1 a 4 com frequências diferentes. Observar e registar o valor de tensão.
11. Preencher os dados que obteve na tabela seguinte:

Nº	Frequência (HZ)	Corrente (A)	Tensão (V)	V/I (V/A)
1				
2				
3				
...				

12. Fazer o gráfico da tensão induzida normalizada (V/I) em função da frequência.
13. Fazer a conclusão.

Análise das relações entre a tensão induzida e o número de espiras da bobina com a corrente fixa.

14. Repetir os passos de 1 a 4 com bobinas diferentes (mais ou menos 5 bobinas)
15. Registrar os dados obtidos na tabela abaixo.

Nº	Bobina (espiras)	Tensão (V)	Corrente (A)
1	50	.....	.....
2	100	.....	.....
3	150	.....	.....
4	200	.....	.....
5	250	.....	.....

Nº	Solenóide (Espiras)	Tensão (V)	Corrente (A)
1	1x	.....	.....
2	2x	.....	.....

16. Fazer o gráfico da tensão induzida em função do número de espiras da bobina.

17. Fazer a conclusão.

5. Referências

- A. Marcelo e J.F. Edward – **FÍSICA**. Lisboa: Escolar Editora, 2012. ISBN:978-972-592-333-7
- A.T. Paul e M. Gene – **FÍSICA PARA CIENTISTAS E ENGENHEIROS**. 6ª ed. Vol.2. genio LTC, 2009. ISBN:978-85-216-1711-2
- Halliday and Resnick – **Fundamentos de Física - Eletromagnetismo**. 10ª ed. Rio de Janeiro: gen LTC, 2016. ISBN 978-85-216-3037-1

3.5. Estudo do circuito de RLC série

1. Objetivo

Estudar o comportamento de um circuito RLC série em regime de corrente alternada.

2. Fundamento Teórico

Circuito RLC Série

A figura 13 mostra um circuito RLC série composto de uma resistência, R, um condensador, C, e uma bobina, L, alimentado por um gerador AC. Se a diferença de potencial aplicada à série for $V = V_m \cos \omega t$ a aplicação da lei das malhas de Kirchoff dá:

$$V_m \cos \omega t - L \frac{di}{dt} - iR - \frac{Q}{C} = 0$$

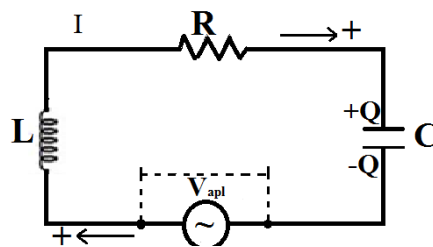


Figura 11. Circuito RLC.

Como a intensidade de corrente, $i(t)$ é:

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

obtém-se:

$$L \frac{d^2Q}{dt^2} + R \frac{dQ}{dt} + \frac{1}{C} Q = V_m \cos \omega t \quad (2)$$

A solução de equação diferencial (2) é, usando a equação (1):

$$I = I_m \cos(\omega t - \delta)$$

onde δ é a diferença de fase entre a corrente e a tensão no gerador, dada por:

$$\tan \delta = \frac{\omega}{R} \left(L - \frac{1}{C} \right)$$

Assim obtém-se:

$$I_m = \frac{V_m}{Z}$$

onde Z é a impedância do circuito de RLC série, dada por:

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

A intensidade de corrente que percorre o circuito é:

$$I = \frac{V_m}{Z} \cos(\omega t - \delta)$$

A figura 14 mostra os fasores representando as diferenças de potencial (ddp) na resistência, na indutância e no condensador. A componente x de cada um destes vetores é igual à V(t). Como a soma das componentes segundo x é igual à componente x da soma, a soma das componente x é igual à soma das quedas de potencial neste elementos, a qual, pela lei das malhas de Kirchoff, é igual à diferença de potencial aplicada instantaneamente. Portanto, a diferença de potencial aplicada na combinação em série é:

$$V_{apl} = V_R + V_L + V_C$$

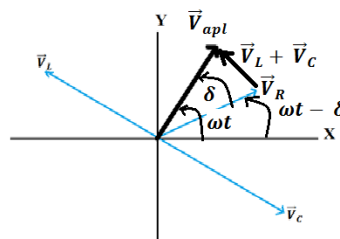


Figura 12. Diagrama de fasores para o circuito RLC.

Ressonância

Quando as componentes imaginárias das impedâncias da bobine e do condensador, X_L e X_C , são iguais, a impedância total é igual ao valor da resistência. Então $i(t)$ tem o valor máximo e o ângulo de fase é zero, o que significa que a corrente está em fase com a diferença de potencial aplicada. Seja ω_{res} o valor de ω para o qual X_L e X_C , são iguais. ou seja:

$$\omega_{res} L = \frac{1}{\omega_{res} C}$$

$$\omega_{\text{res}} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

A potência média, $P_{\text{méd}}$, fornecida pelo gerador, em função de ω , é:

$$P(t) = I(t) V(t) = \frac{1}{2} V_m I_m \cos \delta = V_{\text{ef}} I_{\text{ef}} \cos \delta$$

onde V_{ef} e I_{ef} são respetivamente a tensão e a corrente eficaz no gerador. Assim:

$$P_{\text{méd}} = \frac{(V_{\text{ef}})^2 R \omega^2}{L^2 (\omega^2 - \omega_{\text{res}}^2)^2 + \omega^2 R^2}$$

sendo: $\omega_{\text{res}} = 1/\sqrt{LC}$.

Designando por $\Delta\omega$ a amplitude da largura a meia altura da curva $P_{\text{méd}}$ vs ω , define-se o fator Q do circuito pela razão:

$$Q_{\text{fator}} = \frac{\omega_{\text{res}}}{\Delta\omega} = \frac{f_{\text{res}}}{\Delta f}$$

onde: $f_{\text{res}} = \omega_{\text{res}}/2\pi$ e $\Delta f = \Delta\omega/2\pi$

Define-se a frequência de corte como a frequência para a qual a amplitude decresce para 0,707 ($1/\sqrt{2}$) do seu valor, neste caso do máximo.

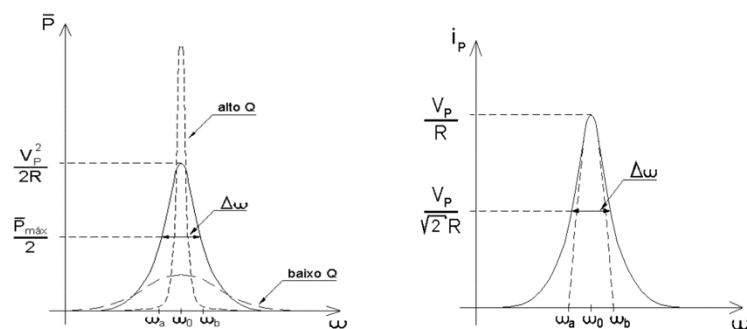


Figura 13. a) curvas de ressonância para um circuito RLC com fatores de qualidade diferentes. b) Comportamento da amplitude da corrente em função da frequência angular junto ao pico de ressonância.

3. Equipamento

- Resistência de 10Ω
- Indutância $27,4 \text{ mH}$ (resistência interna $13,8 \Omega$)
- Condensador $0,56 \mu\text{F}$
- Osciloscópio

- Gerador de sinal
- Fios

4. Execução do trabalho

1. Montar o circuito baseando-se na figura abaixo.

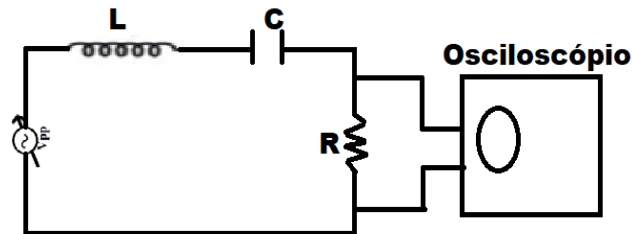


Figura 14. Esquema da montagem.

2. Ajustar a tensão do gerador de sinais para uma onda sinusoidal de $V_m = \sim 5$ volt, começando com a frequência do gerador de sinais a 1 kHz.
3. Fazer o varrimento em frequência observando o sinal no osciloscópio. Verificar quando ocorre a frequência de ressonância (ajustar as escalas do osciloscópio para ver bem o sinal).
4. Para cada frequência, registrar na tabela a frequência, as tensões no gerador e na resistência e a respectiva diferença de fase

Nº	f (kHz)	V_{ef} (V)	$V_{R\ ef}$ (V)	I_{ef} (mA)	Dif. fase
1.					
2.					
3.					
...					

5. Repetir o procedimento 4, variando a frequência de forma a observar a ressonância.
6. Fazer os gráficos da diferença de fase e da corrente normalizada em função de frequência.
7. Determinar, a partir do gráfico a frequência de ressonância, as frequências de corte inferior e superior e a largura de banda.
8. Fazer a conclusão

5. Referências

- A. Marcelo e J.F. Edward – **FÍSICA**. Lisboa: Escolar Editora, 2012. ISBN:978-972-592-333-7
- A.T. Paul e M. Gene – **FÍSICA PARA CIENTISTAS E ENGENHEIROS**. 6ª ed. Vol.2. genio LTC, 2009. ISBN:978-85-216-1711-2
- Halliday and Resnick – **Fundamentos de Física Eletromagnetismo**. 10ª ed. Rio de Janeiro: gen LTC, 2016. ISBN 978-85-216-3037-1

3.6. Resultados dos trabalhos práticos

As quatro experiências foram desenhadas em colaboração com os orientadores da Universidade do Porto.

Depois de serem projetados, estes trabalhos foram testados no DFA/UP para averiguar do seu funcionamento correto ou não, e posteriormente foram testados com os alunos em Díli. A única exceção é o trabalho de variação da resistência de um metal e de um semicondutor com a temperatura que só começou a ser trabalhado depois do regresso ao Porto.

Os resultados dos testes realizados no DFA/UP são apresentados nas páginas seguintes. Verificou-se que cumpriam os objetivos pretendidos, obtendo-se valores muito aceitáveis, dentro do erro experimental.

Os resultados obtidos em Timor pelos alunos (capítulo 4) não foram muito diferentes dos obtidos no Porto. Os resultados dos inquéritos são analisados no capítulo 4.

3.6.1. Estudo da lei de Ohm, resistência e resistividade**1. Medição de uma resistência:**

Dados obtidos:

Nº	Fonte de tensão (V)	I (A)	V (V)
1	1	0,02	1,597
2	2	0,04	2,689
3	3	0,05	3,613
4	4	0,07	4,596
5	5	0,08	5,64
6	6	0,1	6,56
7	7	0,11	7,64

Com estes dados foi traçado o gráfico da Figura 15.

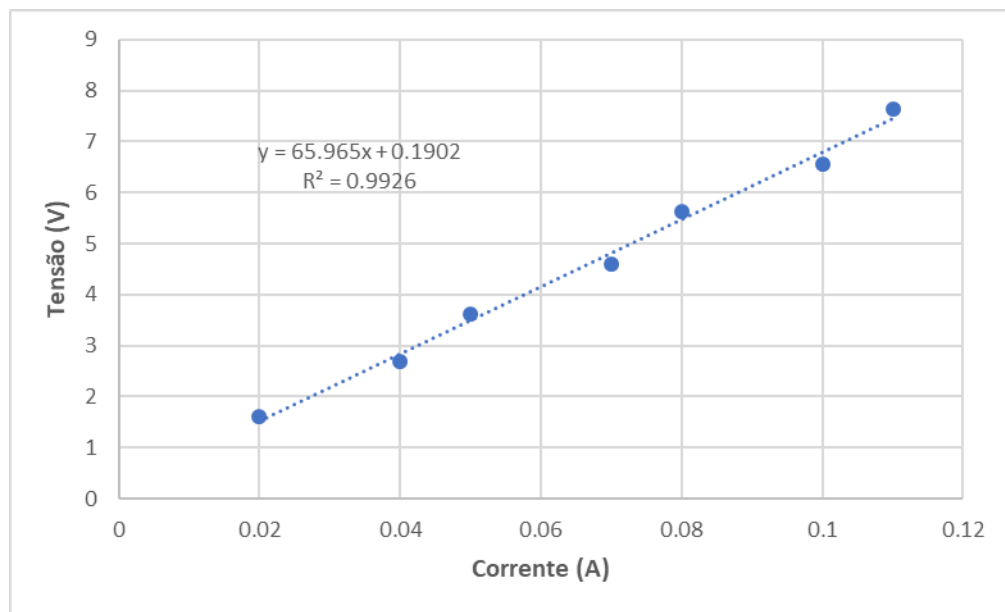


Figura 15. Tensão na resistência em função da corrente que a atravessa.

O declive do gráfico é de $(66,0 \pm 2,6)$ e a ordenada na origem é $0,16 \pm 0,16$

Então, o valor da resistência é $(66,0 \pm 2,6) \, \Omega$

2. Medição da resistividade de uma barra metálica

Tabela com medições do diâmetro da barra

Nº	Diâmetro (cm)	Diâmetro (m)
1.	0,54	0,0054
2.	0,614	0,00614
3.	0,601	0,00601
4.	0,601	0,00601
Média	0,589	0,00589

Tabela com medições elétricas em função do comprimento da barra

Nº	l (cm)	V _m (mV)	V ₀ (mV)	I _m (A)	I ₀ (A)	V _m - V ₀	I _m - I ₀	l (m)	R _m (mΩ)
1	86,4	0,57	0	0,565	0	0,57	0,565	0,864	1,008849558
2	77	0,5	0	0,572	0	0,5	0,572	0,77	0,874125874
3	63	0,4	0	0,572	0	0,4	0,572	0,63	0,699300699
4	53,5	0,34	0	0,572	0	0,34	0,572	0,535	0,594405594
5	35,5	0,21	0	0,571	0	0,21	0,571	0,355	0,367775832
6	22,8	0,13	0	0,571	0	0,13	0,571	0,228	0,227670753
7	14	0,05	0	0,571	0	0,05	0,571	0,14	0,087565674

Nº	l (cm)	l (m)	R _m (mΩ)
1	86,4	0,864	1,008849558
2	77	0,77	0,874125874
3	63	0,63	0,699300699
4	53,5	0,535	0,594405594
5	35,5	0,355	0,367775832
6	22,8	0,228	0,227670753
7	14	0,14	0,087565674

Com estes dados foi traçado o gráfico da Figura 16.

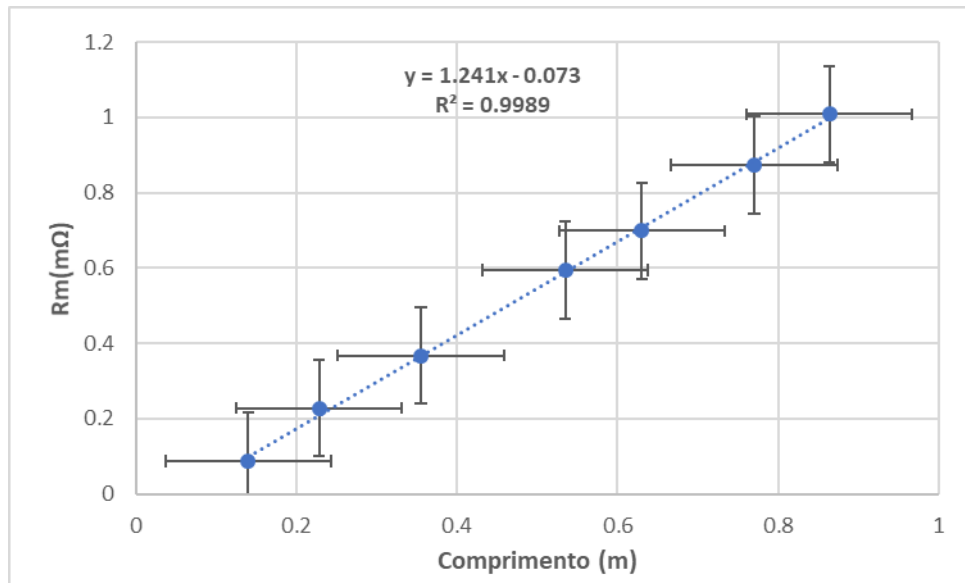


Figura 16. Resistência da barra em função do seu comprimento.

O declive do gráfico é de $(1,24 \pm 0,02)$ e a ordenada na origem é $-0,07 \pm 0,01$.

Com o declive $(1,24 \text{ m}\Omega/\text{m})$ e a secção reta da barra $(27,2 \text{ mm}^2)$ foi possível calcular a resistividade da barra de Alumínio, tendo-se obtido $(3,38 \pm 0,07) \times 10^{-8} \Omega \text{ m}$.

$$\rho = (3,38 \pm 0,07) \times 10^{-8} \Omega \text{ m}$$

3.6.2. Estudo comparativo da resistividade de um condutor e de um metal, em função da temperatura

1. Objetivo

- Verificar o comportamento da resistência de um metal e de um semiconductor com a temperatura (linear e exponencial)
- Caracterizar a resistência de um metal ($R = R_0 + \alpha R_0 (T - T_0)$)
- Caracterizar a resistência de um semiconductor e calcular a energia do gap.

2. Resultado:

Dados da resistência medida de um metal e de um semiconductor

T (°C)	R _S (Ω)	R _M (Ω)		T (°C)	R _S (Ω)	R _M (Ω)		T (°C)	R _S (Ω)	R _M (Ω)
4	31700	1006		38	6040	1153		72	1620	1284
5	30900	1009		46	4190	1185		73	1560	1288
6	29200	1014		48	3850	1196		74	1510	1292
7	27800	1017		50	3500	1207		75	1460	1296
8	26400	1021		52	3450	1204		76	1410	1300
9	25000	1026		53	3400	1206		77	1370	1303
10	23800	1030		54	3300	1209		78	1320	1307
11	22500	1034		55	3170	1213		79	1280	1311
12	21300	1039		56	3030	1218		80	1240	1314
13	20300	1043		57	2930	1221		81	1190	1319
14	19300	1047		58	2870	1223		82	1150	1323
15	18300	1051		59	2780	1226		83	1120	1327
16	17400	1055		60	2610	1233		84	1080	1331
17	16500	1060		61	2490	1238		85	1040	1335
18	15600	1064		62	2390	1242		86	1010	1339
19	14800	1069		63	2300	1246		87	980	1342
20	14200	1073		64	2240	1249		88	970	1344
21	13400	1078		65	2180	1252		89	930	1348
27	10230	1102		66	2060	1256		90	890	1354
28	9920	1105		67	1940	1264		91	860	1358
29	9500	1109		68	1880	1268		92	840	1362
30	8930	1116		69	1800	1272		93	820	1365
31	8100	1125		70	1730	1276		94	800	1368
35	6900	1140		71	1670	1280				

Com estes dados foi construído o gráfico da Figura 17.

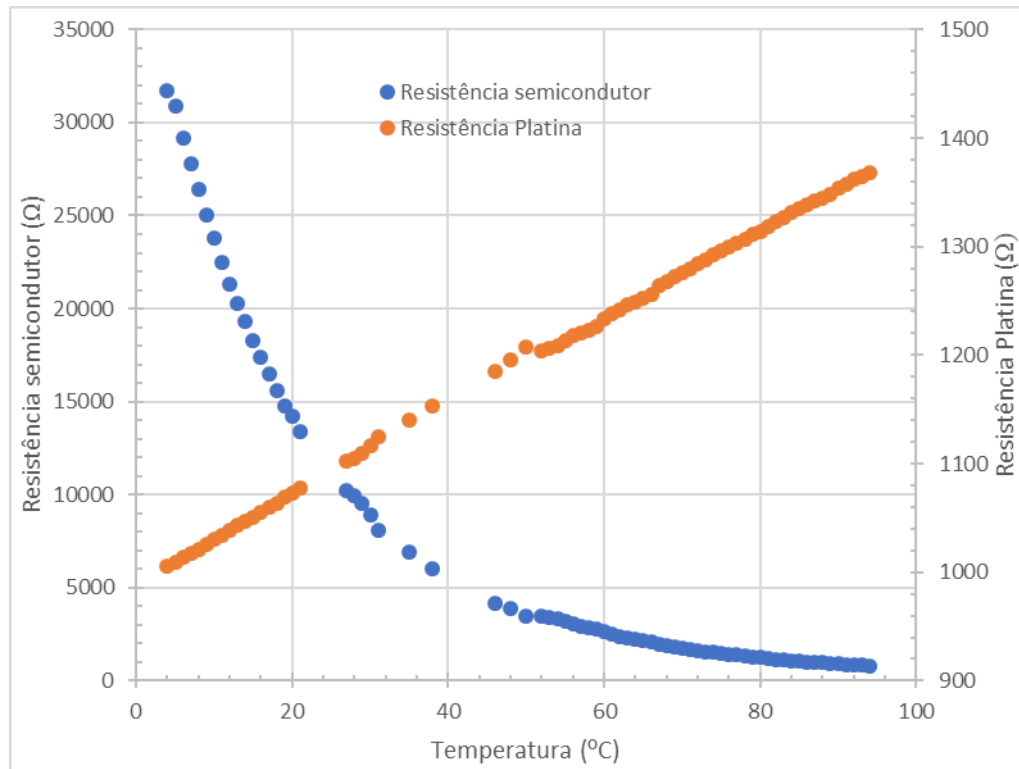


Figura 17. Gráfico da resistência de um metal e de um semicondutor em função da temperatura

Analisando a variação do valor da resistência de Platina com a temperatura é possível obter o seu coeficiente de variação térmica. Para melhor visualização o gráfico está indicado na Figura 18.

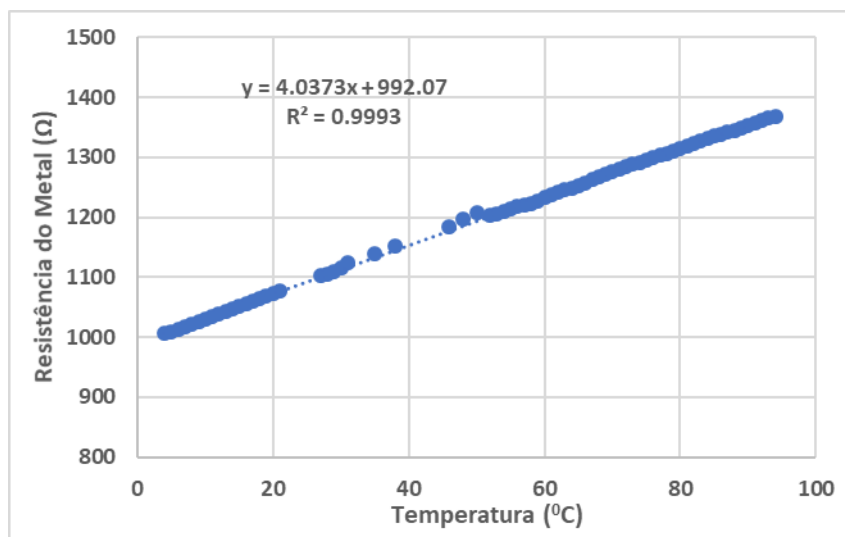


Figura 18. Gráfico do valor de uma resistência de Platina em função da temperatura

Obteve-se um declive de $(4,04 \pm 0,01) \Omega/K$ e uma ordenada na origem de $992,1 \pm 0,8 \Omega$. Donde

$$R(T) = 992,1 + 4,04(T - 273,15)$$

Parte 03: Semicondutor

Com o inverso da temperatura absoluta e o logaritmo neperiano da resistência traçamos o gráfico da Figura 19

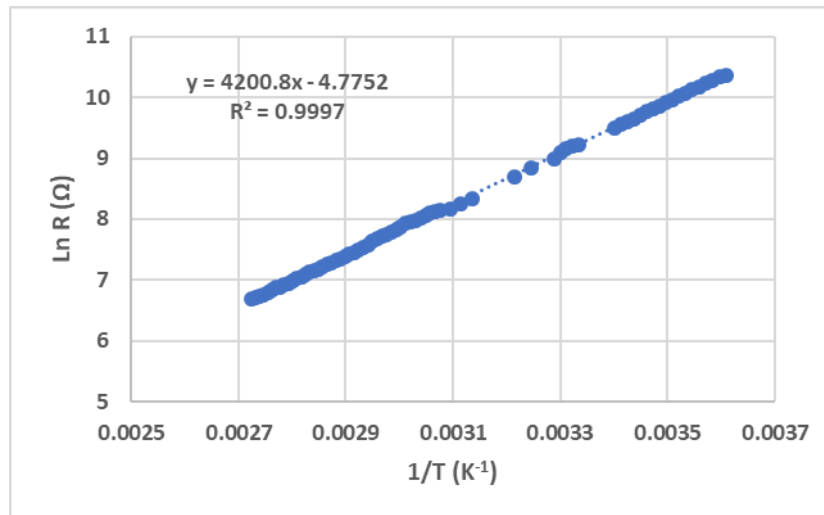


Figura 19. Gráfico de $\ln R$ em função do inverso da temperatura absoluta.

Obteve-se um declive de 4201 ± 9 e uma ordenada na origem de $-4,78 \pm 0,03$.

A partir destes valores foi possível obter o valor do hiato de energia do semicondutor, tendo sido obtido $E_g = (1,16 \pm 0,03) \times 10^{-19} \text{ J} = (0,73 \pm 0,03) \text{ eV}$.

3.6.3. Estudo da lei de indução e da lei de Lenz

Dados para a lei de Lenz

- Polo norte de um íman é aproximado da bobina: a agulha do amperímetro foi deslocada para a direita.
- Polo norte de um íman é afastado da bobina: a agulha do amperímetro foi deslocada para a esquerda.
- Polo sul de um íman é aproximado da bobina: a agulha do amperímetro foi deslocada para a esquerda.
- Polo sul de um íman é afastado da bobina: a agulha do amperímetro foi deslocada para a direita

Dados obtidos para a lei de indução.

Relação entre tensão e corrente com frequência do sinal

Dados do Audacity: (frequência 500 Hz, tempo de 30 segundos e amplitude de 0,8), bobina de prova com 250 espiras e diâmetro 5 cm, solenoide com 400 espiras por metro.

Dados obtidos:

I (A)	V(V)
0,15	0,0656
0,18	0,0763
0,23	0,0952
0,24	0,1487
0,32	0,1761

Com estes dados foi traçado o gráfico da Figura 20

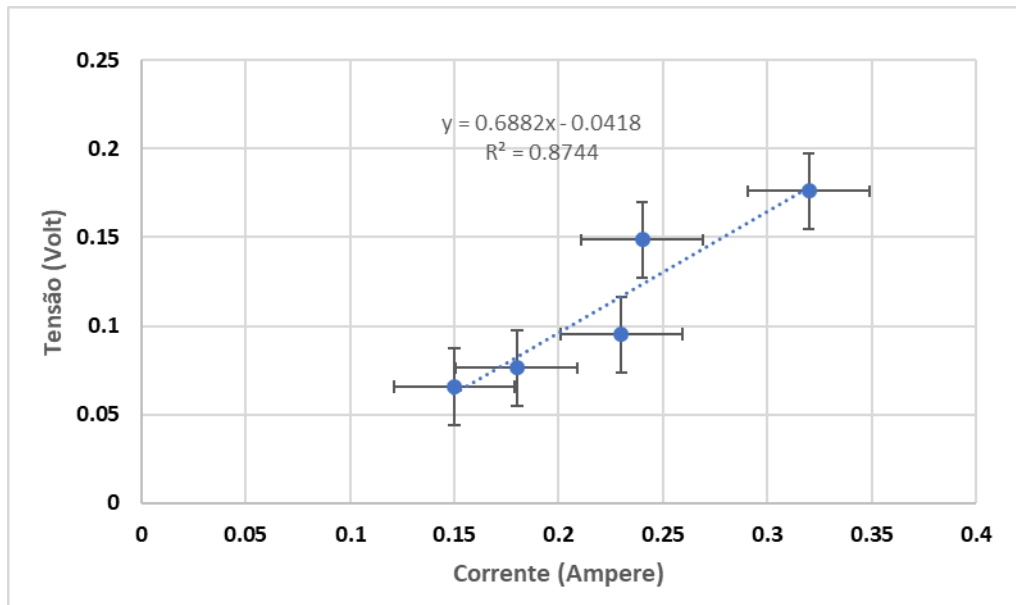


Figura 20. Gráfico da tensão em função da corrente com frequência de 500 Hz.

O declive do gráfico é de $0,69 \pm 0,15$ e a ordenada na origem é $-0,04 \pm 0,02$

Com estes dados calculamos o valor da permeabilidade magnética do ar $\approx \mu_0$.

$$\mu_0 = \frac{2L}{\pi^2 D^2 N n f} \frac{V_0}{I_0}$$

Substituindo V_0/I_0 pelo declive, obtemos $\mu_0 = 1,12 \times 10^{-6} \text{ m kg s}^{-2} \text{ A}^{-2}$

Este valor é próximo do valor de referência de $1,26 \times 10^{-6} \text{ m kg s}^{-2} \text{ A}^{-2}$ apesar dos pontos apresentarem alguma dispersão.

Frequências diferentes e 200 espiras, mantendo os outros parâmetros iguais

Dados obtidos:

f (Hz)	V (V)	I (A)	V/I (V/A)
100	0,0121	0,22	0,055
200	0,0258	0,23	0,112174
300	0,039	0,23	0,169565
400	0,0516	0,22	0,234545
500	0,0636	0,22	0,289091
600	0,075	0,21	0,357143
700	0,0859	0,20	0,4295
800	0,0963	0,20	0,4815

Com estes dados foi traçado o gráfico da Figura 21

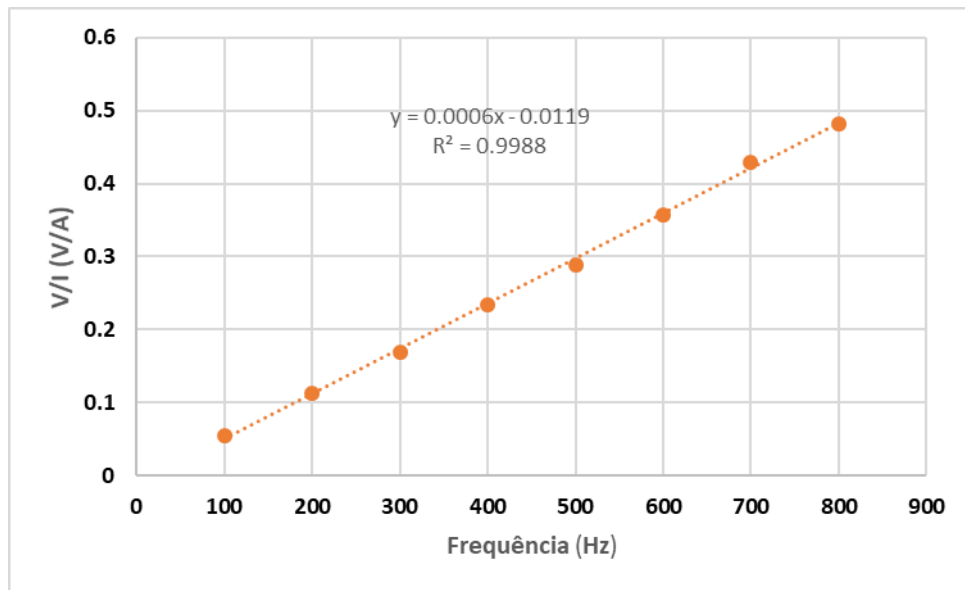


Figura 21. Tensão induzida em função da frequência.

O declive do gráfico é de $(618 \pm 9) \times 10^{-6}$ e a ordenada na origem de $-0,012 \pm 0,004$

Com estes dados calculamos o valor da permeabilidade magnética do ar $\approx \mu_0$.

O valor obtido foi de $(1,25 \pm 0,12) \times 10^{-6} \text{ H m}^{-1}$. Este valor, apesar dos 9% de incerteza, é praticamente igual ao valor teórico.

Número de espiras diferente com corrente fixa;

Dados obtidos:

n (espiras)	V (V)	I (A)
50	0,0147	0,15
100	0,0296	0,15
150	0,0486	0,15
200	0,0673	0,15
250	0,0846	0,15

Com estes dados foi traçado o gráfico da Figura 22

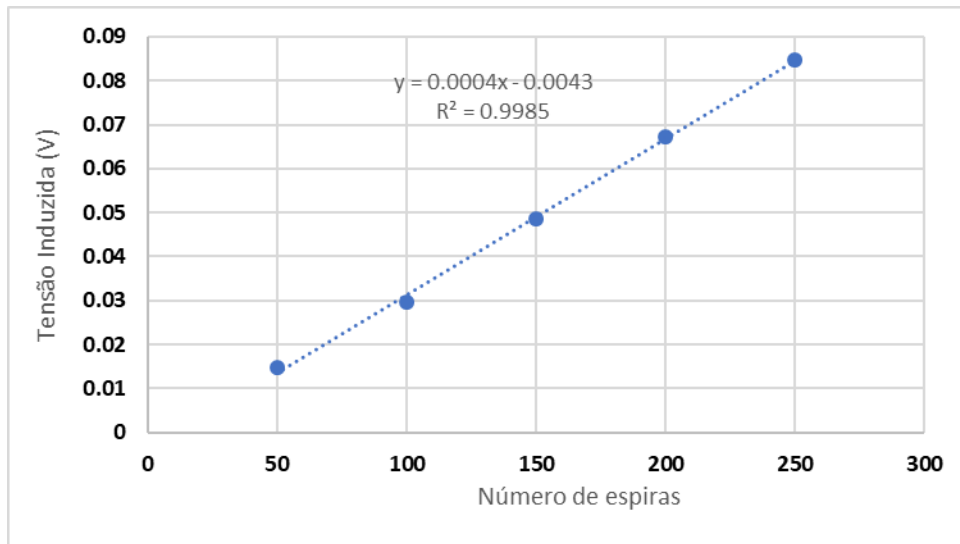


Figura 22. Tensão induzida em função do número de espiras.

O declive do gráfico é de $(355 \pm 8) \times 10^{-6}$ e a ordenada na origem é $-0,004 \pm 0,001$

Comparação com o dobro de espiras no solenoide

Dados obtidos:

Bobina Ext	V (V)	I (A)	V/I (Ω)
1 x	0,082	0,15	0,547
2 x	0,0687	0,06	1,145

Verifica-se que ao duplicar o número de espiras por unidade de comprimento do solenoide, a tensão induzida na bobina de prova duplicou, para a mesma corrente. A diferença é inferior a 5%.

3.6.4. Estudo do circuito de RLC série

Dados obtidos:

Nº	f (kHz)	V _{in} (V)	V _{R ef} (V)	Dif. fase	V _R /V _{in}	I _{ef} mA)
1.	400	2,26	0,04	90	0,01769912	0,004
2.	700	2,16	0,078	83	0,03611111	0,0078
3.	800	2,14	0,098	85	0,04579439	0,0098
4.	900	2,06	0,121	80	0,05873786	0,0121
5.	950	2	0,14	80	0,07	0,014
6.	1000	1,92	0,158	78	0,08229167	0,0158
7.	1050	1,8	0,178	74	0,09888889	0,0178
8.	1100	1,62	0,206	70	0,12716049	0,0206
9.	1150	1,46	0,228	66	0,15616438	0,0228
10	1200	1,22	0,252	52	0,20655738	0,0252
11	1250	0,94	0,276	30	0,29361702	0,0276
12	1300	0,84	0,28	5	0,33333333	0,028
13	1350	0,9	0,276	-30	0,30666667	0,0276
14	1400	1,1	0,264	-50	0,24	0,0264
15	1450	1,32	0,244	-60	0,18484848	0,0244
16	1500	1,52	0,22	-68	0,14473684	0,022
17	1600	1,76	0,186	-73	0,10568182	0,0186
18	1700	1,9	0,158	-75	0,08315789	0,0158
19	1800	2	0,138	-80	0,069	0,0138
20	2000	2,1	0,108	-82	0,05142857	0,0108

Com estes dados foram traçados os gráficos das Figura 23 Figura 24.

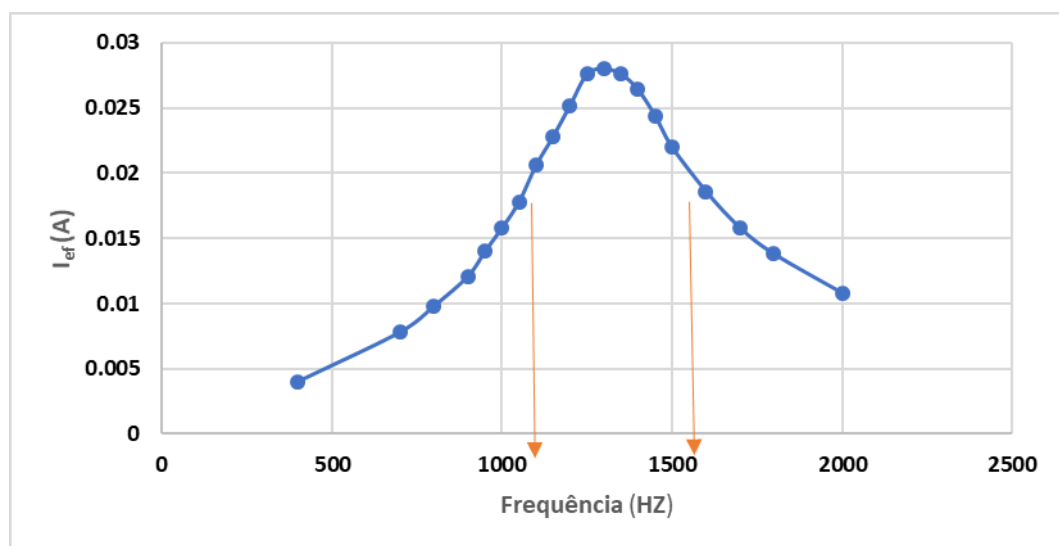


Figura 23. Corrente na resistência de 10 Ω em função da frequência. As setas indicam as frequências de corte.

A frequência de ressonância obtida experimentalmente é de 1300 Hz sendo esperado o valor de 1280 Hz, utilizando os valores nominais de 27,4 mH e de 0,56 μ F.

A largura de banda obtida experimentalmente (Δf) é de 450 Hz

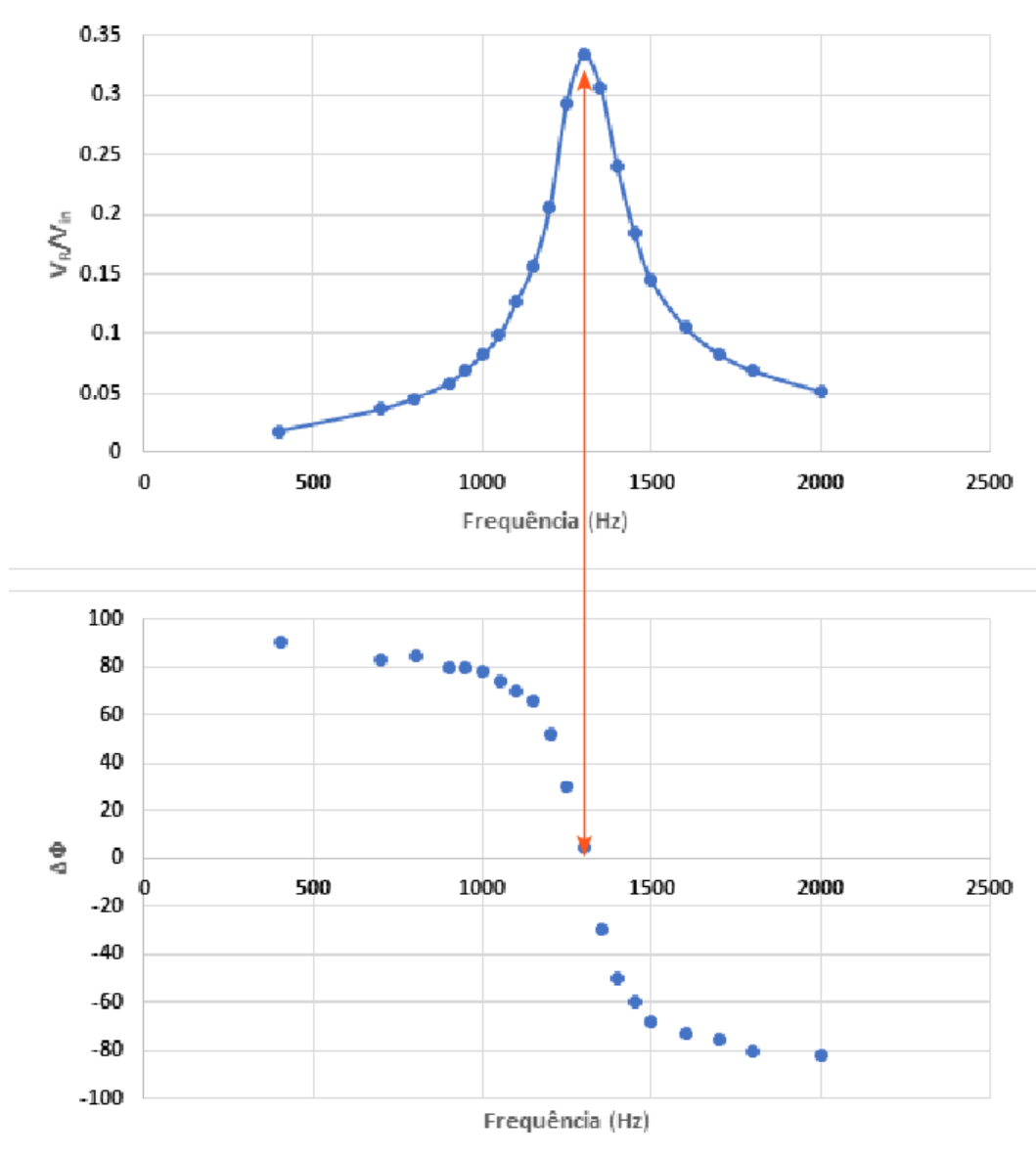


Figura 24. Gráficos da razão da tensão normalizada na resistência e da diferença de fase entre a corrente e a tensão no gerador em função da frequência.

CAPÍTULO IV

TRABALHO COM ALUNOS NA UNIVERSIDADE DE TIMOR

4. Trabalho com alunos na Universidade de Timor

4.1. Introdução

Os trabalhos práticos foram transportados para Díli e testados em fevereiro, março e abril com algumas turmas de estudantes do curso de Ensino de Física. O semestre começa em janeiro, mas as aulas mais formais começam em fevereiro.

Em primeiro lugar houve uma reunião com professores do curso de Ensino de Física que incluiu o diretor e o vice-diretor do departamento, o professor da disciplina e o professor responsável do laboratório. Nesta reunião debateu-se sobre o tempo e condições para fazer a pesquisa.

Como eram abordados temas que só seriam lecionados no final do semestre foi decidido não usar os estudantes da disciplina de eletromagnetismo, que estavam a começar as aulas, mas apenas uma amostra dos que já tinham cursado esta disciplina e já estavam no 3º ano.

Com o professor da disciplina e o responsável do laboratório fez-se a escolha dos estudantes. Quatro alunos por turma, de 5 turmas, constituíram a amostra de pesquisa.

Num segundo ponto analisou-se o espaço para a montagem dos trabalhos, e fez-se a montagem e teste do material das experiências.

Após a programação das atividades, começou-se o trabalho com os alunos em março. Com cada grupo de alunos (os quatro alunos de cada turma) deu-se uma explicação sobre cada experiência, em particular sobre os instrumentos utilizados, na aula anterior à de realização do trabalho laboratorial. Nas duas horas da aula reservada para o efeito, os alunos realizaram a experiência. Numa aula de uma hora, após a realização de cada experiência, foram dadas indicações sobre a forma de elaboração do respetivo relatório, a ser entregue uma semana após a realização da experiência, e foi-lhes dado o inquérito para preencher. Todas estas atividades foram executadas em estreita colaboração com o docente da disciplina e com o coordenador do laboratório.

Esta sequência foi repetida para cada um dos três trabalhos testados.

Na Figura 25 mostram-se duas das bancadas com o equipamento para realizar os trabalhos da lei de Ohm e do circuito RLC, e nas Figura 26 Figura 27 mostram-se algumas fotografias de alunos a realizar as atividades experimentais.

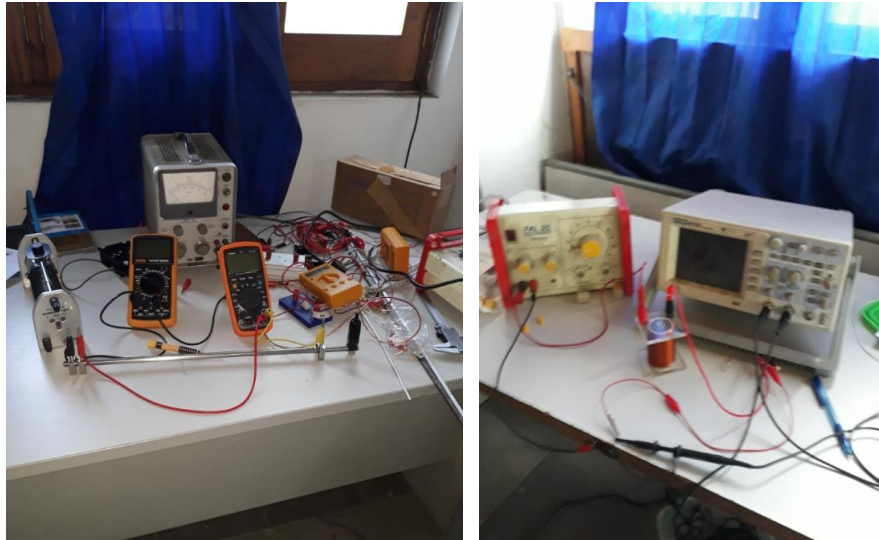


Figura 25. Fotografias das bancadas utilizadas para as experiências de lei de Ohm e do circuito RLC.



Figura 26. Alunos a realizar experiências no laboratório.



Figura 27. Alunos a realizar experiências no laboratório.

Nas próximas páginas estão indicados os resultados de alguns alunos (relatórios no anexo 4).

Numa segunda parte deste capítulo são analisadas as respostas aos inquéritos (no anexo 3) feitos a estes estudantes.

4.2. Resultados de trabalhos feitos pelos alunos

ESTUDO LEI DE INDUÇÃO E LEI DE LENZ

Nome do Grupo:

1. Melani M.V. de A. Amaral
2. Catia C.N.F. da Costa Gusmão
3. Ana Sonia Freitas
4. Inocencio Morreira

Análise dos dados:

Parte 1:

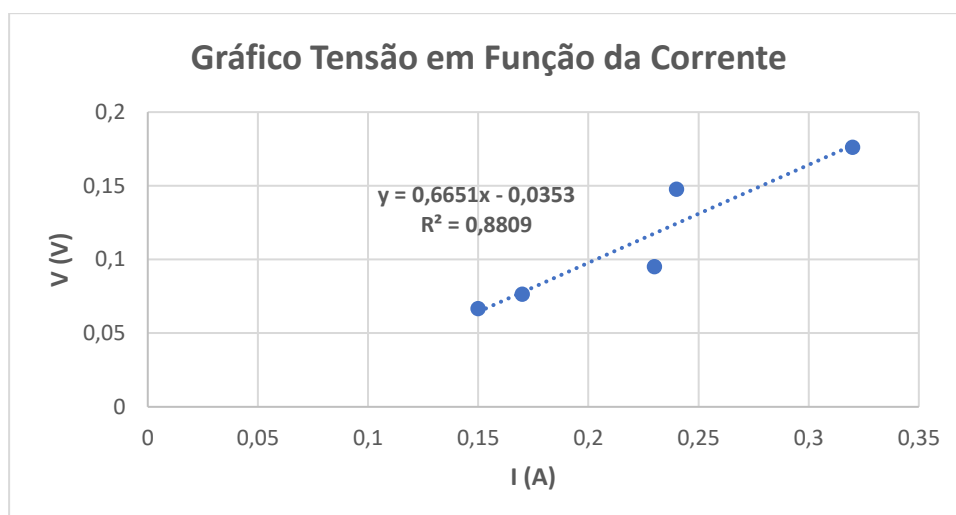
- Polo norte de um íman é aproximado da bobina: a agulha do amperímetro foi deslocada para a direita.
- Polo norte de um íman é afastado da bobina: a agulha do amperímetro foi deslocada para a esquerda.
- Polo sul de um íman é aproximado da bobina: a agulha do amperímetro foi deslocada para a esquerda.
- Polo sul de um íman é afastado da bobina: a agulha do amperímetro foi deslocada para a direita

Parte 2:

Sobre a relação entre tensão e a corrente para a frequência de Audicity de 500 Hz, o tempo de 30 segundos e a amplitude é 0,8.

I (A)	V(V)
0,15	0,0667
0,17	0,0764
0,23	0,095
0,24	0,1477
0,32	0,176

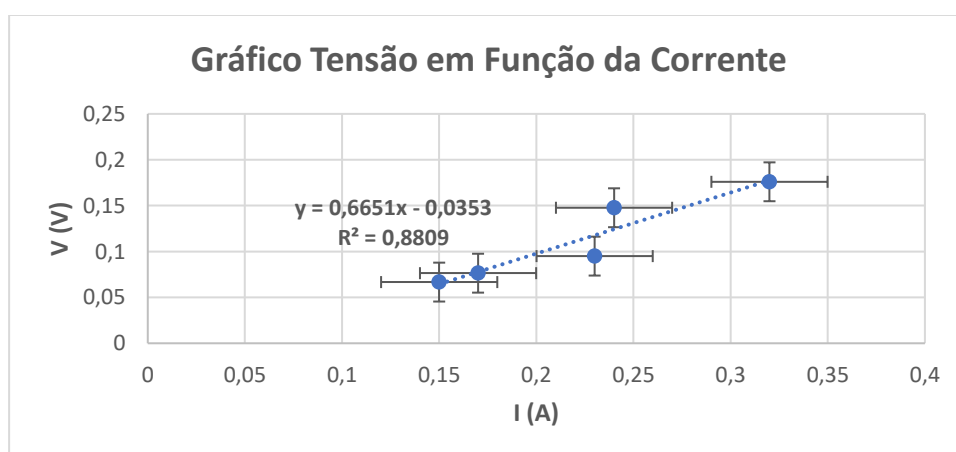
Gráfico:



O Valor Erro:

	m	b	
	0,665067	-0,03528	
Δm	0,141218	0,032468	Δb
R^2	0,880856	0,018883	
m	0,6651		
n	250		
f	500		
π^2	9,8596		
D^2	3,72E-03		
N/L	200		
μ_0	1,45E-06		

Gráfico de Erro:



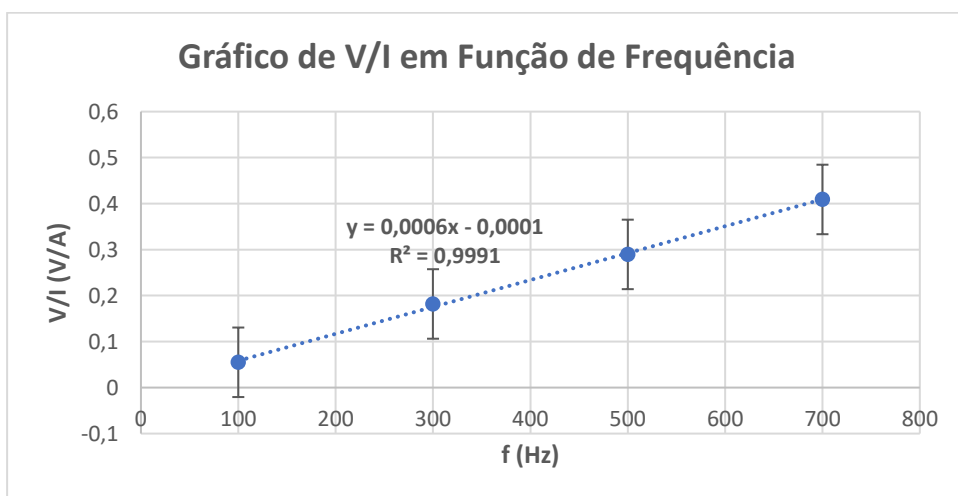
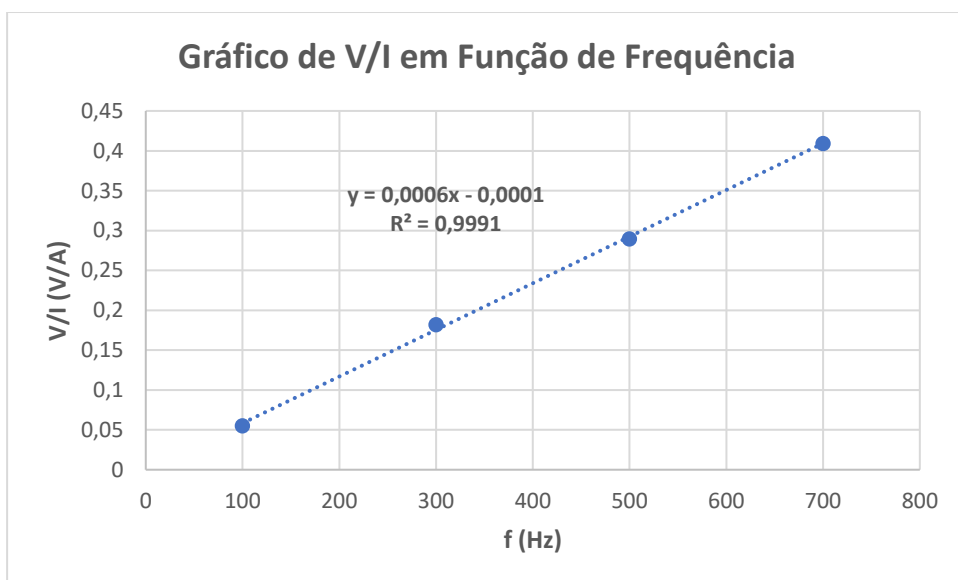
Com base nos dados e no gráfico apresentado, verificaram que quando a tensão aumenta, a corrente também aumenta. Isto significa que, tensão é proporcional à corrente, isto é, $V \propto I$.

Parte 3:

Esta parte usa o programa Audicity, o tempo de utilização é de 30 segundos e a amplitude é 0,8. A frequência é variável, de 100 Hz até 1000 Hz; a corrente é fixa, e o número de espiras é 250.

f (Hz)	V (V)	I (A)	V/I (V/A)
100	0,0121	0,22	0,055
300	0,04	0,22	0,181818
500	0,0637	0,22	0,289545
700	0,0859	0,21	0,409048

Gráfico:



Com base nos dados e no gráficos apresentados podemos concluir que a tensão é proporcional à frequência, isto é, $V \propto f$.

Parte 4:

Esta parte usa o programa Audicity, o tempo de utilização é de 30 segundos e a amplitude é 0,8. O número de espiras é variável, de 50 a 150; a corrente e a frequência são fixas.

n (espiras)	V (V)	I (A)
50	0,0147	0,15
100	0,0296	0,15
150	0,0486	0,15
200	0,0673	0,15
250	0,0846	0,15

Gráfico:

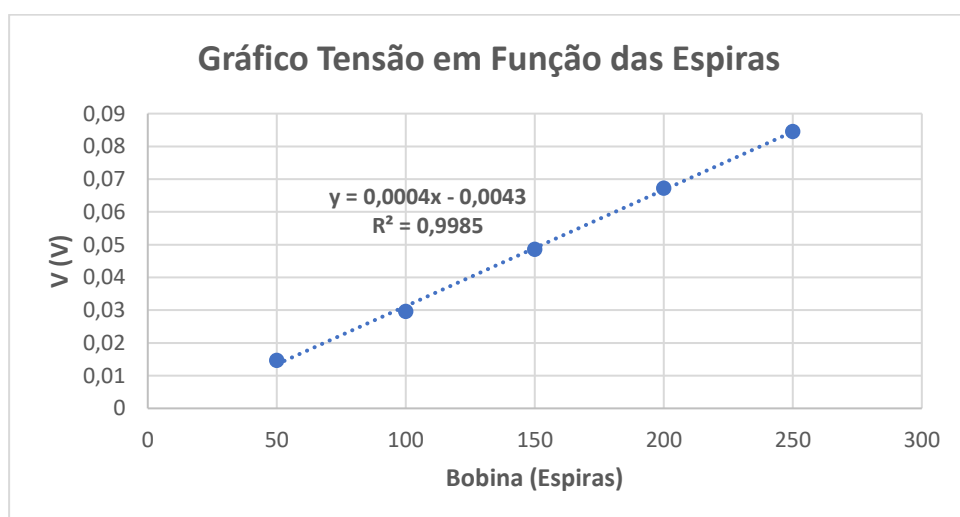
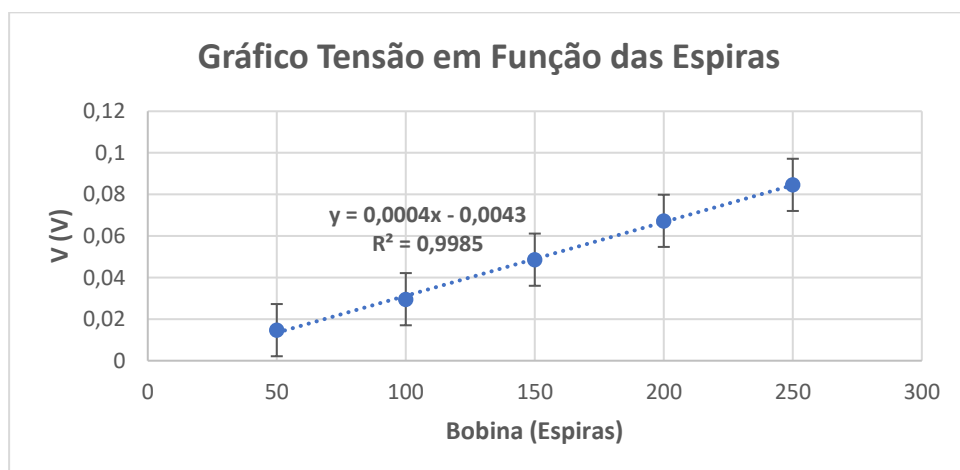


Gráfico de Erro:

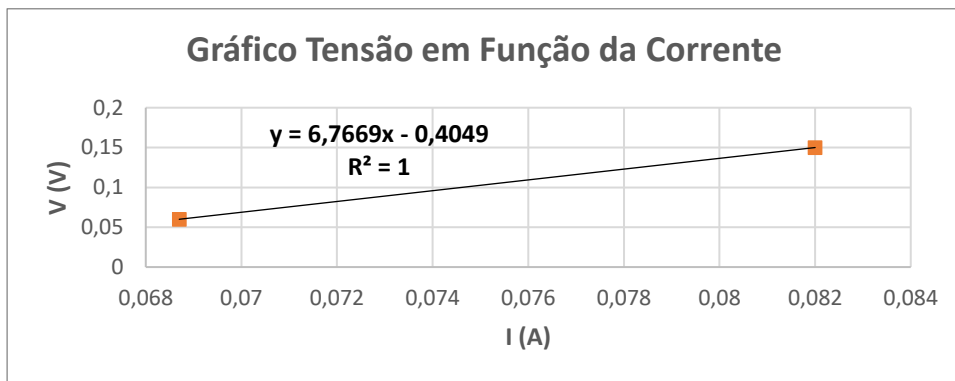


Com base nos dados e no gráfico apresentado podemos concluir que a tensão é proporcional ao número de espiras da bobina ou seja, $V \propto N$.

Parte 5:

Bobina Ext	V (V)	I (A)
1 x	0,0687	0,06
2 x	0,082	0,15

Gráfico:



1. Conclusão

- Polo norte de um íman é aproximado da bobina: a agulha do amperímetro foi deslocada para a direita;
 Polo norte de um íman é afastado da bobina: a agulha do amperímetro foi deslocada para a esquerda;
 Polo sul de um íman é aproximado da bobina: a agulha do amperímetro foi deslocada para a esquerda;
 Polo sul de um íman é afastado da bobina: a agulha do amperímetro foi deslocada para a direita.
- Com base no resultado anterior conclui-se que a tensão é proporcional à corrente, à frequência, ao número de espiras da bobina, à área da bobina, à permitividade de elétrico e comprimento da bobina.
- A permitividade elétrica deduzida do gráfico da tensão em função da corrente é $1,45 \times 10^{-6} \text{ T m/A}$.

ESTUDO DA LEI DE OHM, RESISTÊNCIA E RESISTIVIDADE

Nome do Grupo:

1. David Monteiro da Costa
2. Brigita da Silva
3. Angela Garcia
4. Abel dos Santos

1. Análise dos dados.

Parte 1:

Tabela 1: Relação entre a tensão e a intensidade de corrente.

I(A)	V(Volt)
0,016	1,18
0,03	3,13
0,044	4,47
0,057	5,8

Gráfico da tensão em função da intensidade de corrente.

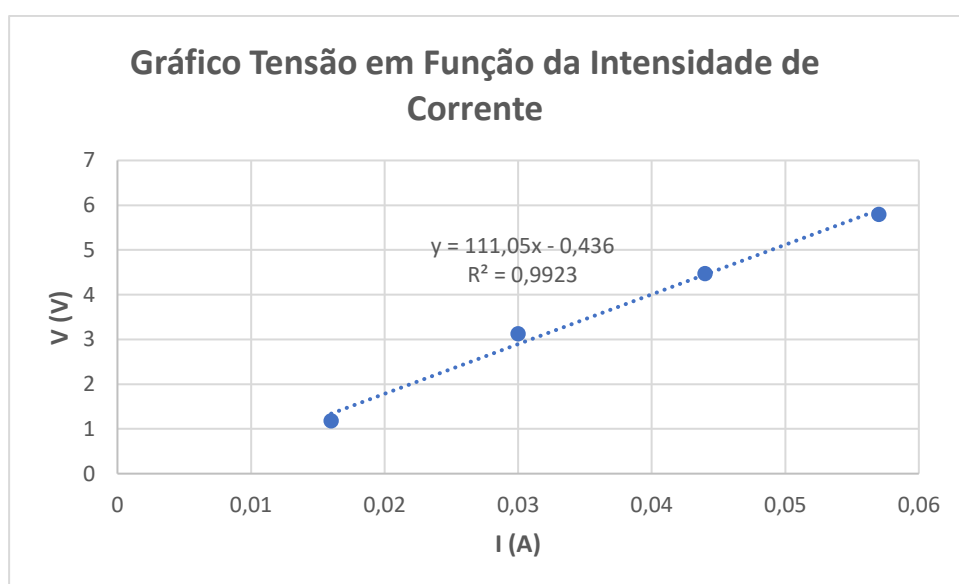
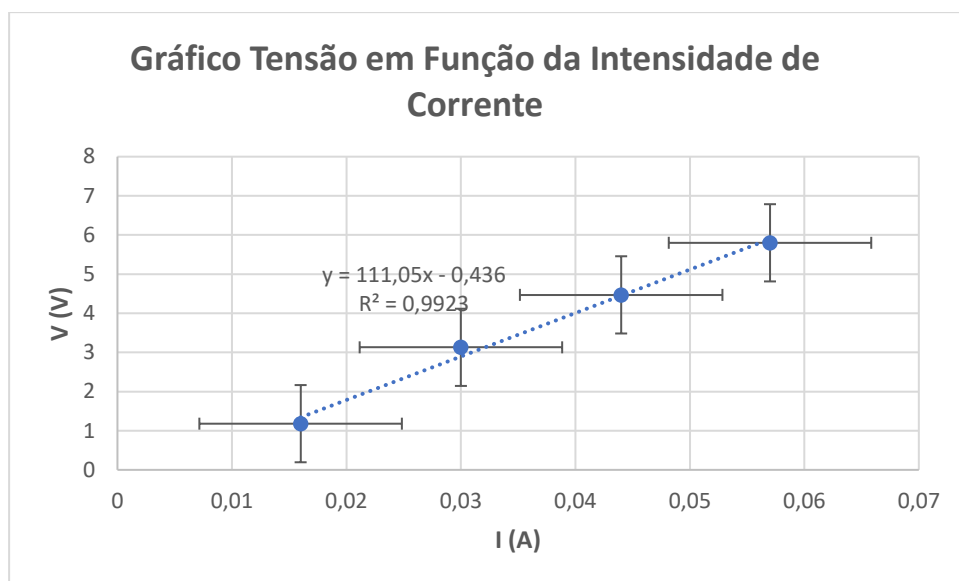


Gráfico do Erro



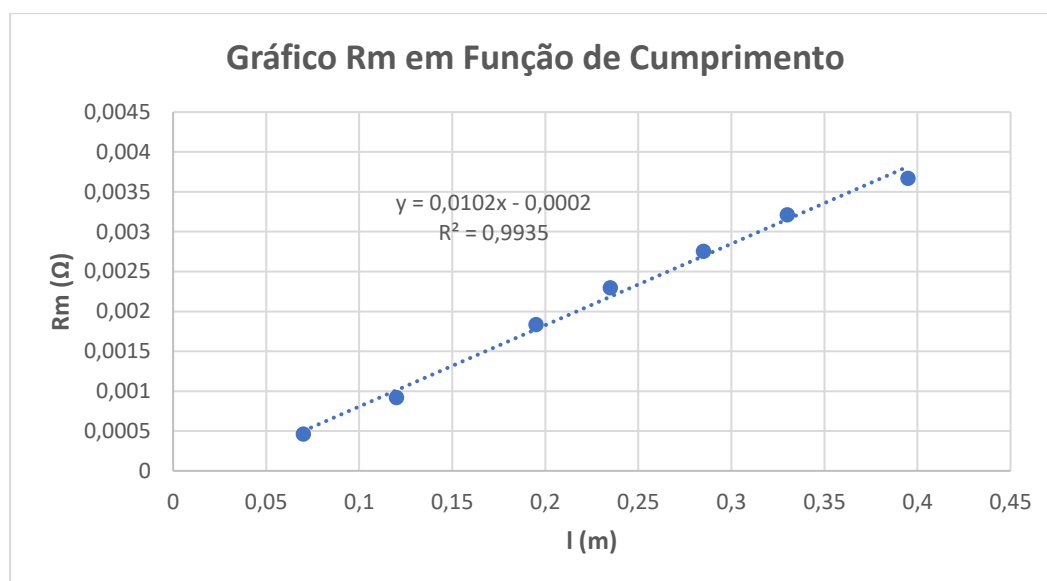
	m	b	
	111,0466	-0,43596	
Δm	6,925386	0,275736	Δb
R^2	0,992281	0,212187	

Parte 2:

Tabela: Resistência

Nú	l (cm)	V _m (mV)	V ₀ (mV)	I _m (A)	I ₀ (A)	V _m - V ₀	I _m - I ₀	l (m)	R _m (mΩ)
1	24	1,63	0	2,17	0	1,63	2,17	0,24	0,75115207
2	22	1,45	0	2,17	0	1,45	2,17	0,22	0,66820276
3	18	1,18	0	2,17	0	1,18	2,17	0,18	0,5437788
4	16	1,01	0	2,17	0	1,01	2,17	0,16	0,46543779
5	13	0,83	0	2,17	0	0,83	2,17	0,13	0,38248848
6	11	0,74	0	2,17	0	0,74	2,17	0,11	0,34101382
7	7,9	0,48	0	2,17	0	0,48	2,17	0,079	0,22119816

Gráfico:



	m	b	
	0,010205	-0,00021	
Δm	0,00037	9,47E-05	Δb
R^2	0,993471	0,000104	

Tabela: Diâmetros da Barra:

Medição	Diâmetro ou lado (mm)	Diâmetro ou lado (m)
1.	10,16	0,01016
2.	9,92	0,00992
3.	9,87	0,00987
4.	9,87	0,00987
5	10,01	0,01001

Δd	0,0005
d^2	9,93212E-06
phi	3,14
m	0,0102
Δm	0,0004
(phi d^2)/4	7,79671E-05
ρ	7,95264E-08

2. Conclusão

- A intensidade de corrente e a diferença de potencial numa resistência são diretamente proporcionais.
- A resistência do condutor é $(111 \pm 7) \Omega$
- A resistência depende para tensão e corrente e tipo de material.
- A resistividade da barra é $7,95 \times 10^{-8} \Omega \text{ m}$

ESTUDO DO CIRCUITO R-L-C SÉRIE**Nome do Grupo:**

1. Jonato F. de Sousa
2. José Latera
3. Juvito Dias
4. Luis Corte-Real

1. Análise de dados:**Tabela 1:**

Nº	f (kHz)	V _{in} (V)	V _{R ef} (V)	Dif. fase	V _R /V _{in}	I _{ef} mA)
1	950	2	0,13	83	0,065	0,013
2	1000	1,9	0,164	77	0,08632	0,0164
3	1050	1,83	0,178	74	0,09727	0,0178
4	1100	1,62	0,204	70	0,12593	0,0204
5	1150	1,46	0,228	68	0,15616	0,0228
6	1200	1,22	0,25	52	0,20492	0,025
7	1250	0,9	0,283	32	0,31444	0,0283
8	1300	0,84	0,28	5	0,33333	0,028
9	1350	0,9	0,274	-30	0,30444	0,0274
10	1400	1,12	0,262	-51	0,23393	0,0262
11	1450	1,32	0,244	-60	0,18485	0,0244
12	1500	1,52	0,22	-69	0,14474	0,022
13	1600	1,78	0,191	-70	0,1073	0,0191
14	1700	1,923	0,156	-76	0,08112	0,0156

Tabela 2: V_R/V_{in} em Função da Frequência

f (kHz)	V _R /V _{in}
950	0,065
1000	0,08632
1050	0,09727
1100	0,12593
1150	0,15616
1200	0,20492
1250	0,31444
1300	0,33333
1350	0,30444
1400	0,23393
1450	0,18485

1500	0,14474
1600	0,1073
1700	0,08112

Gráfico: VR/Vin em função da frequência

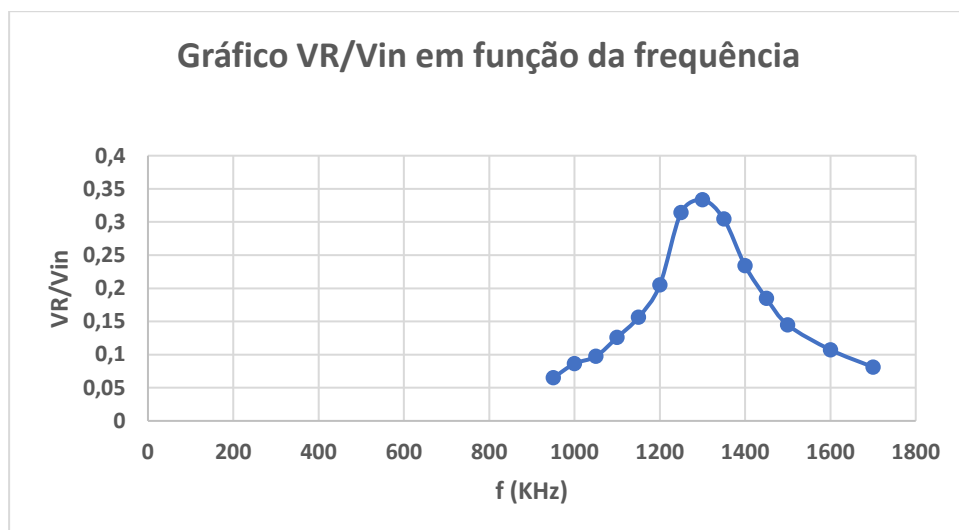


Tabela 3: Diferença Fase em Função da Frequência

f (kHz)	Dif. fase
950	83
1000	77
1050	74
1100	70
1150	68
1200	52
1250	32
1300	5
1350	-30
1400	-51
1450	-60
1500	-69
1600	-70
1700	-76

Gráfico: Diferença de fase em função da frequência

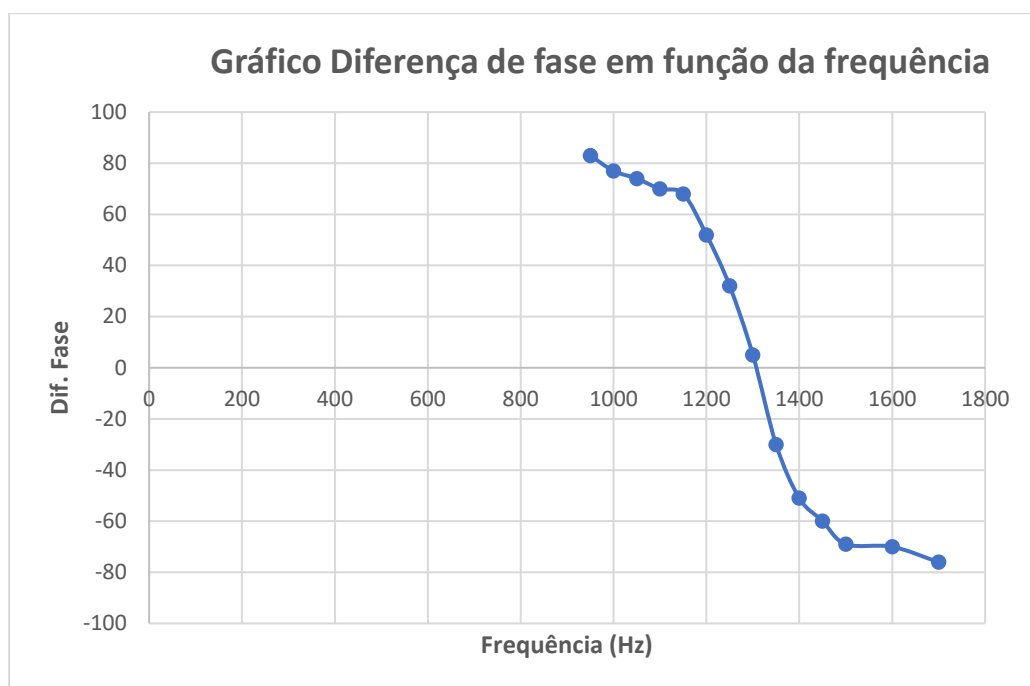


Gráfico:

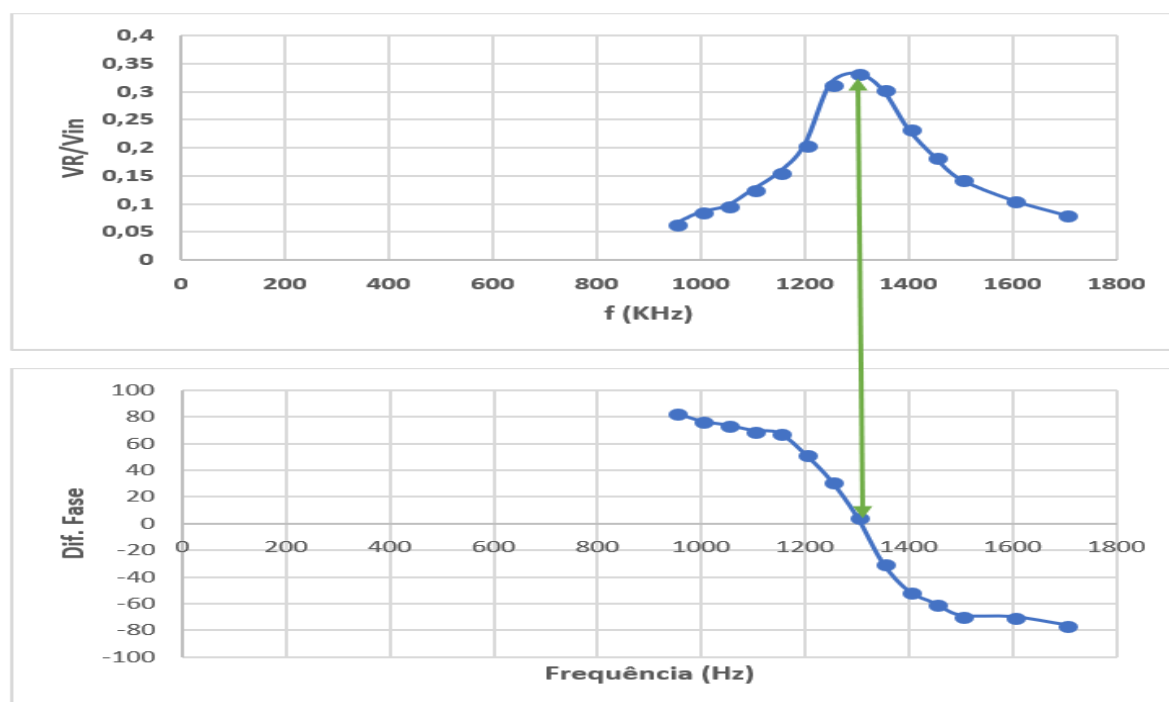
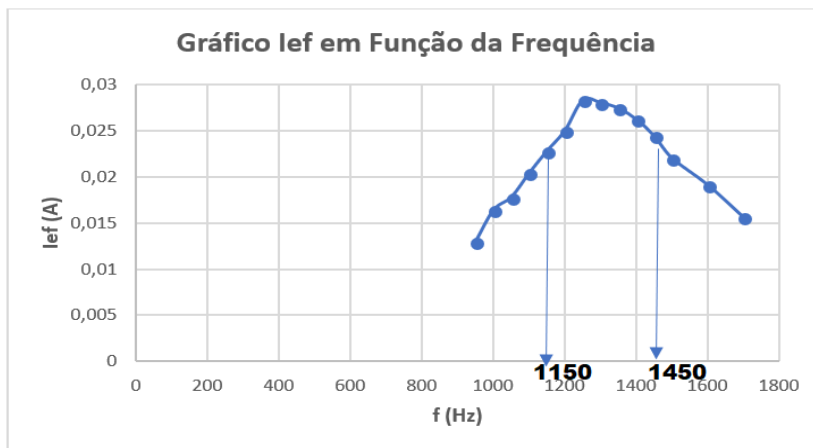


Tabela 4: I_{ef} em função da frequência

f (kHz)	$I_{ef} = \frac{V_R}{10}$
950	0,013
1000	0,0164
1050	0,0178

1100	0,0204
1150	0,0228
1200	0,025
1250	0,0283
1300	0,028
1350	0,0274
1400	0,0262
1450	0,0244
1500	0,022
1600	0,0191
1700	0,0156

Gráfico:



$$\Delta f = 1450 - 1150 = 300 \text{ Hz}$$

2. Conclusão

A frequência de ressonância nesta experiência é 300 Hz

4.3. Análise das respostas aos questionários

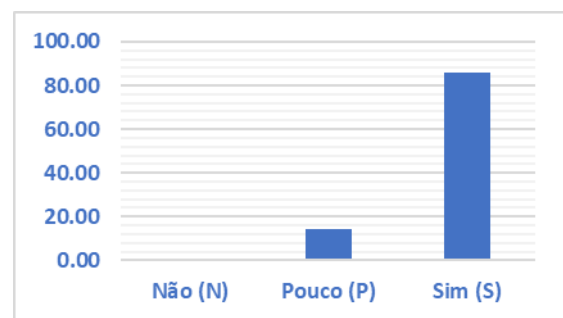
4.3.1. Estudo da lei de Ohm, resistência e resistividade.

Pergunta 1: A experiência ajudou-o(a) a compreender os conceitos de intensidade de corrente elétrica, de diferença de potencial entre dois pontos e de resistência elétrica?

O objetivo da pergunta era saber da compreensão sobre os conceitos após a realização da experiência.

Os resultados dos 21 estudantes mostram que a grande maioria acha que sim (85 %).

Isto significa que, na realização da experiência, os alunos podem compreender bem sobre os conceitos de intensidade de corrente elétrica, de diferença de potencial entre dois pontos e de resistência elétrica.

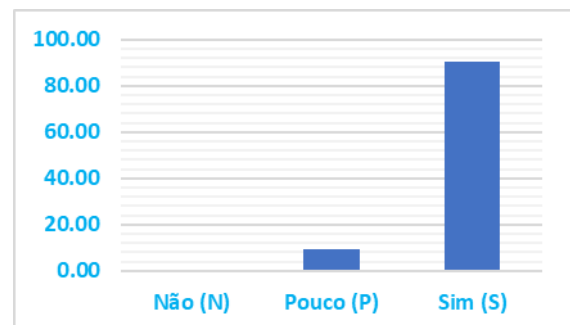


Pergunta 2: A experiência ajudou-o(a) a compreender a lei de Ohm?

O objetivo da questão era ver se a experiência pode ajudar compreensão da lei de Ohm.

Os resultados dos 21 estudantes mostram que a grande maioria acha que sim (90 %).

Isto significa que a experiência ajudou os estudantes a compreenderem a lei de Ohm.

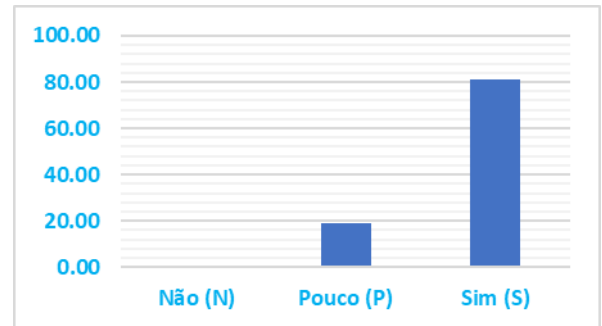


Pergunta 3: Conseguiu realizar as montagens do trabalho?

O objetivo da questão era ver se os estudantes foram capazes de fazer as montagens.

Os resultados dos 21 estudantes mostram que a grande maioria sabe montar a experiência (81 %) não havendo nenhum que não soubesse fazer a montagem.

Isto significa que os estudantes sabem realizar as montagens este trabalho.

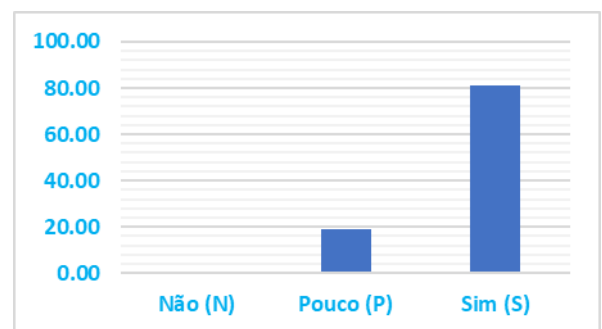


Pergunta 4: Conseguiu determinar a resistência a partir do gráfico?

O objetivo da questão era saber se os estudantes compreenderam como se pode determinar a resistência baseando-se no gráfico.

Os resultados mostram que a grande maioria sabe determinar a resistência graficamente (81 %).

Isto significa que os estudantes sabem determinar a resistência através do gráfico.

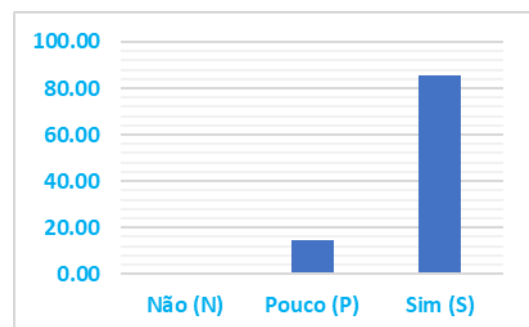


Pergunta 5: Conseguiu determinar a resistividade da barra?

O objetivo da questão era saber se os estudantes conseguem determinar a resistividade do metal da barra.

Os resultados mostram que a grande maioria sabe fazer os cálculos necessários para determinar a resistividade (86 %).

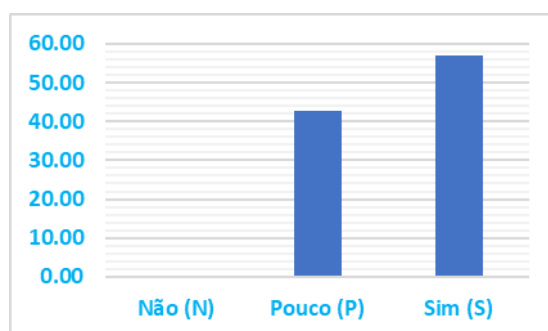
Isto significa que os estudantes sabem determinar a resistividade do metal da barra.



Pergunta 6: As instruções fornecidas foram úteis? e suficientes?

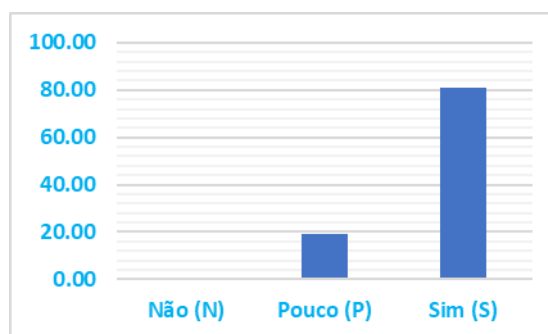
Os resultados mostram que só 57% dos estudantes responderam sim.

Isto significa que os estudantes não compreendem bem as instruções, principalmente com dificuldades na língua, obrigando em todas atividades que realizam a ter acompanhamento máximo do professor.



Pergunta 7: O tempo previsto para a realização da experiência foi suficiente?

Os resultados mostram que a grande maioria considera que o tempo é suficiente (81 %).



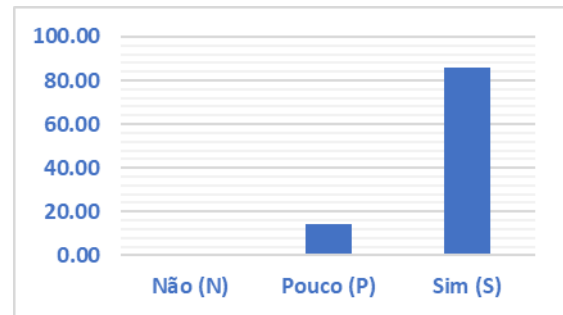
4.3.2. Estudo da lei de indução e da lei de Lenz

Pergunta 1: A experiência ajudou-o(a) a compreender o fenómeno da indução eletromagnética?

O objetivo da questão era ver se a experiência ajudou os estudantes a compreender o fenómeno da indução eletromagnética.

Os resultados dos 21 estudantes mostram que a grande maioria acha que sim (85 %).

Isto significa que a realização da experiência ajudou os estudantes a compreender o fenómeno da indução eletromagnética.

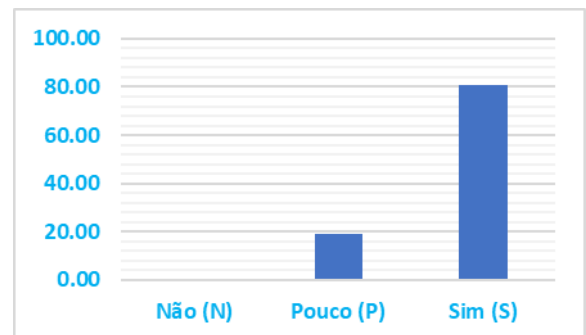


Pergunta 2: A experiência ajudou-o(a) a compreender a lei de Lenz?

O objetivo da questão era ver se a experiência ajudou os estudantes a compreender a lei de Lenz.

Os resultados dos 21 estudantes mostram que a grande maioria acha que sim (81 %).

Isto significa que a realização da experiência ajudou os estudantes a compreender a lei de Lenz.



Pergunta 3: Conseguiu realizar as montagens do trabalho?

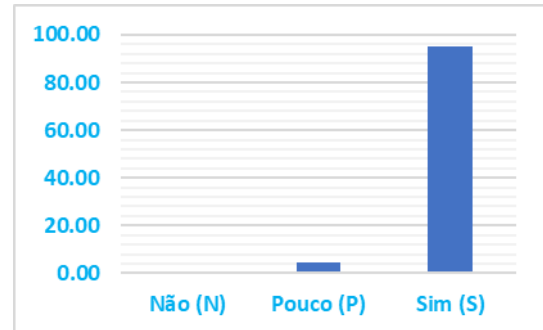
O objetivo da questão era ver se os estudantes conseguiram fazer a montagem.

Os resultados dos 21 estudantes mostram que todos conseguiram montar a experiência facilmente (100 %).

Pergunta 4: Conseguiu fazer o gráfico da tensão em função da frequência?

O objetivo da questão era determinar se os estudantes sabem fazer o gráfico da tensão em função da frequência.

O resultado mostra que a grande maioria dos estudantes (95%) sabe fazer o gráfico da tensão em função da frequência sem dificuldades.



Pergunta 5: Conseguiu fazer o gráfico da tensão em função da intensidade de corrente?

O resultado desta questão é o esperado, exatamente igual à questão anterior.

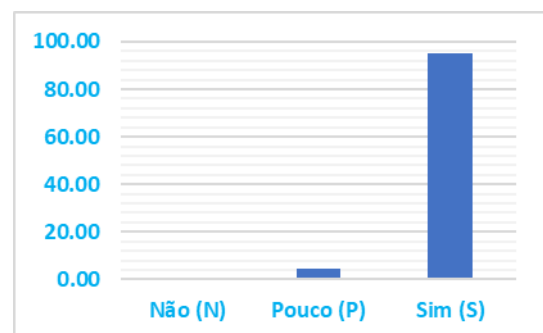
Pergunta 6: Conseguiu fazer o gráfico da tensão em função do número de espiras?

O resultado desta questão é diferente das duas anteriores. 100% dos estudantes respondeu que não teve dificuldades na realização deste gráfico.

Pergunta 7: As instruções fornecidas foram úteis? e suficientes?

O resultado mostra que a grande maioria dos estudantes (95%) indica que sim.

Este resultado contrasta com a resposta à pergunta equivalente do trabalho sobre a lei de Ohm onde apenas 57% responderam sim.



Pergunta 8: O tempo previsto para a realização da experiência foi suficiente?

90 % indica que sim, o tempo é suficiente.

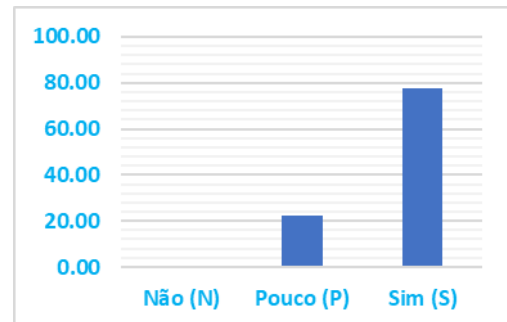
4.3.3. Estudo do circuito de RLC série

Pergunta 1: A experiência ajudou-o(a) a compreender o que é um circuito RLC, a diferença entre corrente contínua e alternada e o conceito de ressonância?

O objetivo da questão era ver se a experiência ajudou os estudantes a compreender os conceitos associados ao circuito RLC série.

Os resultados dos 18 estudantes mostram que a grande maioria acha que sim (78 %).

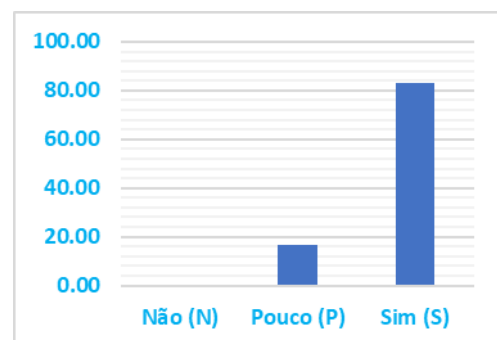
Isto significa que a realização da experiência ajudou os estudantes a compreender o circuito RLC, a diferença entre corrente contínua e alternada e o conceito de ressonância.



Pergunta 2: A experiência ajudou-o(a) a compreender o circuito RLC série e a diferença de comportamento dos componentes?

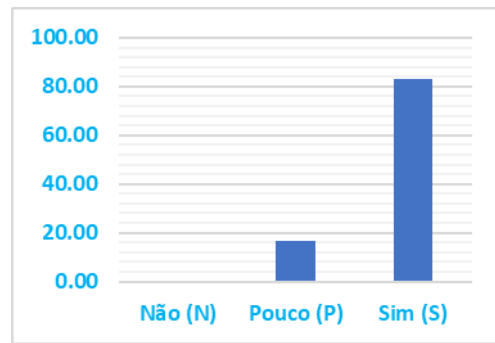
Os resultados dos 18 estudantes mostram que a grande maioria acha que sim (89 %).

Isto significa que a realização da experiência ajudou os estudantes a compreender o fenómeno da indução eletromagnética.



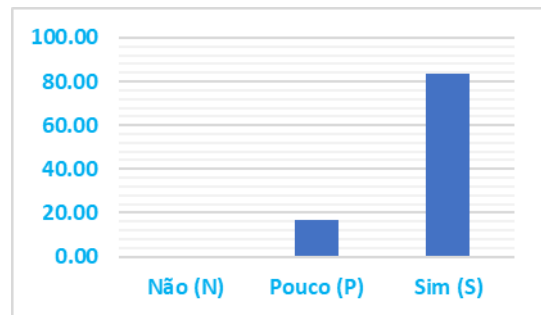
Pergunta 3: Conseguiu compreender a montagem?

Os resultados dos 18 estudantes mostram que a grande maioria acha que sim (89 %).



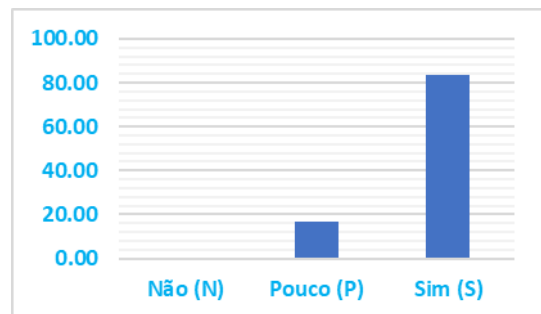
Pergunta 4: Conseguiu fazer o gráfico da corrente normalizada em função de frequência?

83% dos estudantes indicam que conseguem fazer o gráfico da corrente normalizada em função da frequência.



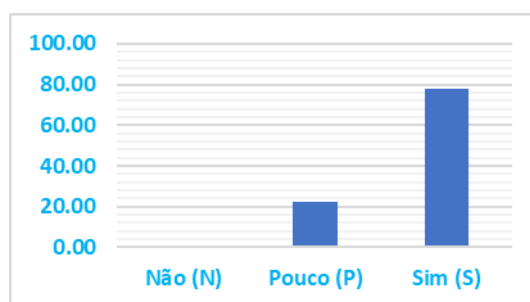
Pergunta 5: Conseguiu fazer o gráfico da diferença de fase em função da frequência?

83% dos estudantes indicam que conseguem fazer o gráfico da diferença de fase em função da frequência.



Pergunta 6: Conseguiu determinar a frequência de ressonância do circuito?

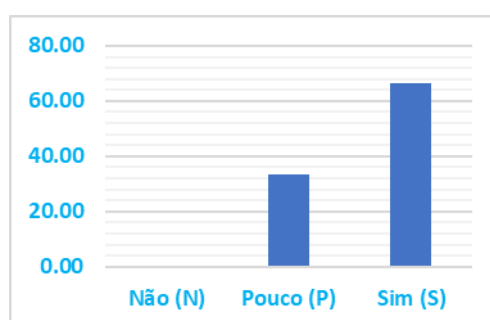
78% dos estudantes indicam que conseguem determinar a frequência de ressonância do circuito.



Pergunta 7: As instruções fornecidas foram úteis? e suficientes?

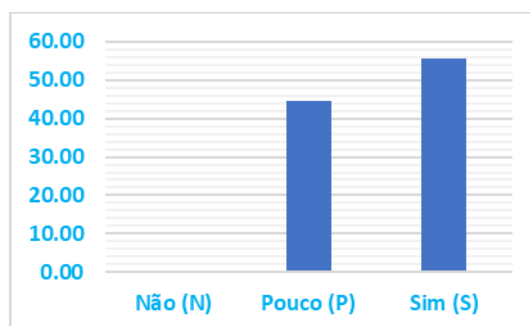
Os resultados mostram que só 67% dos estudantes responderam sim.

Isto significa que as instruções fornecidas foram suficientes, mas que precisam de ter acompanhamento do professor.



Pergunta 8: O tempo previsto para a realização da experiência foi suficiente?

Os resultados dividem-se entre o sim (56%) e o pouco (44%). O principal fator para este resultado é a introdução do osciloscópio pela primeira vez aos alunos.



4.4. Discussão

4.4.1. Relatórios de alunos

Os resultados obtidos pelos alunos nas três experiências que fizeram dentro da sala do laboratório estão de acordo com o esperado. Começaram a organizar as ferramentas até obter os dados e fazerem os gráficos.

Depois continuaram em casa fazendo um relatório por experiência no tempo de uma semana. Durante esta semana, eles vão consultar com professor da disciplina do laboratório se tiverem dificuldades sobre a forma de escrita do relatório até obterem um relatório final.

4.4.2. Estudo da lei de Ohm, resistência e resistividade

Com base nos resultados da análise anterior, a capacidade de os alunos entenderem os conceitos de intensidade de corrente, de diferença de potencial entre dois pontos e de resistência elétrica e de compreenderem as experiências baseadas na lei de Ohm é boa, aproximando-se dos 91%.

A capacidade dos alunos para fazerem as montagens experimentais também é muito boa, apesar dos muitos obstáculos enfrentados pelos alunos, pois só o conseguiram fazer bem com explicações dos professores. Podemos confirmar isto na resposta à questão número 3, que é próximo a 81%.

A capacidade de determinar o valor de uma resistência, da resistividade da barra, bem como os erros de uma parte do gráfico também podem ser considerados bons, ou seja, próximos a 86%. Estes resultados indicam que os alunos estão verdadeiramente interessados em aprender através de experiências para comprovar, e solidificar, o que já estudaram teoricamente.

As instruções do protocolo eram menos detalhadas, de modo que os resultados da questão deram de apenas 57% de sim. Isto resulta fundamentalmente da sua falta de compreensão em termos de linguagem, embora não todos. Além disso, a restrição fundamental é como interpretar o circuito. Em termos de tempo, nesta experiência não consideraram de execução longa, como na lei de ohm depois de compreender o circuito, é rapidamente montado.

4.4.3. Estudo da lei de indução e da lei de Lenz

Baseada nos resultados da análise acima, a capacidade dos alunos de entender o contexto de o fenómeno da indução eletromagnética e lei de Lenz é entender bem, aproximando-se dos 81%. A capacidade dos alunos para projetar experimentos também é muito boa. Porque na primeira experiência a primeira tentativa de fazê-los sentir-se bem e rápido. A capacidade para fazer os

gráficos é boa ou aproximada 95 porcentos, seja os gráficos da tensão em função da frequência, da tensão em função da intensidade de corrente e da tensão em função do número de espiras. Isso é porque, eles já entendem a criação de gráficos do programa Excel além disso como a ler o instrumento multímetro. A capacidade para ler as instruções é boa.

4.4.4. Estudo do circuito de RLC série

Com base nos resultados dos dados do questionário, a experiência ajudou a compreender o circuito RLC, a diferença entre corrente contínua e alternada e o conceito de ressonância e até fazer os gráficos. Mas o tempo que precisaram para praticar é insuficiente. Porque, antes de fazer a experiência os estudantes não sabiam nada sobre o osciloscópio.

CAPÍTULO V

CONCLUSÕES

5. REFLEXÕES FINAIS

5.1. Conclusões

Com base nos resultados da discussão no capítulo 4, pode-se concluir que a aprendizagem com práticas de laboratório pode melhorar a compreensão dos alunos e eles podem comprovar o que aprenderam nas aulas teóricas do curso de Eletromagnetismo. E, o Eletromagnetismo é uma matéria que é difícil de se entender bem se não for acompanhada de atividade experimental.

A atividade prática foi capaz de criar um clima mais apaixonado para aprender, de motivar e de provocar a criatividade dos alunos na aprendizagem. Os estudantes curiosos são motivados para testar e tentar analisar as descobertas na prática laboratorial.

Os professores devem ter mais ideias e criatividade na otimização das ferramentas de ensino. As experiências que foram criadas usam em geral equipamento de baixo custo, fácil reparação e replicação.

É importante que o professor seja capaz de criar mais experiências destas.

Este ponto foi avaliado através de realização de inquéritos após a realização de três atividades experimentais. Nestes inquéritos a grande maioria dos alunos referiram que a realização destas atividades aumentou muito a sua compreensão dos tópicos teóricos.

5.2. Trabalho futuro

O autor deste trabalho sugere que sejam tidos em consideração os seguintes pontos para a continuação deste trabalho:

- 1) Os professores têm de dominar a teoria do que ensinam. Nesse sentido, além de um estudo continuado dos temas, devem poder realizar ações de formação e/ou cursos de mestrado em Ensino da Física.
- 2) As aulas práticas de laboratório são uma excelente ferramenta de ensino de Eletromagnetismo. Por isso o esforço na melhoria do laboratório da Universidade de Dili deve continuar, possivelmente com o apoio do DFA/UP.

6. BIBLIOGRAFIA

- K. Kenneth – Modern Physics. 3ª ed. United States of America: John Wiley & Sons, INC, 2011. ISBN: 978-1-118-06114-5
- V. Mikhail e C.F. Isabel – Física Dos Semicondutores. 1ª ed. Coimbra: Almedina, 2005. ISBN 972-40-2654-X
- Marcelo e J.F. Edward – Física. Lisboa: Escolar Editora, 2012. ISBN:978-972-592-333-7
- A.T. Paul e M. Gene – Física Para Cientistas e Engenheiros. 6ª ed. Vol.2. genio LTC, 2009. ISBN:978-85-216-1711-2
- Halliday and Resnick – Fundamentos de Física Eletromagnetismo. 10ª ed. Rio de Janeiro: gen LTC, 2016. ISBN 978-85-216-3037-1

ANEXOS

7. Anexos

7.1. Anexo 1 – Estrutura curricular do curso de Ensino de Física

Tabela 3. Estrutura curricular do curso de Ensino de Física.

No	Unidades Curriculares 1º Semestre	Sigla	ECTS	CH	AT	ATP	AP/AL	EA
1	Língua Portuguesa 1	UNI	4	108	40	20		48
2	Língua Tétum 1	UNI	4	108	40	20		48
3	Língua Inglesa 1	UNI	4	108	40	20		48
4	Matemática Básica	UNI	6	162	60	30		72
5	Física Geral e Experimental I	DFIS	8	216	60	20	40	96
6	Biologia Geral	FAC	4	108	40	20		48
	Total		30					

No	Unidades Curriculares 2º Semestre	Sigla	ECTS	CH	AT	ATP	AP/AL	EA
1	Língua Portuguesa 2	UNI	5	135	40	35		60
2	Língua Tétum 2	UNI	5	135	40	35		60
3	Língua Inglesa 2	UNI	5	135	40	35		60
4	Educação Cívica, Ética e Moral	UNI	3	81	30	15		36
5	Física Geral e Experimental 2		8	216	60	20	40	96
6	Química Básica		4	108	40	20		48
	Total		30					

No	Unidades Curriculares 3º Semestre	Sigla	ECTS	CH	AT	ATP	AP/AL	EA
1	Ótica geométrica		5	135	45		30	60
2	Física geral e experimental III		5	135	45		30	60
3	Cálculo e geometria analítica		6	162	60	30		72
4	Eletromagnetismo		6	162	60		30	72
5	Pedagogia do Ensino		4	108	40	20		48
6	Instrumento de Física		4	108	20		40	48
	Total		30					

No	Unidades Curriculares 4º Semestre	Sigla	ECTS	CH	AT	ATP	AP	EA
1	Tecnologia e multimédia		6	162	60		30	72
2	Matemática para físicos		5	135	45	30		60
3	Estratégia do Ensino Aprendizagem		4	108	40	20		48
4	Orientação e aconselhamento		4	108	40	20		48
5	Física do Ensino Secundário		6	162	60	30		72
6	Avaliação do Ensino de Física		5	135	60	15		60
	Total		30					

No	Unidades Curriculares 5º Semestre	Sigla	ECTS	CH	AT	ATP	AP/AL	EA
1	Termodinâmica		6	162	60		30	72
2	Fundamentos de astronomia e Astrofísica		5	135	45		30	60
3	Psicologia da Educação		4	108	40	20		48
	Sociologia da Educação		4	108	40	20		48
4	Estatística Básica para pesquisa		5		45	30		60
5	Eletrónica		6	162	60		30	72
	Total		30					

No	Unidades Curriculares 6º Semestre	Sigla	ECTS	CH	AT	ATP	AP/AL	EA
1	Estudo Currículo		6	162	60	30		72
2	Metodologia da pesquisa		5	135	45	30		60
3	Mecânica Clássica		4	108	40		20	48
4	Física do século XX (Moderna & Núcleo)		6	162	60		30	72
5	Mecânica quântica		5	135	45		30	60
6	Física Aplicada I (Mecânica e Ótica geometria)		4	108	40		20	48
	Total		30					

No	Unidades Curriculares 7º Semestre	Sigla	ECTS	CH	AT	ATP	AP/AL	EA
1	Prática Pedagógica I		8	216	40	80		
2	Seminários		4	108	20	40		
3	Física Aplicada II (Eletromagnetismo e Energia Alternativa)		4	108	20		40	
4	Física Ambiental		4	108	40	20		
5	Física Estado Sólido		6	162	60		30	
6	Gestão e Administração. Escolar		4	108	40	20		
	Total		30					

No	Unidades Curriculares 8º Semestre	Sigla	ECTS	CH	AT	ATP	AP/AL	EA
1	Monografia		16	432	80	160		192
2	Prática pedagógica II		14	378	40	170		168
	Total		30					

Refere-se de seguida a descrição global de carga horária de trabalho no currículo do sistema ECTS, podemos definir a carga horária cada unidade da seguinte forma:

- a). 16 ECTS = 4 horas de orientação, 6 horas de apresentação e de comunicação, 6 horas para o trabalho autónomo de alunos sobre a preparação do projeto de monografia e de finalização de monografia;
- b). 14 ECTS = 2 horas de teoria orientado pelo orientador 6 horas de práticas sem supervisão por parte docentes orientadores e/ou supervisor e 6 horas de trabalho autónomo;
- c). 8 ECTS = 10h45m horas de trabalho/semana horas de encontros teóricos na sala de aula, 2 horas de trabalho prático e 3 horas para o trabalho autónomos tanto em grupo como individuo nas atividades de leitura obrigatória nas bibliotecas, desenvolvimento das atividades práticas, apresentação e comunicação;
- d). 6 ECTS = 8h00 horas de trabalho/semana de encontros na sala de aula mais 2 horas de trabalho prático no laboratório mais 2 horas para o trabalho autonomia tanto no grupo como individuo na finalização leituras obrigatórias nas bibliotecas;
- e) 5 ECTS = 6h45m horas de trabalho /semana de encontros na sala de aula mais 2 horas de trabalho prático no laboratório mais 1 horas para o trabalho autonomia tanto no grupo como individuo na finalização leituras obrigatórias nas bibliotecas;
- f). 4 ECTS = 5h30m horas de trabalho/semana de encontros na sala de aula mais 1 horas de trabalho prático no laboratório mais 1 horas para o trabalho autonomia tanto no grupo como individuo na finalização leituras obrigatórias nas bibliotecas.

7.2. Anexo 2 – protocolos

Os protocolos desenvolvidos para trabalhos laboratoriais em Timor, são apresentados nas páginas seguintes.

ESTUDO DO LEI DE OHM, RESISTÊNCIA E RESISTIVIDADE

1. Objetivos

- 1) Verificar a relação entre a intensidade de corrente e a diferença de potencial numa resistência
- 2) Determinar graficamente a resistência do condutor
- 3) Analisar a dependência de resistência, em diversos parâmetros
- 4) Determinar a resistividade de um material

2. Fundamento Teórico

3. Lei de Ohm

Em certos condutores ditos ohmicos – a diferença de potencial entre dois pontos de um condutor é diretamente proporcional à corrente que o percorre. Ou seja (lei de Ohm)

$$V = R I \quad (1)$$

Onde R , é a constante de proporcionalidade, que se diz a resistência do condutor.

4. Resistividade

A resistência de um condutor depende do material de que é constituído e de parâmetros geométricos do mesmo. Para um condutor homogêneo cilíndrico de secção reta S e comprimento L , a resistência é dada por:

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (2)$$

onde:

ρ = resistividade do material e $S = \pi D^2/4$, sendo D o diâmetro:

$$R = \rho \frac{4L}{\pi D^2} \quad (3)$$

Na tabela 1 apresentam-se os valores de ρ de alguns materiais

Nº	Material	Resistividade ($\Omega \text{ m}$)
1.	Prata	$1,62 \times 10^{-8}$
2.	Cobre	$1,69 \times 10^{-8}$
3.	Ouro	$2,35 \times 10^{-8}$
4.	Alumínio	$2,75 \times 10^{-8}$
5.	Magnésio	$4,82 \times 10^{-8}$
6.	Tungstênio	$5,25 \times 10^{-8}$
7.	Ferro	$9,68 \times 10^{-8}$
8.	Platina	$10,6 \times 10^{-8}$

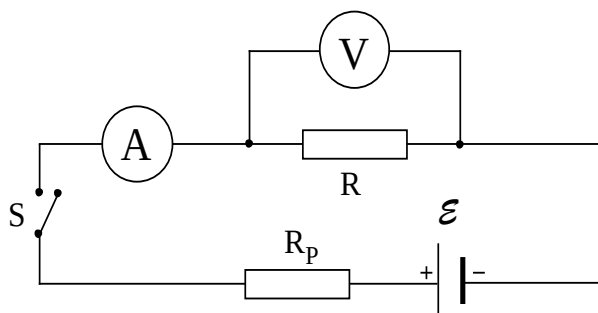
3. Equipamento

- Barras (Ferro, Alumínio e Cobre)
- Fios
- Resistências
- Multímetro (amperímetro, voltmímetro, ohmímetro)
- Fontes de tensão
- Resistência fixa ou variável (para limitar a corrente)
- Interruptor

4. Procedimentos

❖ Parte 1: Lei de Ohm

9. Montar o circuito baseando a figura abaixo!



10. Ajustar a fonte de tensão para 1,0 volt e escrever os valores lidos no amperímetro e no voltímetro
11. Repetir o segundo passo com vários valores de tensão
12. Com os dados obtidos, preencher a tabela abaixo

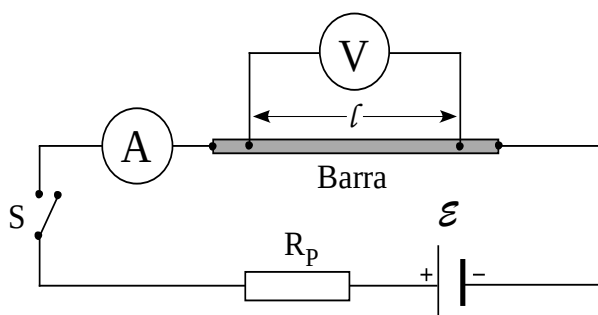
Nº	Tensão (V)	I (A)	V (V)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			

13. Fazer o gráfico da corrente em função da tensão com os valores da tabela
14. Determinar o valor da resistência com base no gráfico
15. Determinar o valor do erro da resistência
16. Fazer a conclusão

Resistividade de condutores da barra de Metal (Alumínio e Ferro), variando o comprimento.

❖ Parte 2: Uso de uma barra

9. Montar o circuito baseando a figura abaixo



10. Meça e preencha os dados da dimensão transversal da barra (diâmetro ou lados) da barra na tabela abaixo

Nº	Diâmetro ou lado (mm)	Diâmetro ou lado (mm)
1.		
2.		
3.		
4.		
.....		

11. Observar e escrever os dados dos multímetros (amperímetro e voltímetro) com comprimento de barra de cm.

12. Repetir o procedimento número três (3) com varias valores do comprimento de barra

13. Resultado de observação, escrever na tabela abaixo

Nú	l (cm)	$V_m(mV)$	$V_0(mV)$	$I_m(A)$	$I_0(A)$	$V_m - V_0$	$I_m - I_0$	l (m)	$R_m (\Omega)$
1									
2									
3									
4									
5									
...									

14. Determinar o valor da resistividade e respetivo erro

15. Repetir os procedimentos para outra barra

16. Fazer a conclusão

5. Referências

A. Marcelo e J.F. Edward – **FÍSICA**. Lisboa: Escolar Editora, 2012. ISBN:978-972-592-333-7

A.T. Paul e M. Gene – **FÍSICA PARA CIENTISTAS E ENGENHEIROS**. 6ª ed. Vol.2. genio LTC, 2009. ISBN:978-85-216-1711-2

Halliday and Resnick – **Fundamentos de Física Eletromagnetismo**. 10ª ed. Rio de Janeiro: gen LTC, 2016. ISBN 978-85-216-3037-1

ESTUDO DO LEI DE INDUÇÃO E LEI DE LENZ

1. Objetivos

- Verificar as leis de Faraday e de Lenz
- Estudar o campo magnético no interior de um solenoide

2. Fundamentos teóricos

Supor que um condutor elétrico, o qual forma um circuito fechado, é colocado numa região onde existe um campo magnético $\vec{B}$.

Designa-se por dS um elemento de área na superfície do condutor e seja $\hat{n}$ um vetor unitário normal ao elemento de superfície. O fluxo magnético através da superfície S é definido por:

$$\phi = \int \vec{B} \cdot \hat{n} dS$$

Se o fluxo magnético variar no tempo, surge uma corrente induzida no condutor. A presença da corrente implica que existe um campo elétrico $\vec{E}$ induzido ou uma força eletromotriz no condutor.

A lei de Faraday estabelece que:

A força eletromotriz induzida num circuito é igual à taxa de variação temporal de fluxo magnético, ou ainda

$$\epsilon_{ind} = - \frac{d\phi}{dt}$$

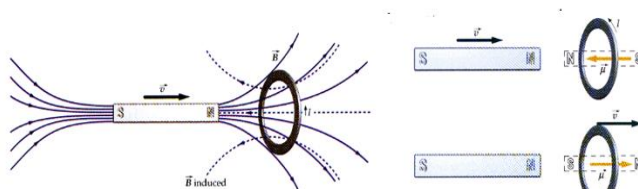
A lei de Lenz estabelece que

A corrente induzida no circuito tem um sentido tal que provoca ela própria um fluxo magnético que contraria a variação do fluxo indutor.

Como exemplo analisem-se as duas situações seguintes:

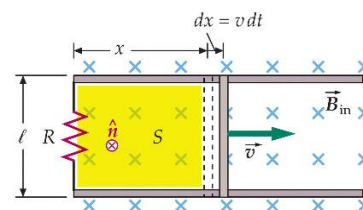
Exemplo 1:

Na figura mostra um ímã de barra movendo-se em direção a um anel condutor. Quando o ímã se move para direita o fluxo magnético através da espira aumenta. Em consequência surge uma corrente induzida que cria um campo magnético (a tracejado) cujo fluxo se vai opor ao aumento de fluxo magnético através da espira (provocado pelo movimento da barra)



Exemplo 2:

A figura ao lado mostra uma barra condutora deslizando, para a direita, ao longo de dois condutores, que formam, com uma resistência (superfície S). O campo magnético criado pela corrente que percorre este circuito tem a orientação indicada na figura ($\vec{B}$ está dirigido para dentro da página).

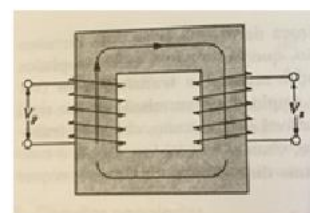


À medida que a barra condutora se move para a direita a superfície atravessada pelo campo magnético aumenta e portanto o fluxo magnético através da superfície S também aumenta: A força eletromotriz induzida no circuito é:

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi}{dt} = -B l v$$

Transformadores

Um transformador é formado por dois circuitos acoplados, conhecidos como primário e secundário. Quando se aplica ao circuito primário uma diferença de potencial (V_1) variável, produz-se uma diferença de potencial (V_2), também variável, no secundário. habitualmente, o primário e o secundário estão enrolados em torno de um núcleo de ferro (figura ao lado) afim de concentrar o fluxo magnético. A razão entre V_1 e V_2 é:



Transformador

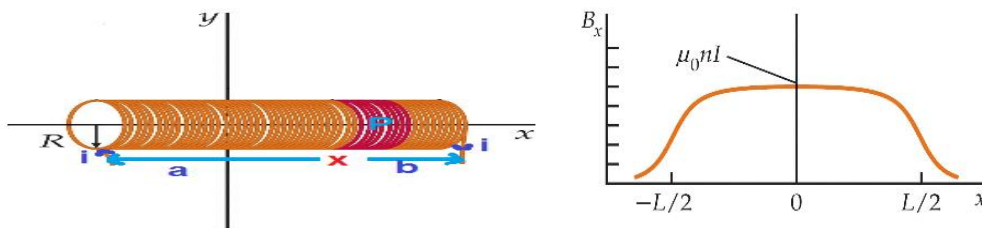
$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

onde N_1 e N_2 são o número de espiras do primário e do secundário, respetivamente.

Como todo fio condutor percorrido por uma corrente elétrica gera ao seu redor um campo magnético, não é diferente para um solenoide.

O campo magnético num ponto P, no interior de um solenoide com N espiras de raio R, e comprimento L, é dado por

$$\vec{B} = \frac{1}{2} \mu_0 \frac{N}{L} I \left(\frac{x-a}{(x-a)^2 + R^2} - \frac{x-b}{\sqrt{(x-b)^2 + R^2}} \right) \vec{x}$$



onde:

$\vec{x}$ é o versor na direção do eixo do solenoide

μ_0 é permeabilidade magnética no ar ($\mu_{\text{ar}} \cong \mu_{\text{vácuo}} = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Tm/A}$)

Se o solenoide poder ser considerado infinito, então o campo magnético no seu interior é uniforme e vale

$$\vec{B} = \mu_0 \frac{N}{L} I \hat{x}$$

Um solenoide é considerado longo se seu comprimento L for muito maior que seu raio R . No interior de um longo solenoide e distante das extremidades, (ver expressão na página anterior) a fração esquerda entre parênteses se aproxima de +1 e a fração direita se aproxima de -1. Isto significa que expressão entre parênteses tende a +2. Assim, na região interna e distante das bordas do solenoide, o campo magnético é dada por:

$$B = \mu_0 \frac{N}{L} I$$

A figura abaixo mostra um solenoide percorrido por uma corrente elétrica i e de comprimento L .

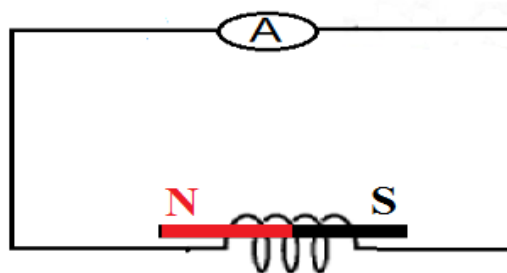
3. Equipamento

- Amperímetro ou galvanómetro
- Fios
- Bobinas
- Íman
- Multímetro
- Transformador
- Resistência variável

4. Execução do trabalho

4.1 Parte 1:

1. Montar o circuito da figura mostrado abaixo

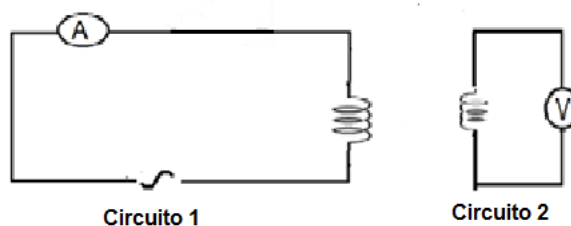


2. Polo norte de um ímã é aproximado da bobina. Observar!
3. Polo norte de um ímã é afastado da bobina. Observar!
4. Polo sul de um ímã é aproximado da bobina. Observar!
5. Polo sul de um ímã é afastado da bobina. Observar!
6. Fazer a conclusão.

4.2 Parte 2

▪ Relações entre tensão e a corrente:

1. Montar um circuito da figura abaixo. O gerador é constituído por um amplificador alimentado por um sinal áudio.
2. Ligue o computador ao amplificador com um cabo de áudio e abra o programa Audacity (ou um ficheiro pré-gravado)



3. Insira a bobina do circuito 2 no solenoide do circuito 1
4. Faça correr o programa com frequência 500 Hz (tempo 30 s) e ajustar a corrente a proximamente 0,20 A (actue no controlo de volume para variar a corrente). Observar o valor de tensão no multímetro e escrever!
5. Repetir o passo anterior com outras correntes não ultrapassando 0,6 A
6. Preencher os dados que obteve na tabela abaixo:

Nº	Corrente (A)	Tensão (V)
1		
2		
3		
4		
.....		

7. Registrar o valor N/L e n.
8. Fazer gráfico entre tensão induzida e corrente.
9. Fazer a conclusão.

▪ **Relações entre frequência e tensão com a corrente fixa**

10. Repetir atividade segundo os passos 1 a 4 com frequências diferentes. Observar e escrever o valor de tensão que mostra o multímetro.

11. Preencher os dados que obteve na tabela seguinte:

Nº	Frequência (HZ)	Corrente (A)	Tensão (V)	V/I (V/A)
1				
2				
3				
4				
5				
...				

12. Fazer o gráfico da tensão induzida normalizada (V/I) em função da frequência.

13. Fazer a conclusão.

▪ **Relações entre tensão induzida e o número de espiras da bobina com a corrente fixa**

14. Repetir a atividade segundo os passos 1 a 4 com bobinas diferentes (mais ou menos 5 bobinas).

15. Registrar os dados obtidos na tabela abaixo.

Nº	Bobina (espiras)	Tensão (V)	Corrente (A)
1	50	.....	.....
2	100	.....	.....
3	150	.....	.....
4	200	.....	.....
5	250	.....	.....

Nº	Solenóide (Espiras)	Tensão (V)	Corrente (A)
1	1x	.....	.....
2	2x	.....	.....

16. Fazer o gráfico entre a tensão induzida e o número de espiras da bobina.

17. Fazer a conclusão.

5. Referências

A. Marcelo e J.F. Edward – **FÍSICA**. Lisboa: Escolar Editora, 2012. ISBN:978-972-592-333-7

A.T. Paul e M. Gene – **FÍSICA PARA CIENTISTAS E ENGENHEIROS**. 6ª ed. Vol.2. genio LTC, 2009. ISBN:978-85-216-1711-2

Halliday and Resnick – **Fundamentos de Física Eletromagnetismo**. 10ª ed. Rio de Janeiro: gen LTC, 2016. ISBN 978-85-216-3037-1

ESTUDO DO CIRCUITO DE R-L-C SÉRIE

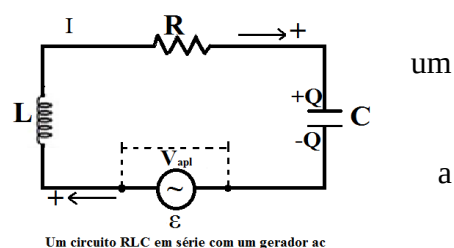
1. Objetivo

Estudar o comportamento de um circuito RLC série em regime de corrente alternada.

2. Fundamento Teórico

Circuito RLC Série

A figura ao lado mostra um circuito RLC série composto de uma resistência, R, um condensador, C, e bobina, L, alimentado por um gerador AC. Se a diferença de potencial aplicada à série for $V = V_m \cos \omega t$ aplicação da lei das malhas de Kirchoff dá:



$$V_m \cos \omega t - L \frac{di}{dt} - iR - \frac{Q}{C} = 0$$

Como a intensidade de corrente, $i(t)$ é:

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

obtem-se:

$$L \frac{d^2Q}{dt^2} + R \frac{dQ}{dt} + \frac{1}{C} Q = V_m \cos \omega t \quad (2)$$

A solução de equação diferencial (2) é, usando a equação (1):

$$I = I_m \cos(\omega t - \delta)$$

onde δ é a diferença de fase entre a corrente e a tensão no gerador, dada por:

$$\tan \delta = \frac{\omega}{R} \left(L - \frac{1}{C} \right)$$

e portanto

$$I_m = \frac{V_m}{Z}$$

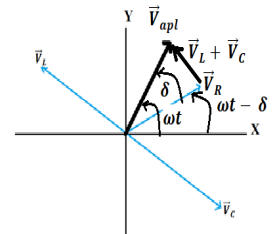
onde Z é a impedância do circuito de RLC série, dada por:

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}$$

A intensidade de corrente que percorre o circuito é:

$$I = \frac{V_m}{Z} \cos(\omega t - \delta)$$

A figura ao lado mostra os fasores representando as diferenças de potencial (ddp) na resistência, na indutância e no condensador. A componente x de cada um destes vetores é igual à V(t). Como a soma das componentes x é igual à componente x da soma, a soma das componentes x é igual à soma das quedas de potencial neste elementos, a qual, pela lei das malhas de Kirchoff, é igual à queda de potencial aplicada instantânea. A queda de potencial aplicada na combinação em série é:



$$V_{apl} = V_R + V_L + V_C$$

Ressonância

Quando X_L e X_C são iguais, a impedância total é igual ao valor da resistência. Então $i(t)$ tem o valor máximo e o ângulo de fase é zero, o que significa que a corrente está em fase com a diferença de potencial aplicada. Seja ω_{res} o valor de ω para o qual X_L e X_C são iguais. ou seja:

$$\omega_{\text{res}} L = \frac{1}{\omega_{\text{res}} C}$$

$$\omega_{\text{res}} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

A potência média, $P_{\text{méd}}$, fornecida pelo gerador, em função de ω , é:

$$P(t) = I(t) V(t) = \frac{1}{2} V_m I_m \cos \delta = V_{\text{ef}} I_{\text{ef}} \cos \delta$$

onde V_{ef} e I_{ef} são respetivamente a tensão e a corrente eficaz no gerador. Assim:

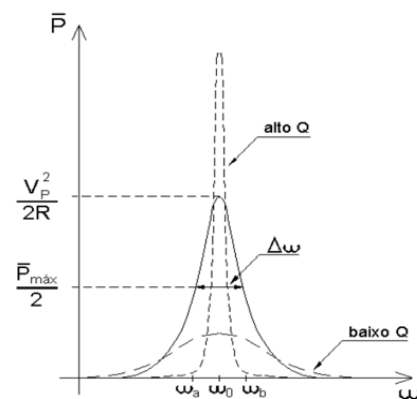
$$P_{\text{méd}} = \frac{(V_{\text{ef}})^2 R \omega^2}{L^2 (\omega^2 - \omega_{\text{res}}^2)^2 + \omega^2 R^2}$$

sendo: $\omega_{\text{res}} = 1/\sqrt{LC}$

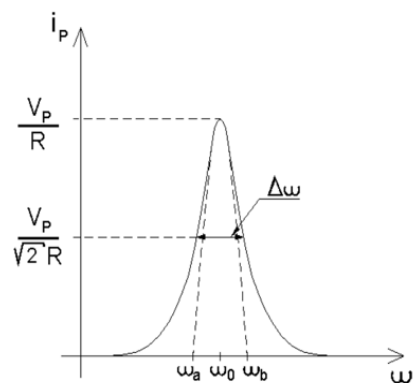
Designando por $\Delta\omega$ a amplitude da largura a meia altura da curva $P_{\text{méd}}$ vs ω , define-se o fator Q do circuito pela razão:

$$Q_{\text{fator}} = \frac{\omega_{\text{res}}}{\Delta\omega} = \frac{f_{\text{res}}}{\Delta f}$$

onde: $f_{\text{res}} = \omega_{\text{res}}/2\pi$ e $\Delta f = \Delta\omega/2\pi$



Curvas de ressonância de energia para um circuito RLC-série com fatores de qualidade diferentes



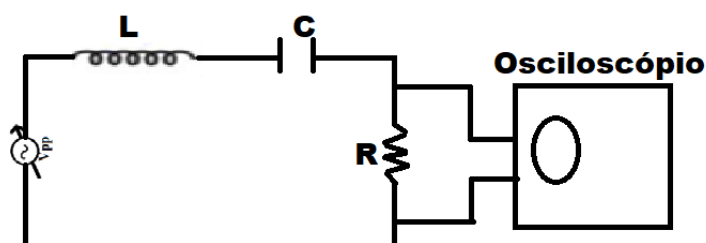
Comportamento da amplitude de pico da corrente em função da frequência angular

3. Equipamento

- Resistência $10\ \Omega$
- Indutância $27,4\ \text{mH}$ (resistência interna $13,8\ \Omega$)
- Condensador $0,56\ \mu\text{F}$
- Osciloscópio
- Gerador de sinal
- Fios

4. Execução do trabalho

1. Montar o circuito baseando-se na figura abaixo.



2. Ajustar a tensão do gerador de sinais para uma onda sinusoidal de $V_m = \sim 5\ \text{volt}$, começando com a frequência do gerador de sinais a $1\ \text{kHz}$.
3. Faça o varrimento em frequência observando o sinal no osciloscópio. Verifica onde ocorre a frequência de ressonância e ajuste as escalas do osciloscópio para ver bem o sinal.
4. Para cada frequência registre na tabela a frequência, e as tensões no gerador e na resistência e a respetiva diferença de fase.

Nú	f (kHz)	$V_{ef}\ (V)$	$V_{R\ ef}\ (V)$	$I_{ef}\ \text{mA}$	Dif. fase
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
...					

5. Repetir o procedimento 4, variando a frequência de forma a observar a ressonância.

6. Fazer os gráficos diferença de fase e da corrente normalizada em função de frequência.
7. Determinar, a partir do gráfico a frequência de ressonância, as frequências de corte inferior e superior e a largura de banda.
8. Fazer a conclusão.

5. Referências

A. Marcelo e J.F. Edward – **FÍSICA**. Lisboa: Escolar Editora, 2012. ISBN:978-972-592-333-7

A.T. Paul e M. Gene – **FÍSICA PARA CIENTISTAS E ENGENHEIROS**. 6ª ed. Vol.2. genio LTC, 2009. ISBN:978-85-216-1711-2

Halliday and Resnick – **Fundamentos de Física Eletromagnetismo**. 10ª ed. Rio de Janeiro: gen LTC, 2016. ISBN 978-85-216-3037-1

7.3. Anexo 3 – Inquéritos entregues aos alunos

Nas páginas seguintes estão os inquéritos entregues aos estudantes após a realização das atividades experimentais.



**LABORATÓRIO DE FÍSICA EM TIMOR-LESTE:
CRIAÇÃO DE UM CURRÍCULO EM ELETROMAGNETISMO
QUESTIONÁRIO PARA ESTUDANTES**

Eu sou Donatus de Fatima Ude, e frequento o Mestrado em Física e Química em Contexto Escolar na Faculdade de Ciências, da Universidade do Porto. No âmbito da unidade curricular Projeto estou a analisar a relevância da atividade laboratorial no ensino da Física.

Neste questionário não há resposta certa ou errada, e deverá tentar responder a todas as questões. O questionário relaciona-se com a sua perceção como estudante de Física sobre a contribuição do trabalho experimental para a compreensão dos assuntos lecionados nas aulas teóricas. Os resultados do questionário não serão publicados, são unicamente para serem utilizados na minha pesquisa.

Identificação

Nome

Idade

Distrito

Homem / Mulher

Escola

Número do Estudante

Ano de escolaridade/Semestre/ Turma

Instruções para o preenchimento.

Selecione uma resposta das quatro respostas possíveis.

Coloque uma marca (X) na coluna que melhor traduz a sua opinião.

Se pretende corrigir uma resposta, coloque uma marca (~~X~~) na resposta que pretende anular e um X na resposta correta.

Preencha o questionário usando tinta preta ou azul.

Descrição

Não (N) Pouco (P) Sim (S)

Muito obrigado

Estudo da lei de Indução e da lei de Lenz

Nº	Pergunta	Resposta		
		N	P	S
1.	A experiência ajudou-o(a) a compreender o fenómeno da indução eletromagnética?			
2.	Se a resposta foi “Não”, indique uma razão para esse facto.			
3.	A experiência ajudou-o(a) a compreender a lei de Lenz?			
4.	Se a resposta foi “Não”, indique uma razão para esse facto.			
5.	Conseguiu realizar a montagem do trabalho?			
6.	Se a resposta foi “Não”, indique uma razão para esse facto.			

7.	Conseguiu fazer os gráficos: (i) da tensão em função da frequência? (ii) da tensão em função da intensidade de corrente? (iii) da tensão em função do número de espiras?			
8.	Se a resposta foi “Não”, indique uma razão para esse facto.			
11.	As instruções fornecidas foram úteis? e suficientes?			
12.	Se a resposta foi “Não”, indique uma razão para esse facto.			
13.	O tempo previsto para a realização da experiência foi suficiente?			
14.	Se a resposta foi “Não”, indique uma razão para esse facto.			

Estudo do Lei de Ohm, Resistência e Resistividade.

	Pergunta	Resposta		
		N	P	S
1.	A experiência ajudou-o(a) a compreender os conceitos de intensidade de corrente elétrica, de diferença de potencial entre dois pontos e de resistência elétrica?			
2.	Se a resposta foi “Não”, indique uma razão para esse facto.			
3.	A experiência ajudou-o(a) a compreender a lei de Ohm?			
4.	Se a resposta foi “Não”, indique uma razão para esse facto.			
5.	Conseguiu realizar as montagens do trabalho?			
6.	Se a resposta foi “Não”, indique uma razão para esse facto.			

7.	Conseguiu determinar a resistência a partir do gráfico?			
8.	Se a resposta foi “Não”, indique uma razão para esse facto.			
9.	Conseguiu determinar a resistividade da barra?			
10.	Se a resposta foi “Não”, indique uma razão para esse facto.			
11.	As instruções fornecidas foram úteis? e suficientes?			
12.	Se a resposta foi “Não”, indique uma razão para esse facto.			
13.	O tempo previsto para a realização da experiência foi suficiente			
14.	Se a resposta foi “Não”, indique uma razão para esse facto.			

Estudo do Circuito de RLC em Série

Nº	Pergunta	Resposta		
		N	P	S
1.	A experiência ajudou-o(a) a compreender o que é um circuito RLC, a diferença entre corrente contínua e alternada e conceito de ressonância?			
2.	Se a resposta foi “Não”, indique uma razão para esse facto.			
3.	A experiência ajudou-o(a) a compreender circuito RLC série e diferença de comportamento das componentes?			
4.	Se a resposta foi “Não”, indique uma razão para esse facto.			
5.	Conseguiu compreender a montagem?			
6.	Se a resposta foi “Não”, indique uma razão para esse facto.			

7.	Conseguiu fazer os gráficos: 1) da corrente normalizada em função de frequência? 2) da diferença de fase em função da frequência?			
8.	Se a resposta foi “Não”, indique uma razão para esse facto.			
9.	Conseguiu determinar a frequência de ressonância do circuito?			
10.	Se a resposta foi “Não”, indique uma razão para esse facto.			
11.	As instruções fornecidas foram úteis? e suficientes?			
12.	Se a resposta foi “Não”, indique uma razão para esse facto.			
13.	O tempo previsto para a realização da experiência foi suficiente			
14.	Se a resposta foi “Não”, indique uma razão para esse facto.			

7.4. Anexo 4 – Relatórios de alunos

Nas páginas seguintes estão os relatórios de alunos.

TÍTULO

ESTUDO LEI DE OHM, RESISTÊNCIA E RESISTIVIDADE



PELOS:

Nome do grupo:

1. David Monteiro da Costa
2. Brígida da Silva
3. Angela Garcia
4. Abel dos Santos

Semestre : V

DEPARTAMENTO DO ENSINO DA FÍSICA
FACULDADE EDUCAÇÃO ARTES E HUMANIDADE
UNIVERSIDADE NACIONAL TIMOR LOROSA'E
ANO LECTIVO
2018

1. Objectivo:

- Verificar a relação entre a intensidade de corrente e a diferença de potencial numa resistência.
- Determinar graficamente a resistência do condutor
- Analisar a dependência de resistência, em diversos parâmetros
- Determinar a resistividade de um material.

2. Fundamentos Teóricos:

1. Lei de Ohm

Em certos condutores ditos ohmicos - a diferença de potencial entre dois pontos de um condutor é directamente proporcional à corrente que o percorre. Ou seja (Lei de Ohm)

$$V = RI$$

Onde R , é a constante de proporcionalidade, que se diz a resistência do condutor.

2. Resistividade

A resistência de um condutor depende do material de que é constituído e de parâmetros geométricos do mesmo. Para um condutor homogêneo cilíndrico de secção reta S e comprimento L , a resistência é dada por:

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

Onde:

ρ = resistividade do material e $S = \pi D^2/4$, sendo D o diâmetro:

$$R = \rho \frac{4L}{\pi D^2}$$

3. Os valores de resistividades de alguns materiais
Os valores de resistividades ' ρ ' de alguns materiais pode ver na tabela seguinte:

No	Material	Resistividade ($\Omega \cdot m$)
1.	Prata	$1,62 \times 10^{-8}$
2.	Cobre	$1,69 \times 10^{-8}$
3.	Ouro	$2,35 \times 10^{-8}$
4.	Alumínio	$2,75 \times 10^{-8}$
5.	Manganin	$4,82 \times 10^{-8}$
6.	Tungstênio	$5,25 \times 10^{-8}$
7.	Ferro	$9,68 \times 10^{-8}$
8.	Platina.	$10,6 \times 10^{-8}$

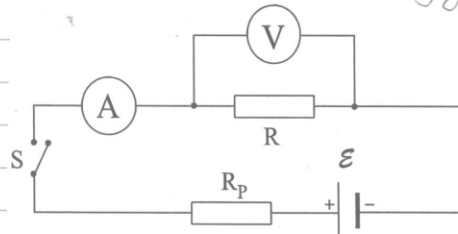
3. Materiais Necessárias:

- Barra de Ferro
- Fios
- Resistência
- Multímetro (amperímetro, voltmímetro, ohmímetro)
- Fontes de Tensão.
- Interruptor.

4. Procedimento:

*. Parte 1: Lei de Ohm

- Montar o circuito baseado a figura abaixo!



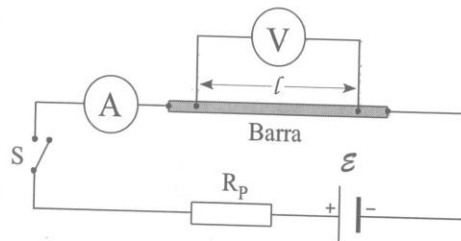
2. Ajustar a fonte de tensão para 1,0 volt e escrever os valores lidos no amperímetro e no voltímetro.
3. Repetir o segundo passo com vários valores de tensão.
4. Com os dados obtidos, preencher a tabela abaixo:

No.	Tensão (V)	I(A)	V(V)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			

5. Fazer o gráfico da corrente em função da tensão com os valores da tabela.
6. Determinar o valor da resistência com base no gráfico.
7. Determinar o valor do erro da resistência.
8. Fazer a conclusão

*** Parte 2: Resistividade**

1. Montar o circuito baseado a figura abaixo



2. Medir e preencher os dados da dimensão transversal da barra (diâmetro ou lado) da barra na tabela abaixo

No	Diâmetro ou lado (mm)	Diâmetro ou lado (mm)
1.		
2.		
3.		
4.		
...		

3. Observar e escrever os dados dos multímetros (amperímetro e voltímetro) com comprimento de barra de cm.

4. Repetir o procedimento números três (3) com varias valores do comprimento de barra.
5. Resultado de observação, escrever na tabela abaixo:

Nº	l (cm)	V_m (mV)	V_o (mV)	I_m (A)	I_o (A)	$V_m - V_o$	$I_m - I_o$	l (m)	$R_m(\Omega)$
1									
2									
3									
4									
5									
6									

6. Determinar o valor da resistividade e respetivo erro
7. Fazer a conclusão.

5. Dados Obtidos:

Parte 1ª:

Fontes Tensão (V)	I (A)	V (Volt)
3	0,016	1,18
6	0,03	3,13
9	0,044	4,47
12	0,057	5,8

Parte 2ª:

Nº	l (cm)	V_m (mV)	V_o (mV)	I_m (A)	I_o (A)
1	24	1,63	0	2,17	0
2	22	1,45	0	2,17	0
3	18	1,18	0	2,17	0
4	16	1,01	0	2,17	0
5	13	0,83	0	2,17	0
6	11	0,74	0	2,17	0
7	7,9	0,48	0	2,17	0

Diâmetro da Barra:

Mediação	Diâmetro ou lado (mm)	Diâmetro ou lado (m)
1.	10,16	0,01016
2.	9,92	0,00992
3.	9,87	0,00987
4.	9,87	0,00987
5.	10,01	0,01001

6. Análise os Dados:

Parte 1:

Tabela 1: Relação entre tensão e intensidade de corrente

I (A)	V (Volts)
0,016	1,18
0,03	3,14
0,044	4,47
0,057	5,8

Gráfico tensão em função da intensidade de corrente

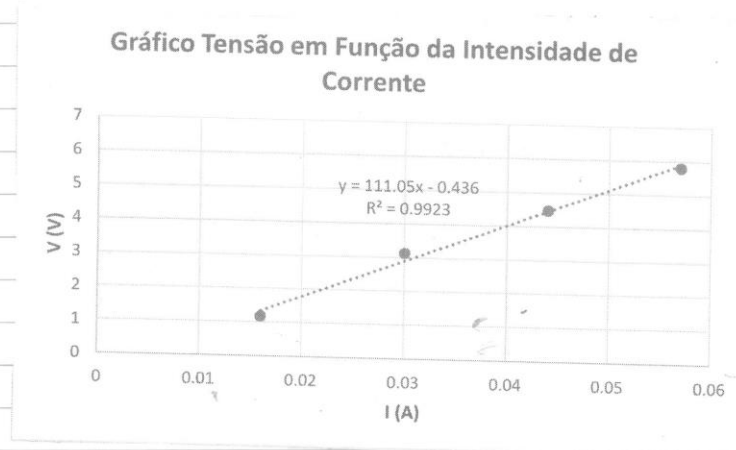
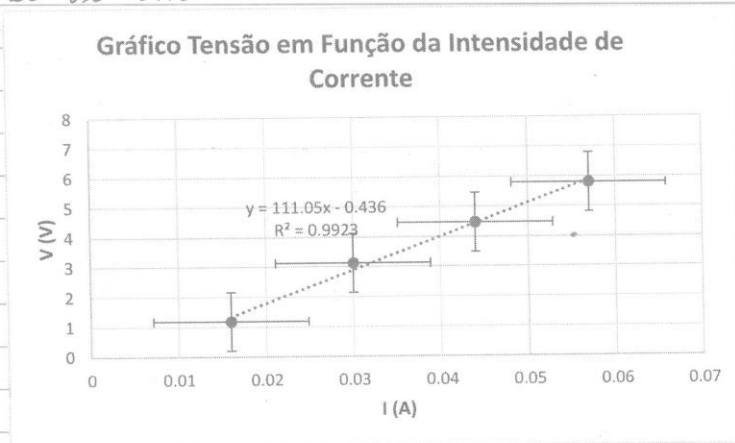


Gráfico do Erro



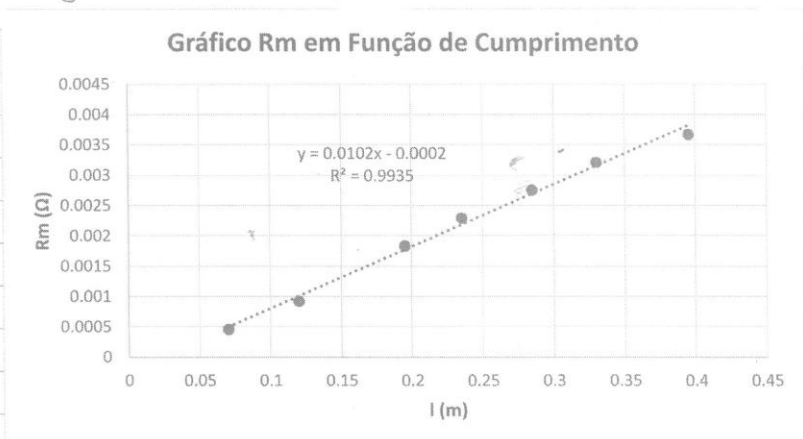
$$\begin{array}{rcl}
 m & b & \\
 111,0466 & -0,43596 & \\
 \Delta m & 6,925386 & 0,275736 \quad \Delta b \\
 R^2 & 0,992281 & 0,212187
 \end{array}$$

Parte 2:

Tabela Resistividade:

Nú	l (cm)	V_m (mV)	V_0 (mV)	I_m (A)	I_0 (A)	$V_m - V_0$	$I_m - I_0$	l (m)	R_m (m Ω)
1	24	1,63	0	2,17	0	1,63	2,17	0,24	0,75115207
2	22	1,45	0	2,17	0	1,45	2,17	0,22	0,66820276
3	18	1,18	0	2,17	0	1,18	2,17	0,18	0,5437788
4	16	1,01	0	2,17	0	1,01	2,17	0,16	0,46543779
5	13	0,83	0	2,17	0	0,83	2,17	0,13	0,38248848
6	11	0,74	0	2,17	0	0,74	2,17	0,11	0,34101382
7	7,9	0,48	0	2,17	0	0,48	2,17	0,079	0,22119816

Gráfico:



	m	b	
	0,010205	-0,00021	
Δm	0,00037	9,47E-05	Δb
R^2	0,993471	0,000104	

Tabela Diâmetro da Barra:

Medição	Diâmetro ou lado (mm)	Diâmetro ou lado (m)		
1.	10,16	0,01016	Δd	0,0005
2.	9,92	0,00992	d^2	9,93212E-06
3.	9,87	0,00987	phi	3,14
4.	9,87	0,00987	m	0,0102
5	10,01	0,01001	Δm	0,0004
			(phi d^2)/4	7,79671E-05
			ρ	7,95264E-08

7. Conclusão

- A relação entre a intensidade de corrente e a diferença de potencial numa resistência é diretamente proporcional.
- A resistência do condutor é $(111,05 \pm 6,92) \Omega$
- A resistência depende para tensão e corrente e tipo de material também
- A resistividade da barra é $7,95 \times 10^{-8} \Omega m$

8. Referências:

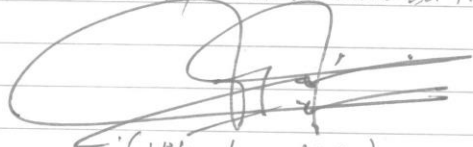
- A. Marcelo e J. F. Edward - FÍSICA. Lisboa: Escolar Editora, 2012. ISBN: 978-972-592-333-7.
- A. T. Paul e M. Gene - FÍSICA PARA CIENTISTAS E ENGENHEIROS. 6ª ed. Vol. 2. genio LTC, 2009. ISBN: 978-85-216-1711-2
- Halliday and Resnick - Fundamentos de Física Eletromagnetismo. 10ª ed. Rio de Janeiro: gen LTC, 2016. ISBN 978-85-216-3037-1.

Dili, 10 de Abril de 2018

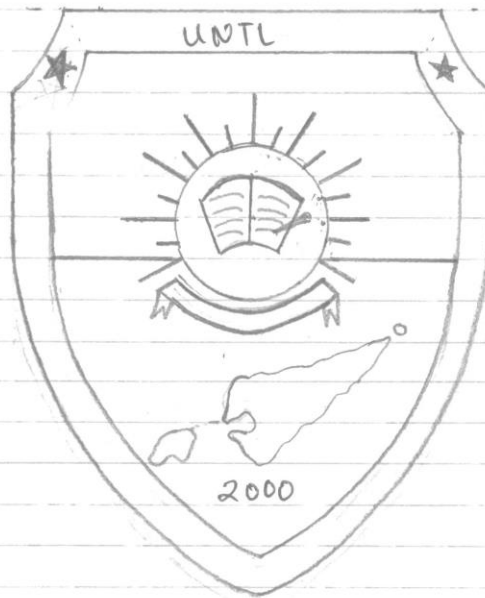
Responsável do Laboratório


(Euclides da Silva Correia, L.Ed)

Director do Departamento de Ensino da Física


(Vitor Lay, M.Sc)

TÍTULO
ESTUDO LEI DE INDUÇÃO E LEI DE LENZ.



PELOS:

NOME DO GRUPO:

1. Melania M. V. de A. Amaral
2. Catia C. P. F. da Costa Gusmão
3. Ana Sonia Freitas
4. Inocencio Morreira

SEMESTER % V

DEPARTAMENTO ENSINO DE FÍSICA
FACULDADE EDUCAÇÃO ARTES E HUMANIDADES
UNIVERSIDADE NACIONAL TIMOR-LESTE
ANO LECTIVO
2018.

1. OBJETIVO:

- Verificar a Lei de Faraday e Lei de Lenz
- Saber a relação entre a tensão e a corrente com frequência fixa.
- Determinar permeabilidade e o campo magnético.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS:

Supor que um condutor elétrico, o qual forma um circuito fechado, é colocado numa região onde existe um campo magnético $\vec{B}$.

Designa-se por ds um elemento de área na superfície do condutor e seja $\hat{n}$ um vetor unitário normal ao elemento de superfície. O fluxo magnético através da superfície S é definido por:

$$\Phi = \int_S \vec{B} \cdot \hat{n} ds$$

Se o fluxo magnético variar no tempo, surge uma corrente induzida no condutor. A presença da corrente implica que existe um campo elétrico $\vec{E}$ induzido ou uma força eletromotriz no condutor.

A Lei de Faraday estabelece que:

A força eletromotriz induzida num circuito é igual à taxa de variação temporal de fluxo magnético, ou ainda:

$$\mathcal{E}_{ind} = - \frac{d\Phi}{dt}$$

A Lei de Lenz estabelece que:

A corrente induzida no circuito tem um sentido tal que provoca ela própria um fluxo magnético que contraria a variação do fluxo indutor.

À medida que a barra condutora se move para a direita a superfície atravessada pelo campo magnético aumenta e portanto o fluxo magnético através da superfície S também aumenta:

A força eletromotriz induzida no circuito é:

$$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi}{dt} = -B \frac{dI}{dt}$$

A tensão é proporcional com corrente, a frequência, o número da bobina, área da bobina, permeabilidade de elétrico e comprimento da bobina. Matematicamente pode escrever em fórmula é:

$$V = \mu_0 \omega n N/L A I$$

$$V = \mu_0 2\pi f n N/L \frac{1}{4} D^2 \pi I$$

$$V = \mu_0 \frac{1}{2} \pi^2 f n N/L D^2 I$$

ou baseando a equação no fluxo do campo magnético é:

$$\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A}$$

$$\Phi_B = B \int d\vec{A} = B \pi R^2$$

$$\Phi_{Tot} = N \Phi_B = N B \pi R^2$$

$$V_{ind} = - \frac{d\Phi_{Tot}}{dt} = \frac{d}{dt} (N B \pi R^2)$$

$$V_{ind} = - \frac{d\Phi_{Tot}}{dt} = (N \pi R^2) \frac{dB}{dt}$$

$$B = \mu_0 \frac{N}{L} I$$

$$V_{ind} = - N \pi R^2 \mu_0 \frac{N}{L} \frac{dI}{dt}$$

Corrente induzido no Solenoide é:

$$I = I_0 \sin(\omega t)$$

$$V_{ind} = - \frac{N \pi R^2 \mu_0 N}{L} \frac{d}{dt} (I_0 \sin(\omega t))$$

$$V_{ind} = - \frac{N \pi R^2 \mu_0 N}{L} \omega I_0 \cos(\omega t)$$

$$V_{ind} = - \frac{N \pi R^2 \mu_0 N 2\pi f}{L} I_0 \cos(\omega t)$$

$$V_{ind} = V_m \cos(\omega t)$$

$$V_m = \frac{-N_1 R R^2 \mu_0 N_2 R J I_0}{L}$$

$$V_{ef} = \frac{V_{ind}}{\sqrt{2}}$$

$$I_{ef} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$$

$$V_{ef} I_{ef} = \frac{-N_1 R R^2 \mu_0 N_2 R J I_{ef}^2}{L}$$

$$V_{ef} = \frac{-N_1 R R^2 \mu_0 N_2 R J I_{ef}}{L}$$

$$V_{ef} = \frac{N_1 R R^2 R^2 \mu_0 N J I_{ef}}{L}$$

se:

$$N_1 = n;$$

$$R = \frac{1}{2} D;$$

$$R^2 = \frac{1}{4} D^2$$

$$V_{ef} = \frac{\mu_0 1/2 R^2 J n N/L D^2 I_{ef}}{L}$$

$$V = \frac{\mu_0 1/2 R^2 J n N/L D^2 I}{L}$$

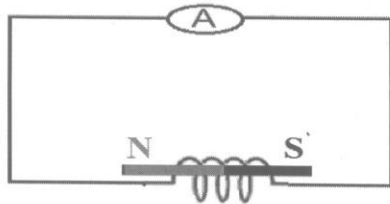
3 MATERIAIS NECESSÁRIAS

- a). Amperímetro ou galvanômetro
- b). Fios
- c). Bobinas
- d). Imã
- e). Multímetro
- f). Transformador
- g). Resistência

4. PROCEDIMENTO

parte 1.

1. Montar o circuito da figura mostrado abaixo



2. polo norte de um ímã é aproximado da bobina. Observar
3. polo norte de um ímã é afastado da bobina. Observar
4. polo sul de um ímã é aproximado da bobina. Observar
5. polo sul de um ímã é afastado da bobina. Observar.
6. fazer conclusão.

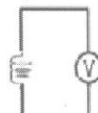
Parte 2

> Relações entre tensão e a corrente:

1. Montar um circuito da figura abaixo. O gerador é constituído por um amplificador alimentado por um sinal áudio.
2. Ligue o computador ao amplificador com um cabo de áudio e abra o programa Audacity (ou um ficheiro pré-gravado)



Circuito 1



Circuito 2

3. Insira a bobina do circuito 2 no Solenoide do circuito 1.
4. faça ocorrer o programa com frequência 500 Hz (tempo 30s) e ajustar a corrente a aproximadamente 0,20 A (actue no controlo de volume para variar a corrente). Observar o Valor da tensão no multímetro e escrever!
5. Repetir o passo anterior com outras correntes não ultrapassando 0,6 A.
6. preencher os dados que Obteve na tabela abaixo:

Nº	Corrente (A)	Tensão (V)
1		
2		
3		
4		
5		
.....		

7. Registrar o valor N/l e n
8. fazer gráfico entre tensão induzido e Corrente
9. fazer a conclusão

> Relação entre frequência e tensão com a corrente fixa.

10. Repetir atividade segundo os passos 1 a 4 com frequências diferentes. Observar e escrever o valor de tensão que mostra o Multímetro.

11. preencher os dados que obteve na tabela seguinte:

Nº	Frequência (HZ)	Corrente (A)	Tensão (V)	V/I (V/A)
1				
2				
3				
4				
5				
...				

12. fazer o gráfico da tensão induzida normalizada (V/I) em função da frequência.

13. fazer a conclusão.

> Relação entre tensão Induzida e o numero de espiras da bobina com a corrente fixa

14. Repetir atividade segundo os passos 1 a 4 com bobinas diferentes (mais ou menos 5 bobinas)

15. Registrar os dados obtidos na tabela abaixo.

Nº	Bobina (espiras)	Tensão (V)	Corrente (A)
1	50	.....	.....
2	100	.....	.....
3	150	.....	.....
4	200	.....	.....
5	250	.....	.....

Nº	Solenóide (Espiras)	Tensão (V)	Corrente (A)
1	1x	.....	.....
2	2x	.....	.....

16. fazer gráfico entre tensão induzida com o número de espiras da bobina.

17. fazer a conclusão

5. Dados Obtidos

Parte 1ª:

Nº	Polo Magnético	Aproximado	Afastado
1.	Norte	Desloca para a direita	Desloca para a esquerda
2.	Sul	Desloca para a esquerda	Desloca para a direita

Parte 2ª:

I (A)	V(V)
0,15	0,0667
0,17	0,0764
0,23	0,095
0,24	0,1477
0,32	0,176

Parte 3ª:

f (Hz)	V (V)	I (A)
100	0,0121	0,22
300	0,04	0,22
500	0,0637	0,22
700	0,0859	0,21

Parte 4ª:

n (espiras)	V (V)	I (A)
50	0,0147	0,15
100	0,0296	0,15
150	0,0486	0,15
200	0,0673	0,15
250	0,0846	0,15

Parte 5ª:

Bobina Ext	V (V)	I (A)
1 x	0,0687	0,06
2 x	0,082	0,15

6. Análise Os Dados

parte 1.

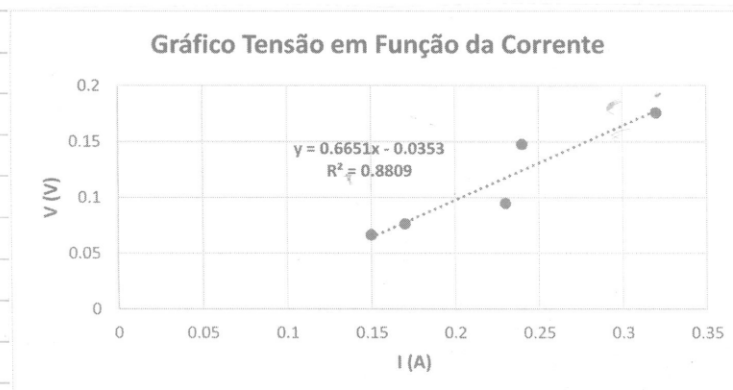
- polo norte de um ímã é aproximado da bobina : a agulha do amperímetro foi deslocada para direita.
- polo norte de um ímã é afastado da bobina : a agulha do amperímetro foi deslocada para a esquerda.
- polo sul de um ímã é aproximado da bobina : a agulha do amperímetro foi deslocada para a esquerda.
- polo sul de um ímã é afastado da bobina : a agulha do amperímetro foi deslocada para a direita.

Parte 2:

Esta parte fazer sobre Relação entre tensão e corrente com frequência de audição de 500 Hz, tempo 30 segundos e amplitude de 0,8

I (A)	V(V)
0,15	0,0667
0,17	0,0764
0,23	0,095
0,24	0,1477
0,32	0,176

Gráfico

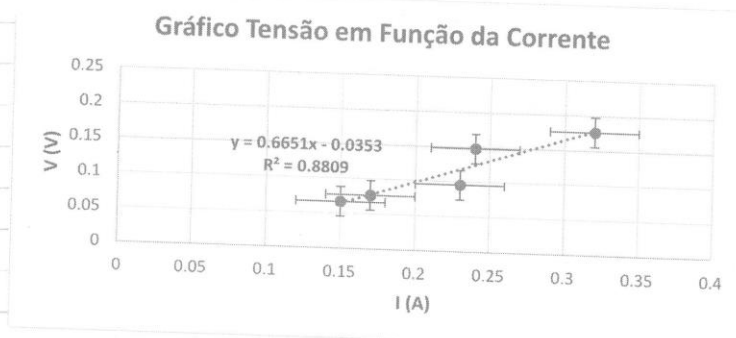


O Valor Erro:

	m	b	
	0,665067	-0,03528	
Δm	0,141218	0,032468	Δb
R^2	0,880856	0,018883	

m	0,6651
n	250
f	500
π^2	9,8596
D^2	3,72E-03
N/L	200
μ_0	1,45E-06

Gráfico de Erro:



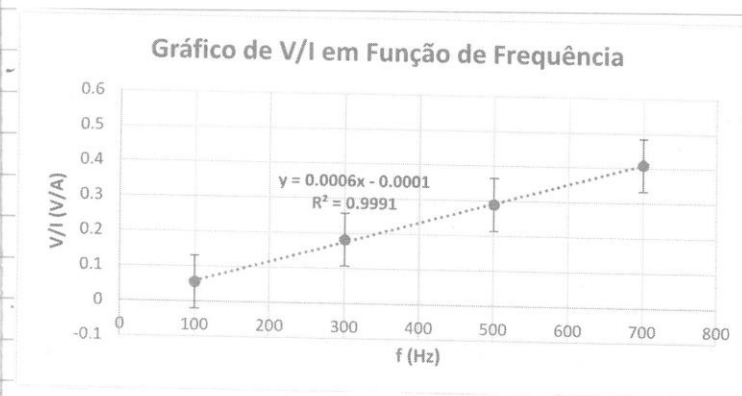
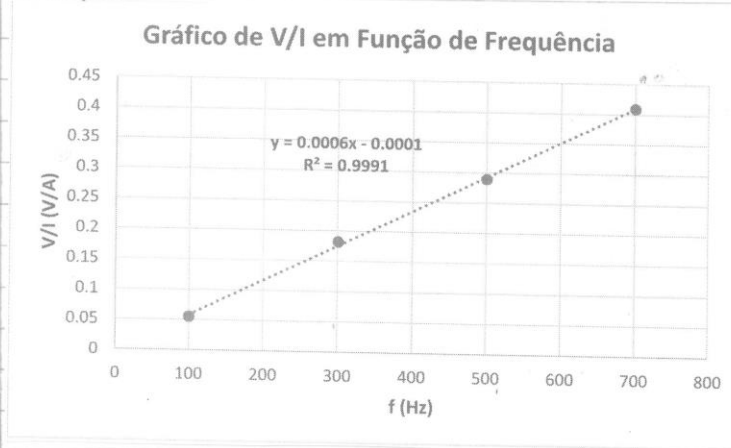
Baseando dados e gráfico em cima, uso programa audicity quando a tensão aumenta a corrente também aumenta. Isto significa que, tensão é proporcional em corrente ou matematicamente escreve $V \propto I$.

Parte 3:

Esta parte usa programa audicity, tempo que utiliza é 30 segundos com amplitude 0.8. Variações frequências começa 100 Hz até 1000 Hz nas 250 espiras mas correntes é fixa.

f (Hz)	V (V)	I (A)	V/I (V/A)
100	0,0121	0,22	0,055
300	0,04	0,22	0,181818
500	0,0637	0,22	0,289545
700	0,0859	0,21	0,409048

Gráfico



Baseando dados e gráficos em cima, frequência no audicity aumenta, tensão também aumenta. Isto significa que, tensão é proporcional em frequências ou matematicamente escrever $V \propto f$.

Parte 4:

Esta parte usa programa audicity, tempo que utiliza é 30 segundos com amplitude 0,8. Variáveis espiras começa 50 espiras até 250 espiras mas frequências e corrente é fixa.

n (espiras)	V (V)	I (A)
50	0,0147	0,15
100	0,0296	0,15
150	0,0486	0,15
200	0,0673	0,15
250	0,0846	0,15

Gráfico:

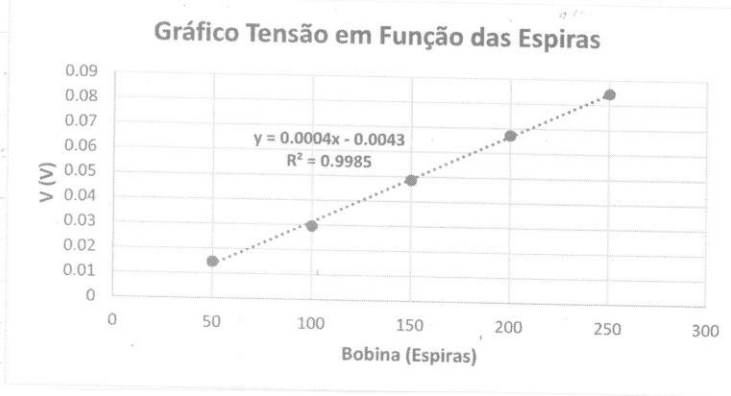
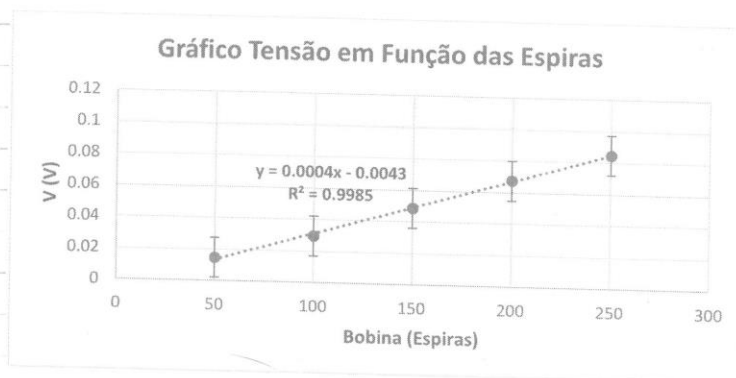


Gráfico de erro:

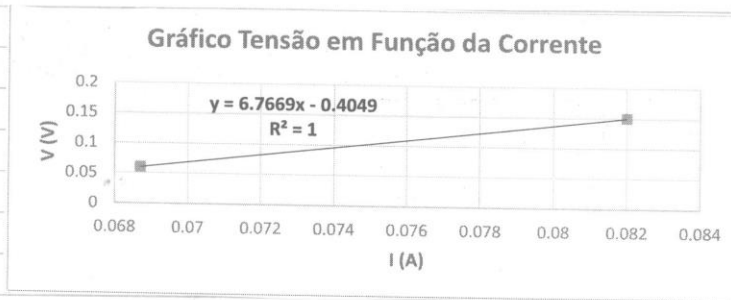


Baseando dados o gráfico em cima, número da bobina aumenta, tensão também aumenta, isto significa que tensão é proporcional em número da bobina ou matematicamente escreve $V \propto N$.

Parte 5:

Bobina Ext	V (V)	I (A)
1 x	0,0687	0,06
2 x	0,082	0,15

Gráfico



7. Conclusão

a.) Polo norte de um ímã é aproximado da bobina ; a agulha do amperímetro foi deslocado para a direita ; polo norte de um ímã é afastado da bobina ; a agulha do amperímetro foi deslocado para a esquerda ; polo sul de um ímã é aproximado da bobina ; a agulha do amperímetro foi deslocado para a esquerda ; polo sul de um ímã é afastado da bobina ; a agulha do amperímetro foi deslocado para a direita.

b). Baseando resultado em cima a tensão proporcional com a corrente, a frequência, o número da bobina, área de bobina, permissividade de elétrico e comprimento da bobina.

c). Permissividade elétrico baseando gráfico da tensão em função da corrente é $1.45 \times 10^{-6} \text{ T m/A}$.

8. Referência

- > A. Marcelo e J.F. Edward - Física. Lisboa: Escolar Editora, 2012. ISBN: 978-072-592-333-7
- > A.T. Paulo e M. Gene - FÍSICA PARA CIENTISTAS E ENGENHEIROS - 6ª ed. Vol. 2. genio LTC, 2009: ISBN: 978-85-216-1711-2.
- > Halliday and Resnick - fundamentos de física Eletromagnetismo - 10ª ed. Rio de Janeiro: gen LTC, 2016. ISBN 978-85-216-3037-1.

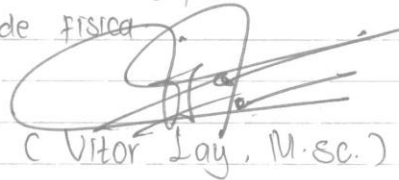
Dili, 15 de Abril de 2018

Responsável do Laboratório



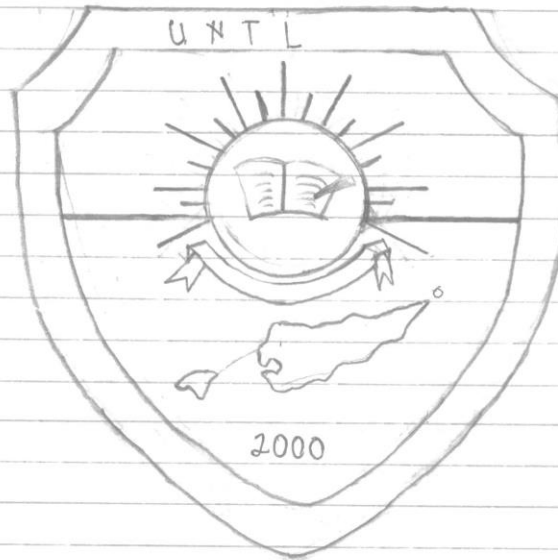
(Euclides da Silva Corrêa, L.Ed)

Diretor do Departamento de Ensino
de Física



(C. Vitor Jay, M.Sc.)

TÍTULO
ESTUDO DO CIRCUITO R-L-C SÉRIE



PELOS :

Nome do grupo:

1. Jonato F. de Sousa
2. José Latera
3. Juvito Dias
4. Luis Corte-Real

Semestre : V

DEPARTAMENTO ENSINO DA FÍSICA
FACULDADE EDUCAÇÃO ARTES E HUMANIDADE
UNIVERSIDADE NACIONAL TIMOR LOROSA'E
ANO LECTIVO
2018

ESTUDO DO CIRCUITO R-L-C SÉRIE.

1. Objetivo:

- Para saber sobre gráfico V_R/V_m em função da Frequência, Diferença Fase em Função da Frequência, I_{ef} em função da Frequência.
- Para saber o valor da Frequência ressonância.

2. Fundamentos Teóricos:

Circuito RLC Série

A figura ao lado mostra um circuito RLC série composto de uma resistência, R , um condensador, C , e um bobina, L , alimentado por um gerador AC. Se a diferença de potencial aplicada à série for $V = V_m \cos \omega t$ a aplicação da Lei das Malhas de Kirchhoff dá:

$$V_m \cos \omega t - L \frac{di}{dt} - iR - \frac{Q}{C} = 0$$

Como a intensidade de corrente, $i(t)$ é:

$$i(t) = \frac{dQ}{dt}$$

Obtem-se:

$$L \frac{d^2 Q}{dt^2} + R \frac{dQ}{dt} + \frac{1}{C} Q = V_m \cos \omega t.$$

A solução de equação diferencial (2) é, usando a equação (1):

$$I = I_m \cos(\omega t - \sigma)$$

Onde σ é a diferença de fase entre a corrente e a tensão no gerador, dada por:

$$\tan \sigma = \frac{\omega}{R} \left(L - \frac{1}{C} \right)$$

e Portanto

$$I_m = \frac{V_m}{Z}$$

Onde Z é a impedância do circuito de RLC série, dada por:

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}$$

A intensidade de corrente que percorre o circuito é:

$$I = \frac{V_m}{Z} \cos(\omega t - \phi)$$

A figura ao lado mostra os fasores representando as diferenças de potencial (ddp) na resistência, na indutância e no condensador. A componente x de cada um destes vetores é igual à $V(t)$. Como a soma das componentes x é igual à componente x da soma, a soma das componentes x é igual à soma das quedas de potencial neste elemento, a qual, pela lei das malhas de Kirchhoff, é igual à queda de potencial aplicada instantânea. A queda de potencial aplicada na combinação em série é:

$$V_{apl} = V_R + V_L + V_C$$

Ressonância

Quando X_L e X_C são iguais, a impedância total é igual ao valor da resistência. Então $I(t)$ tem o valor máximo e o ângulo de fase é zero, o que significa que a corrente está em fase com a diferença de potencial aplicada. Seja ω_{res} o valor de ω para o qual X_L e X_C são iguais. Ou seja:

$$\omega_{res} L = \frac{1}{\omega_{res} C}$$

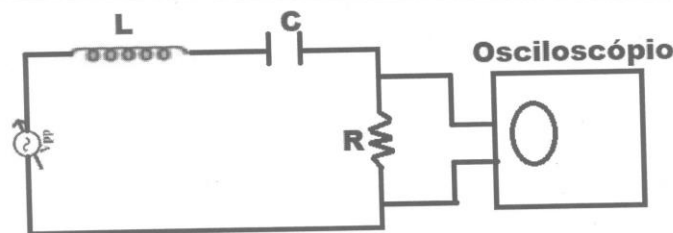
$$\omega_{res} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

3. Materiais Necessários:

- * Resistência 10 Ω
- * Indutância 27,4 mH (Resistência interna 13,8 Ω)
- * Condensador 0,56 μ F
- * Osciloscópio
- * Gerador de sinal
- * Fios.

4. Procedimento Experimental:

1. Montar o Circuito baseado -se na figura abaixo.



2. Ajustar a tensão do gerador de sinais para uma onda sinusoidal de $V_m \sim 5$ Volt, começando com a frequência do gerador de sinais a 1 kHz.

3. Faça o varrimento em frequência observando o sinal no osciloscópio. Verifica onde ocorre a frequência de ressonância e ajuste escalas do osciloscópio para ver bem o sinal.

4. Para cada frequência registrar na tabela a frequência, e as tensões no gerador e na resistência e respectiva diferença de fase.

Nú	f (kHz)	V _{ef} (V)	V _{R ef} (V)	I _{ef} mA)	Dif. fase
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
...					

5. Repetir o procedimento 4, variando a frequência de forma a observar a ressonância.

6. Fazer os gráficos diferença de fase e da corrente normalizada em função de frequência

7. Determinar, a partir do gráfico a frequência de ressonância, as frequências de corte inferior e superior e a largura de banda.

8. Fazer a conclusão.

5. Dados obtidos:

Nº	f (kHz)	V _{in} (V)	V _{R ef} (V)	Dif. fase
1	950	2	0,13	83
2	1000	1,9	0,164	77
3	1050	1,83	0,178	74
4	1100	1,62	0,204	70
5	1150	1,46	0,228	68
6	1200	1,22	0,25	52
7	1250	0,9	0,283	32
8	1300	0,84	0,28	5
9	1350	0,9	0,274	-30
10	1400	1,12	0,262	-51
11	1450	1,32	0,244	-60
12	1500	1,52	0,22	-69
13	1600	1,78	0,191	-70
14	1700	1,923	0,156	-76

6. Analise os dados

Tabela 1:

Nº	f (kHz)	V _{in} (V)	V _{R ef} (V)	Dif. fase	V _R /V _{in}	I _{ef} (mA)
1	950	2	0,13	83	0,065	0,013
2	1000	1,9	0,164	77	0,08632	0,0164
3	1050	1,83	0,178	74	0,09727	0,0178
4	1100	1,62	0,204	70	0,12593	0,0204
5	1150	1,46	0,228	68	0,15616	0,0228
6	1200	1,22	0,25	52	0,20492	0,025
7	1250	0,9	0,283	32	0,31444	0,0283
8	1300	0,84	0,28	5	0,33333	0,028
9	1350	0,9	0,274	-30	0,30444	0,0274
10	1400	1,12	0,262	-51	0,23393	0,0262
11	1450	1,32	0,244	-60	0,18485	0,0244
12	1500	1,52	0,22	-69	0,14474	0,022
13	1600	1,78	0,191	-70	0,1073	0,0191
14	1700	1,923	0,156	-76	0,08112	0,0156

Tabela 2: V_R/V_{in} em função da Frequência.

f (kHz)	V _R /V _{in}
950	0,065
1000	0,08632
1050	0,09727
1100	0,12593
1150	0,15616
1200	0,20492
1250	0,31444
1300	0,33333
1350	0,30444
1400	0,23393
1450	0,18485
1500	0,14474
1600	0,1073
1700	0,08112

Gráfico V_R/V_{in} em função da frequência



Tabela 3: Diferença Fase em função da frequência.

f (kHz)	Dif. fase
950	83
1000	77
1050	74
1100	70
1150	68
1200	52
1250	32
1300	5
1350	-30
1400	-51
1450	-60
1500	-69
1600	-70
1700	-76

GRÁFICO DIFERENÇA FASE EM FUNÇÃO DA FREQUÊNCIA

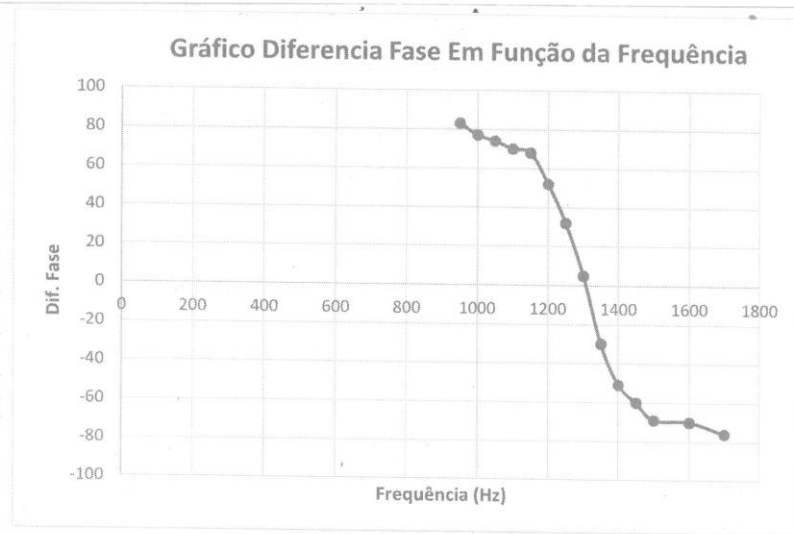


GRÁFICO:

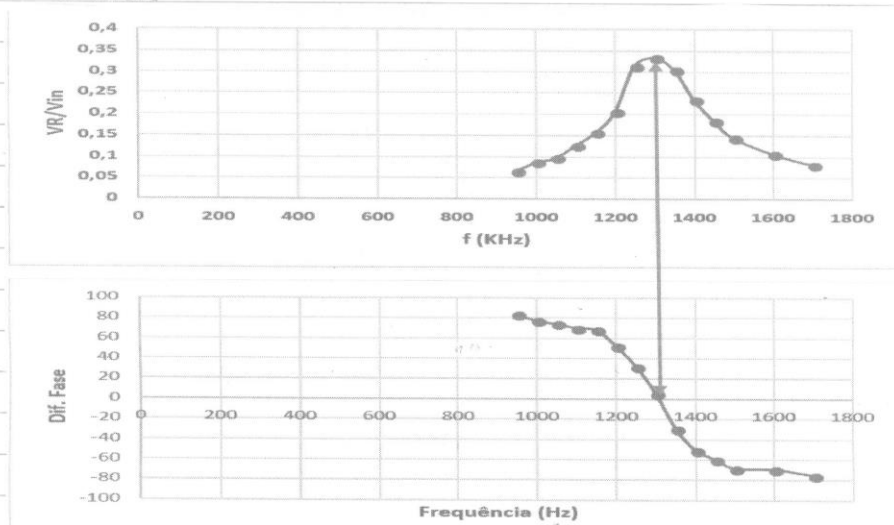
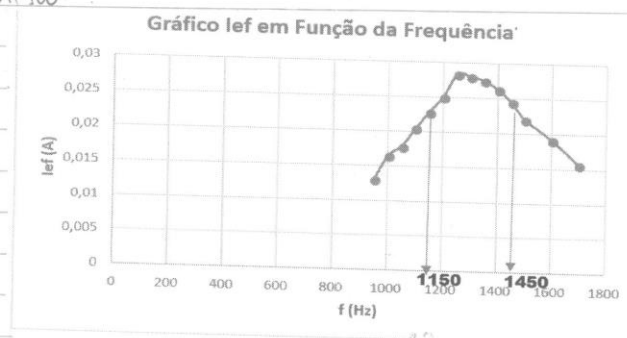


Tabela 4: I_{ef} em função da Frequência.

f (kHz)	$I_{ef} = VR/10$
950	0,013
1000	0,0164
1050	0,0178
1100	0,0204
1150	0,0228
1200	0,025
1250	0,0283
1300	0,028
1350	0,0274
1400	0,0262
1450	0,0244
1500	0,022
1600	0,0191
1700	0,0156

GRÁFICO.



$$\Delta f = 1450 - 1150 = 300 \text{ Hz}$$

7. Conclusão

A Frequência ressonância nesta experiência é 300 Hz.

8. Referências

⇒ A. Marcelo e J. F. Edward - FÍSICA. Lisboa: Escolar Editora, 2012.

ISBN: 978-972-592-333-7.

⇒ A. T. Paul e M. Gene - FÍSICA PARA CIENTISTAS E ENGENHEIROS.

6ª ed. Vol. 2. Genio LTC, 2009. ISBN: 978-85-216-1711-2.

⇒ Halliday and Resnick - FUNDAMENTOS DE FÍSICA ELETROMAGNETISMO.

10ª ed. Rio de Janeiro Gen LTC, 2016. ISBN 978-85-216-3037-1.

Dili, 20 de Abril de 2018

Responsável do Laboratório



(Euclides da Silva Correia, L. Ed)

Diretor do Departamento de
Ensino da Física



(Vitor Lay, M. Sc)