

FORÇAS E CAMPOS MAGNÉTICOS *
(PROPOSTA DE ENSINO-APRENDIZAGEM)

MARIA DA GRAÇA RAMOS **

* Resumo da tese de mestrado com o mesmo título (ver neste número de MILLENIUM, Pg. 17)

** Equiparada a assistente do 2º triénio da ESTV - Dep. de Engª Electrotécnica

Pretende-se implementar um processo de ensino-aprendizagem sobre Forças e Campos Magnéticos, integrador dos aspectos teóricos, experimentais e teórico-práticos centrados no aluno activo e capaz de se actualizar a cada passo da vida profissional. Tem por objectivo prestar um contributo para a formação de alunos, ao nível inicial do ensino superior num curso de carácter essencialmente tecnológico e no quadro de uma aprendizagem construtivista e de mudança conceptual.

As características do curso que os alunos frequentam levou-nos a desenvolver o aspecto experimental como a vertente dinamizadora do processo. Por sua vez, as raízes construtivistas da nossa dissertação, obrigam-nos à interligação passo a passo de todos os aspectos envolvidos. Deste modo, buscámos, a contextualização apropriada para que no momento chave o aluno desenvolva as ideias correctas sobre o assunto.

1 - Introdução

Perante a ruptura de linguagem entre o processo de ensino-aprendizagem e o mundo científico e tecnológico moderno emerge a necessidade de construção de um conhecimento individualizado e do desenvolvimento de capacidades indispensáveis ao aluno como cidadão enraizado num passado sócio-cultural e integrado numa sociedade moderna equilibrada. Este fosso, que separa a Escola e a Sociedade Moderna, leva a que os alunos se desinteressem desta. (Princípios e objectivos orientadores do programa de Físico-Química do ensino secundário -1992/93). O desafio de tentar colmatar esta grave deficiência do nosso ensino entusiasmou-nos e lançámo-nos ao trabalho.

Como pilares da formação do jovem, a Física, como base das disciplinas específicas dos cursos de Engenharia, e a investigação didáctica sobre aquisição e desenvolvimento dos conceitos: fazem a

detecção das ideias prévias dos alunos; organizam tarefas a cumprir pelo aluno; ajudam o aluno a reflectir no sentido de compreender a experiência vivida, unificar conceitos aparentemente desligados e reconhecer que nas suas ideias existem contradições. Deste modo procuramos obter o jovem inserido num mundo que o rodeia com uma atitude crítica perante a ciência e a tecnologia interligando o passado e o presente.

Uma vez que o nosso campo de actuação se encontra no Ensino Superior Politécnico da Escola Superior de Tecnologia de Viseu, debruçámo-nos sobre este subconjunto de estudantes. Trata-se de jovens cuja formação tem de ser rápida mas eficaz pois devem comportar-se como alguém capaz de resolver problemas essencialmente práticos nas empresas que os absorvem ao entrarem no mundo laboral. Preparámos o nosso trabalho no âmbito da disciplina de Física do primeiro ano.

2 - Aspectos Gerais da Metodologia

A aplicação e análise de um questionário sobre o campo, as forças, os materiais magnéticos e a força electromotriz induzida levou à obtenção de deficiências de conhecimento dos alunos.

A interligação entre o questionário, as aulas teóricas, as experiências, os problemas, os trabalhos extra aula e o resumo teórico levou a uma proposta de ensino aprendizagem com a complementaridade dos aspectos teórico-práticos e históricos de onde emergiram aulas teóricas, práticas, teórico-práticas e trabalhos de investigação tendo o aluno como agente principal e o professor como coordenador e dinamizador.

3 - Passos Orientadores do Processo

Foram os mesmos de Meneses Villagrà: **os problemas científicos, a detecção das ideias dos alunos e o processo metodológico**. Ao reflectirmos sobre os problemas científicos surgiram-nos três questões:

- Quais as Leis Físicas mais importantes para os nossos alunos?
- Como motivar eficazmente os alunos?
- Como proceder?

Assim, começámos pela análise bibliográfica a fim de clarificar os conceitos, actualização didáctica, motivar os alunos e desenvolver estratégias eficazes.

A detecção das ideias dos alunos envolveu consulta bibliográfica sobre concepções alternativas e ideias científicas do passado e a organização e aplicação do Questionário.

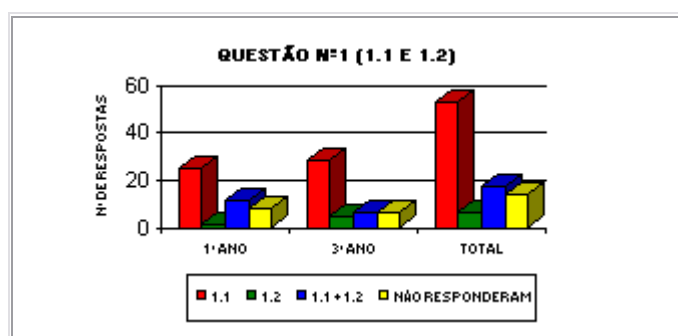
Este foi levado a cabo para os nossos alunos, embora possa vir a ser generalizado e reformulado para outros. Foi aplicado a alunos do primeiro e do terceiro ano, num total de noventa.

Contém questões que pensamos melhor se adaptam a Engenheiros Técnicos. Os seus objectivos gerais foram inferir as ideias dos alunos e melhorar as estratégias de actuação.

Trata-se de um conjunto de questões de escolha múltipla em que os conteúdos não têm ordem sequencial; o número de opções para cada escolha é variável de uma questão para outra; o número de opções verdadeiras por questão é variável; a opção "não sei" não foi utilizada; o número de questões relaciona-se com o facto de ser necessário varrer todo o conteúdo.

Os resultados da sua análise foram compilados por anos, questão a questão e por conjuntos de questões. Os valores finais da contagem foram inscritos em gráficos de barras sob a forma de frequência de ocorrência e analisados em percentagem, agrupando respostas totalmente correctas, totalmente erradas, parcialmente correctas e não resposta.

Exemplificámos com duas alíneas da questão um apresentando os gráficos de barras conjuntamente com uma tabela onde se inserem conclusões, deficiências detectadas e problemas e experiências que propomos para esclarecer.



QUESTÃO 1	
	Alíneas 1.1 e 1.2
Conclusões	A - Mais de metade dos alunos (1º ano - 55,6% e 3º ano - 62,2%) sabe que a divisão longitudinal do íman origina dois pólos diferentes.
	B - Há convivência da concepção correcta para a divisão longitudinal com a concepção incorrecta (pólo magnético isolado) para a divisão transversal (1º ano - 24,4% e 3º ano - 13,3%).
Deficiência de conhecimento ou Conceitos errados dos alunos	<input checked="" type="checkbox"/> A divisão transversal de um íman conduz a um pólo magnético isolado.
Problemas e	Exp. 1 - Interações entre os campos magnéticos de dois ímans.
Experiências esclarecedoras	Exp. 2 - Tipos de pólos obtidos nas divisões transversal e longitudinal de um íman.

A análise de todas as respostas revelou que os alunos desconhecem assuntos como:

- os pólos obtidos na divisão transversal do íman
- a necessidade de movimento da carga eléctrica para a criação e actuação do campo magnético
- as condições de existência de força magnética
- a neutralidade eléctrica do condutor percorrido pela corrente eléctrica

- as regras do produto vectorial
- a incapacidade da f. magnética para produzir variação de energia cinética
- aspectos relacionados com materiais magnéticos

Explicam fenómenos magnéticos com o mesmo conceito de fluído magnético que era utilizado no século XIX.

Foram estas conclusões que fundamentaram o planeamento do processo de ensino-aprendizagem; serviram de base da organização das estratégias desenvolvidas para as aulas e para a elaboração dos protocolos (experimental e teórico-prático) e dos temas dos trabalhos extra aula.

Como fundamentação das estratégias utilizadas no processo metodológico consideramos que os conceitos num indivíduo crescem. O crescimento é proporcionado pela realização de determinado tipo de experimentação e problemas. O professor tem um papel decisivo na construção dos conhecimentos pelo aluno. Como suporte estrutural de todo o processo utilizámos alguns quadros:

- Quadro I - Interrelação entre as alíneas do questionário das experiências e dos problemas em que os números dos elementos constituintes se encontram ligados por setas
- Quadro II - Finalidades específicas do questionário das experiências e dos problemas em que esta interrelação é concretizada com mais pormenor.

Através deles podemos verificar com rapidez e eficiência a estreita interrelação entre estas componentes pedagógicas.

- Tabela I - Mapa de objectivos específicos das aulas teóricas, problemas, trabalho experimental e resumo final.
- Tabela II - Tarefas a desempenhar por cada grupo de tal forma que há sempre dois grupos com o mesmo conjunto de problemas a resolver e de experiências a realizar a fim de possibilitar a discussão intergrupos.
- Mapa de Conceitos Geral e Sub-mapas mais Específicos - A fim de garantir que fossem varridas todas as áreas do conteúdo e que não se perderia o fio condutor entre as parcelas.

A utilidade de todas estas tabelas no que respeita ao professor foi a de planejar correctamente as estratégias a desenvolver; quanto ao aluno, serviu para o desenvolvimento de atitudes de abertura para aprendizagem, e para ambos constitui o documento de avaliação do que cada um realizou ou aprendeu.

Especificando, **os tempos lectivos** foram distribuídos em **cinco horas de teórica** para motivação, apresentação das Leis Físicas, solicitação de execução de pequenos trabalhos sobre aplicações relevantes do magnetismo e coordenação; **seis horas de prática** para realização de catorze trabalhos cabendo quatro a cada grupo; **três horas de teórico-prática** para resolução de problemas em grupo e discussão das conclusões experimentais intergrupos; **uma hora teórica final** para interrelação de todos os aspectos e uma súmula final.

Os alunos foram divididos em grupos e desempenham tarefas como: execução de trabalhos experimentais, elaboração dos relatórios das experiências que cabem a cada grupo e discussão intergrupos; resolução de problemas e respectiva discussão; elaboração de mapa de conceitos na aula inicial para remodelação posterior aula a aula; trabalhos extra-aula sobre aplicações científico-tecnológicas das forças, dos campos, dos materiais magnéticos e da f.e.m. induzida; análise de tabelas, quadros, mapas de conceitos e bibliografia.

As **aulas teóricas** têm por objectivo serem a fonte de informação e orientadora de todo o processo; servirem para a superação da ideia de que a aula de física é uma torrente de equações fórmulas e conceitos; promover o espírito de investigação, o sentido da responsabilidade individual, a capacidade de observar, analisar textos, cooperar com os outros e inferir conclusões acertadas.

Como motivação foram utilizadas **experiências demonstrativas** ligadas à história do magnetismo e feita a execução dos pequenos trabalhos extra-aula, em casa.

O suporte teórico foi a apresentação das Leis Físicas a partir das experiências demonstrativas e os **mapas de conceitos** foram o suporte estrutural.

As aulas e o protocolo experimental têm como objectivos gerais: pôr em prática métodos de aprendizagem mais activos; proporcionar uma ocasião de interacção mais livre e activa entre os alunos e o professor; organizar um tipo de trabalho mais adaptado ao ensino superior politécnico; desenhar experiências que ofereçam estímulos necessários para que os alunos modifiquem as suas ideias erradas; apoiar as intenções dos alunos de voltar a reelaborar as suas ideias e pontos de vista.

No protocolo experimental, distribuído aos alunos, foram apresentadas as **finalidades gerais** do trabalho experimental e o **mapa de conceitos** ligado às experiências. Foram feitas recomendações gerais, uma lista de material e bibliografia a utilizar e elaboradas um conjunto de questões orientadoras do trabalho. O protocolo experimental é constituído por **fichas orientadoras de catorze experiências**.

O material utilizado nas experiências está dentro do espírito que nos deve unir - a reciclagem. Utilizamos por isso desperdícios de uma oficina de artigos eléctricos tais como ímans, fio de cobre isolado e ferro macio. Como grande inovação **para medir rápida e eficazmente as forças magnéticas utilizámos a balança electrónica digital**.

A realização e tratamento de dados das experiências propostas faz com que os alunos possam "manejar" os conceitos sobre as forças magnéticas; adquiram técnicas de laboratório e de análise gráfica; ponham em prática actividades que desmistificam o magnetismo.

A aula e o protocolo teórico-prático foram utilizados porque consideramos relevante a resolução de problemas. Esta desempenha um papel importante no crescimento dos conceitos; é eficiente para que os alunos e professores modifiquem a sua visão e atitude em relação ao modo como se constrói a ciência; pode ser utilizada para produzir saber e saber fazer e não apenas para o justificar; permite o desenvolvimento de capacidades (J. Bernardino Lopes).

As componentes teórico-práticas são o protocolo constituído por vinte e cinco problemas em que as questões não têm ordem sequencial e fomentam a discussão e consulta bibliográfica e a aula teórico-prática para resolução e discussão em grupo dos problemas e das conclusões experimentais.

O protocolo foi estruturado com o fim de promover a reflexão do aluno sob as situações apresentadas; introduzir conceitos não analisados nas aulas teóricas; aplicar algoritmos e relacionar conteúdos com a vida quotidiana.

Os objectivos das componentes propostas são permitir ao aluno a possibilidade de adquirir, aprofundar e diversificar conhecimentos; incrementar aquisição de métodos de trabalho interactivo; levar o aluno a desenvolver as capacidades de assimilação das bases científicas que lhe são exigidas; permitir a orientação do estudante para a vida activa.

O resumo teórico foi organizado tendo como objectivos para o aluno, orientar o desenrolar do processo de ensino-aprendizagem no seu aspecto teórico; ajudar a estruturar os conhecimentos; fomentar a aquisição de métodos de organização de trabalho; avaliar rapidamente as suas capacidades de

assimilação das Leis Físicas. **A sua estrutura está de acordo com o desenrolar das aulas teóricas.** Assim, é constituído pela descrição de demonstrações experimentais umas históricas (Oersted - 1820, Ampère - 1820, Faraday) e outras não tais como a visualização das linhas de campo magnético e a demonstração da distribuição espacial do campo magnético.

Apresentam-se mapas de conceitos tendo em mente que a melhor forma de facilitar a aprendizagem dos alunos é ajudá-los explicitamente a verem o papel desses conceitos bem como a relação entre eles. O seu objectivo final é estimular a aprendizagem do aluno traçando-lhe o rumo na viagem que está a efectuar sobre estes conteúdos; estão organizados em quatro temas, a visão geral do electromagnetismo, fontes de campo magnético, forças e binários magnéticos e fluxo e circuitos magnéticos.

A sensibilização do aluno e o despertar do seu interesse para o trabalho experimental que realiza depende dos alicerces teóricos que possui. Em virtude disso, optámos pela apresentação da demonstração das noções teóricas necessárias à interpretação dos trabalhos práticos. Esta forma tradicional de tratamento teórico de uma parcela da matéria serve para exemplificar a diversidade da actuação didáctica do professor.

A importância dos materiais magnéticos na sociedade e o baixo grau de conhecimento que os alunos possuem sobre o assunto levou-nos a organizar um conjunto de noções básicas sobre este tema; orienta a compreensão dos trabalhos experimentais pelos grupos e abre caminho ao aprofundamento do assunto.

Na planificação proposta há todo um trabalho no sentido de incentivar a multiplicação de acções destinadas a ajudar os estudantes na organização de um trabalho pessoal de aquisição de conhecimentos do conteúdo em estudo. Pretende-se, ainda, promover uma boa integração desse trabalho no conjunto das actividades para o efeito. Finalmente, é, ainda, nossa preocupação uma maior individualização e autonomia no trabalho dos alunos. Dentro dessa linha, foi proposta a realização, fora da aula, de um pequeno trabalho por grupo e fornecida a bibliografia básica para o efeito dentro deste capítulo.

A fim de que as experiências fossem eficazes para a consecução dos objectivos propostos, foram realizadas e interpretadas por nós e por um grupo de alunos voluntário.

Sabemos já que o objectivo delineador do trabalho experimental foi estudar as forças magnéticas medindo-as com a balança electrónica digital. Ao registarmos e analisarmos os seus resultados, não foi nosso objectivo apresentar um relatório sobre cada uma das experiências realizadas mas tão somente apresentar os resultados obtidos sob a forma gráfica. Indicar as principais dificuldades e/ou precauções a tomar durante a realização das experiências; enunciar as principais conclusões de cada trabalho; registar as forças atractivas e repulsivas no mesmo gráfico para verificar melhor as leis; proporcionar uma apresentação que suscitasse a discussão dos fenómenos.

Consideramos como objectivos específicos de algumas parcelas desenvolver uma teoria unificadora do campo magnético criado por um íman e uma bobine:

Exp1 - Interação entre imanes.

Exp2 - Verificação dos pólos obtidos na divisão transversal e longitudinal do íman.

Exp4 - Interação do campo magnético de um íman e de uma bobine e o ferro macio.

Exp5 - Interação entre os anéis de uma bobine sem e com núcleo de ferro macio.

Exp6 - Interação entre o campo de duas bobines - variação com a distância.

Exp7 - Interação entre o campo de duas bobines - variação com a intensidade.

Exp8 - Interação entre o campo magnético de um íman e uma bobine.

Exp9 - Acção entre o campo magnético de um íman ou uma bobine e a agulha magnética.

Os resultados destas experiências demonstram que para que se verifique a Lei de Gauss $\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = 0$ existem duas componentes de \vec{B} .

Ao longo do eixo radial

$$\vec{B}_z = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2\pi R^2 I}{(Z^2 + R^2)^{3/2}} \quad \vec{U}_z \vec{B}_z = 3R \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2\pi R^2 I Z}{(Z^2 + R^2)^{5/2}} \vec{U}_z$$

sobre uma espira ou um íman originam uma componente

radial da força magnética ao longo do eixo

$$\vec{F}_m \frac{1}{2} = Id \vec{l} \times \vec{B}_z \quad \vec{F}_m \frac{1}{2} = Id \vec{l} \times \vec{B}_z$$

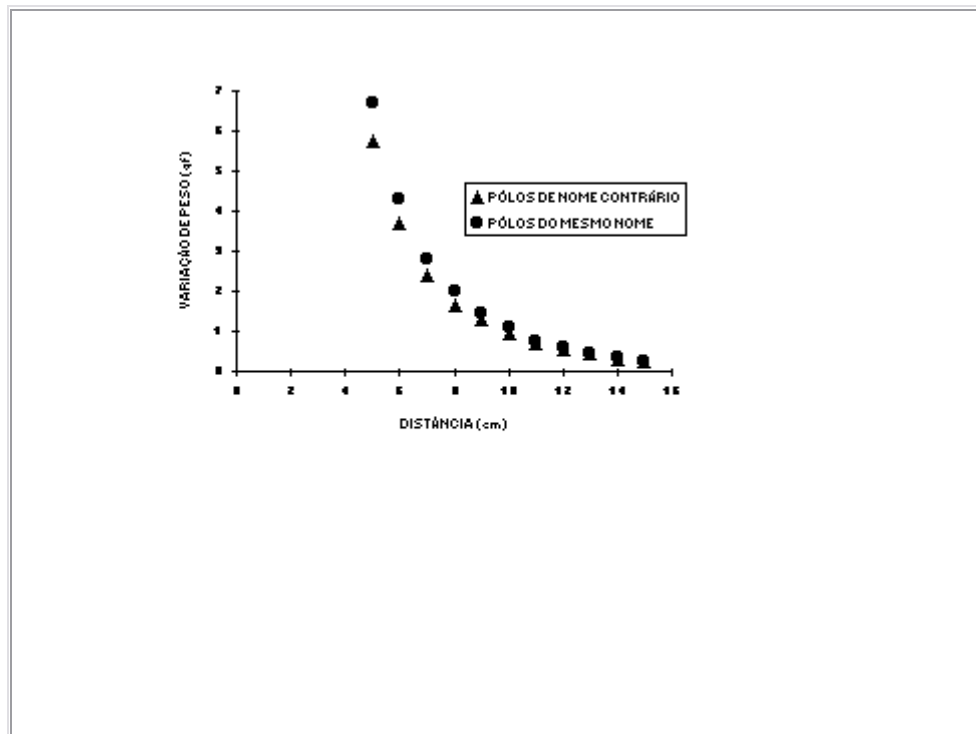
que pode fazê-los explodir que os atrai ou repele

de módulos

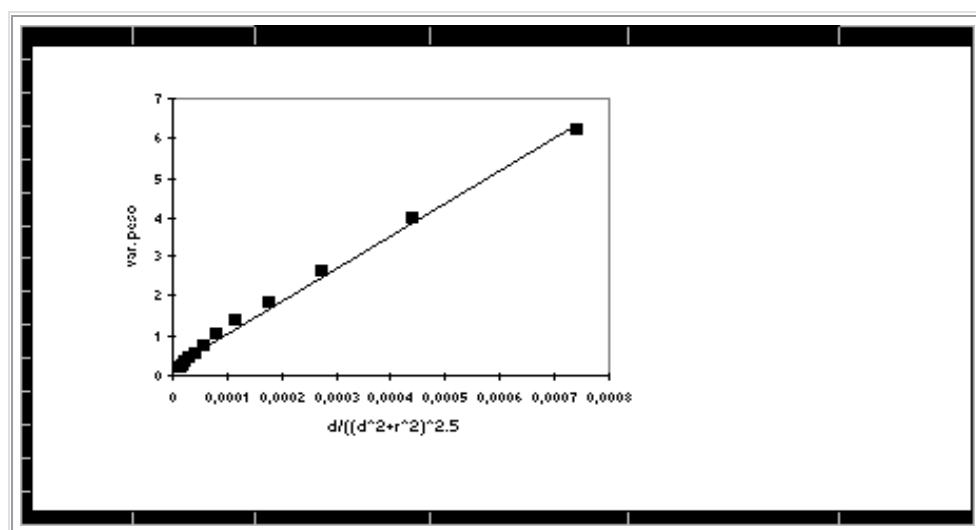
$$\vec{F}_m \frac{1}{2}(\text{radial}) = \frac{\mu_0}{4\pi R} \frac{4m_m m_e}{(Z^2 + R^2)^{3/2}} \vec{F}_m \frac{1}{2}(\text{translacao}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{12m_m m_e Z}{(Z^2 + R^2)^{3/2}}$$

que é medida pela balança

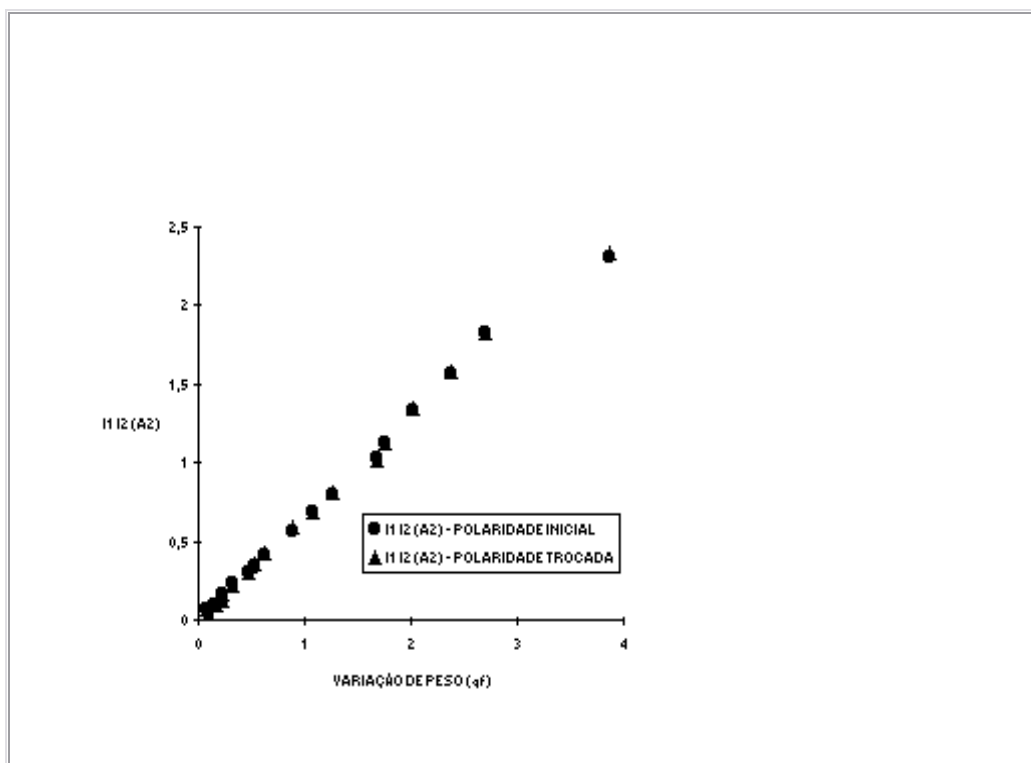
Que podemos confirmar através de alguns gráficos como:



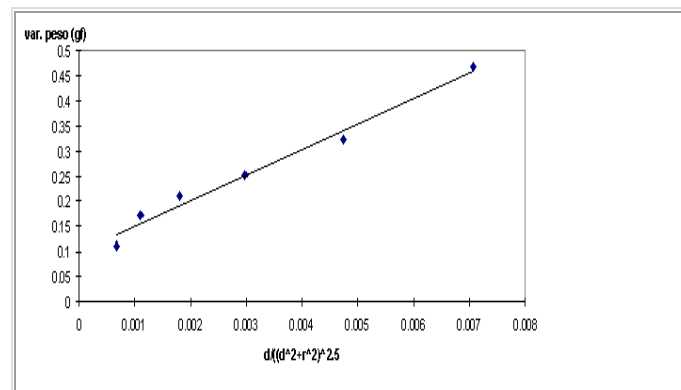
VARIAÇÃO DE PESO DO IMAN 1 SOB A INFLUÊNCIA DO IMAN 2



Nota: A zona que mais se afasta da linearidade corresponde a pontos para distâncias menores em virtude das dificuldades no alinhamento dos ímans que para distâncias pequenas aumenta a incerteza relativa. Em virtude disso para diminuir o erro, quando os ímans se encontram muito próximos é necessário alinhar bem o centro dos ímans e como o íman é levantado da balança na interacção atractiva só devem utilizar-se valores de distância suficientemente elevados para que isso não aconteça. No segundo e quarto gráficos é utilizado o valor médio das intensidades atractiva e repulsiva para igual distância.



INTERACÇÃO ENTRE OS CAMPOS DE DUAS BOBINES DE 100 ESPIRAS DO MESMO \varnothing (r_{io}) = 0,600 mm DE \varnothing (BOBINE) = 5,0 cm , À DISTÂNCIA DE 1,5 cm



INTERACÇÃO ENTRE DUAS BOBINES DE 100 ESPIRAS DE FIO DE COBRE COM FIO DE $\varnothing = 0,600$ mm , \varnothing DA BOBINE = 5,0 cm COM INTENSIDADE CONSTANTE E VARIAÇÃO COM A DISTÂNCIA ENTRE AS BOBINES ($I_1 = I_2 = 1,00$ A)

Como segundo objectivo específico aparece o estudo do campo magnético uniforme e de correntes rectilíneas:

Exp10 e Exp11 - Interacção entre o campo magnético uniforme e uma corrente rectilínea por variação de peso do íman e do fio.(A e B)

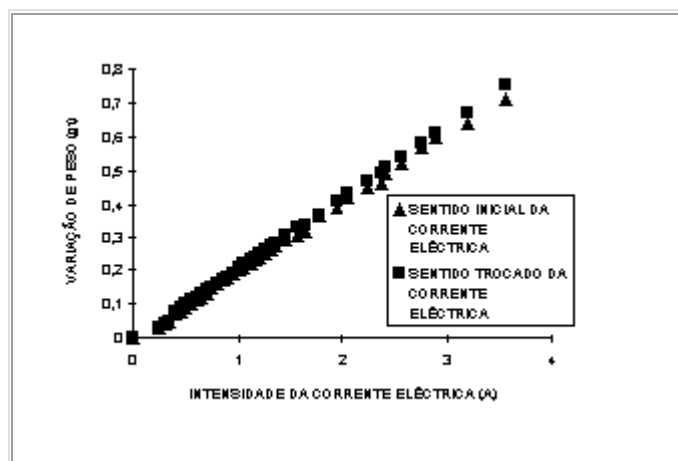
Exp12 - Interacção entre o campo magnético de duas correntes rectilíneas paralelas.(C)

Como terceiro objectivo específico optou-se pelo estudo dos materiais magnéticos:

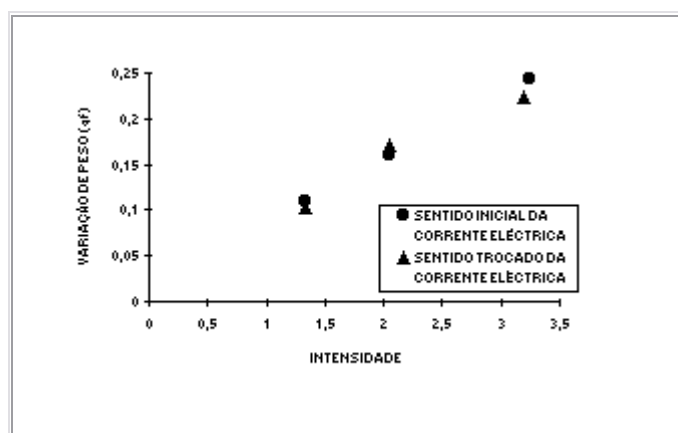
Exp3 - Classificação de materiais magnéticos pelo seu comportamento perante um campo magnético intenso.

Exp13 - Acção dos materiais magnéticos na produção de força electromotriz induzida.

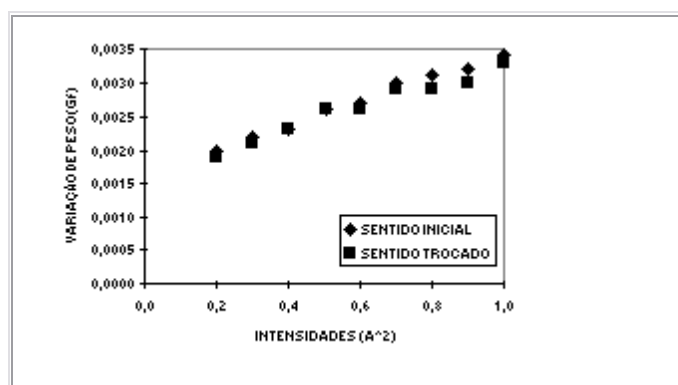
Exp14 - Visualização de ciclos de histerese magnética com solenoide de núcleo amovível e toróides.



A - VARIAÇÃO DE PESO DOS IMANS



B - VARIAÇÃO DE PESO DO FIO PERCORRIDO PELA CORRENTE



C - FORÇA MAGNÉTICA ENTRE O CAMPO DE UMA CORRENTE RECTILÍNEA E OUTRA CORRENTE RECTILÍNEA PARALELA

VARIAÇÃO DE PESO DE VÁRIOS MATERIAIS SOB O EFEITO DO CAMPO DE UM IMAN SITUADO À ALTURA DE 3,0 cm

MATERIAL	VARIAÇÃO DE PESO (gf)	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL
AÇO	0,000	DIAMAGNÉTICO
MADEIRA	0,000	DIAMAGNÉTICO
PLÁSTICO	0,000	DIAMAGNÉTICO
COBRE	0,010	DIAMAGNÉTICO
GRAFITE (LÁPIS)	0,017	DIAMAGNÉTICO
CLORETO DE COBRE (II)	- 0,008	PARAMAGNÉTICO
SULFATO DE NIQUEL	- 0,200	PARAMAGNÉTICO
FERRO MACIO (DISCO)	- 12,110	FERROMAGNÉTICO
FERRO MACIO (RECT.)	- 12,680	FERROMAGNÉTICO
FERRO MACIO (ROSCA)	- 10,346	FERROMAGNÉTICO
ALNICO	- 8,305	FERROMAGNÉTICO

A satisfação que experimentámos a cada passo quando verificamos a coincidência dos resultados experimentais com a teoria concertiza que irá repetir-se com os outros alunos.

Pensamos ainda que o seu espírito de descoberta os vai levar por caminhos que ainda não percorremos. Os campos, as forças, os materiais magnéticos, a histerese magnética e força electromotriz induzida constituirão um assunto bastante interessante para eles.

Como comentário final consideramos que a sequência apresentada não deve ser rígida. Em função das características dos alunos e de como vão estabelecendo as conclusões, o professor poderá modificar os passos a seguir sem esquecer as metas que pretende.

Requer-se um amplo banco de actividades para não haver improvisações. Foi por isso necessário organizar um arquivo com mais: experiências laboratoriais, experiências demonstrativas, problemas e temas de trabalho extra aula tendo sempre em mente que todo o material deve obedecer a um fio condutor comum e as diferentes parcelas devem completar-se.

Salientemos que ao elaborarmos a nossa proposta de ensino-aprendizagem, **valorizámos:**

- a **aprendizagem de conceitos e estruturas conceptuais;**
- a **aprendizagem de técnicas e estratégias de resolução de problemas;**
- a **competência na experimentação e interpretação dos resultados;**
- a **atitude crítica perante os factos que se apresentam.**

Creemos que só assim o aluno modifica a sua conduta de actuação e pode produzir a mudança dos seus conceitos deficientes. (Meneses Villagrà, 1995)

Estruturámos um conjunto diversificado mas em que as diferentes parcelas se interceptam. Concorrem para um objectivo comum que é a construção de um conhecimento sobre campos, forças e materiais magnéticos ligado ao mundo real em que se integra o aluno.

4 - Bibliografia

Introdução ao Electromagnetismo; Mendiratta, Fundação Calouste Gulbenkian - 1984

Aprender a Aprender; Joseph Novak e Bob Gowling; Colecção Plátano Editora - 1984

Mudança Conceptual na Sala de Aula, Um Desafio Pedagógico; Eduarda Santos, Livros Horizonte Lda - 1991

Resolução de Problemas em Física e Química; Bernardino Lopes, Texto Editora - 1994

Os Métodos Pedagógicos no Ensino Superior; Annie Bireaud, Porto Editora - 1995

Sequencia de Enseñanza sobre el Electromagnetismo; Menezes Villagrà; Eseñanza de las Ciencias - 1995