



DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS PRÁTICAS EM FUTUROS ENGENHEIROS: UMA PROPOSTA COM COMPROMISSO AO ENSINO

Vanessa Caroline Maieski Lopes – vanmaieski@gmail.com

Sthefani Nogueira Cretton – sthefaninc@gmail.com

Igor Rocha Amorim – igorencaut@gmail.com

Josué Lima da Silva – josue.cefetmg@gmail.com

Ana Luíza Ferreira Ferraz – analuizaferraz.encaut@gmail.com

José Evaristo Rodrigues Costa – jercosta@leopoldina.cefetmg.br

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

Rua José Peres, 558, Centro.

36700-000 – Leopoldina – Minas Gerais

Resumo: *Um das maiores deficiências apresentadas pelas instituições de ensino em engenharia atualmente está relacionada à inserção de atividades práticas que realmente estabeleçam uma correlação entre a teoria ensinada em sala de aula e a necessária formação prática que o mercado busca nos profissionais recém-formados. Entre as alternativas mais utilizadas nas escolas de engenharia para suprir essa demanda estabelecida estão a inserção dos discentes em projetos de pesquisa e extensão, atividades em grupo e outros. Porém é consenso entre os profissionais atuantes no mercado que é imprescindível para o aluno a familiaridade com situações práticas as mais próximas da realidade o possível, a fim de desenvolver a capacidade do mesmo decidir sobre a viabilidade técnica e econômica. O presente trabalho traz o estudo de caso da construção de pastilhas resistivas e de núcleos ferromagnéticos, proposto na disciplina de materiais elétricos do curso de Engenharia de Controle e Automação do CEFET-MG/Campus Leopoldina, com o intuito de despertar nos alunos as competências citadas acima.*

Palavras-chave: *Atividades Práticas, Ensino de Engenharia, Capacitação, Limalha de Ferro.*

1. INTRODUÇÃO

O mercado de trabalho vem passando por um processo de expansão no que se refere ao número de oportunidades nos últimos anos. Tal fato tem trazido para o âmbito das instituições de ensino a necessidade de uma formação em um sentido mais completo. O novo profissional deverá possuir conhecimentos mais amplos, o que concerne em habilidades gerenciais, técnicas e políticas, interdisciplinaridade, além do profissionalismo ético (ROCHA, 2005). A aplicação sistemática do conhecimento visando à complementação do ensino requer uma integração coesa entre a teoria e a prática, de forma que toda a atividade laboratorial exija uma sólida fundamentação teórica. No processo educativo existe a necessidade da inserção de atividades de pesquisa, de modo a desenvolver a criatividade, bem como a capacidade do



discente em analisar e resolver problemas (ROCHA, 1996). Esta preocupação acentua-se no caso do ensino em engenharia, pois se espera dos profissionais recém-formados uma preparação que possa responder à altura a expectativa e a necessidade dos empregadores na solução de seus desafios.

O modelo de ensino que atualmente vem sendo apresentado nas instituições possui certas deficiências, onde o fator que dificulta a evolução do conhecimento é a fundamentação teórica não caminhar juntamente com o alicerce prático, de modo a fugir da necessidade real. A limitação à teoria dos livros é mais valorizada do que as habilidades do discente de analisar e solucionar problemas reais, o que compromete a capacitação dos estudantes. (ROCHA, 1996). O ensino em engenharia deveria ser fomentado de forma a constituir uma base conceitual sólida entre os graduandos, o que possibilita uma capacitação prática que permita ao profissional recém-formado um melhor entendimento da real necessidade de sua inserção no mercado.

Dessa forma, é de fundamental importância que o ensino prático contemple o conhecimento teórico do aluno, mas que seu foco principal seja a compreensão dos problemas propostos, a análise das suas causas, a avaliação e implementação das possíveis soluções e a viabilidade das alternativas desenvolvidas do ponto vista econômico.

A partir desta perspectiva, este trabalho analisa a inserção de atividades práticas extraclasse na disciplina de Materiais Elétricos do CEFET-MG/Campus Leopoldina a fim de complementar o ensino teórico.

2. O ATUAL CONTEXTO DO ENSINO DE ENGENHARIA

A atual formação de profissionais na área da engenharia requer um conhecimento polivalente, abrangendo os entendimentos específicos de sua formação e uma percepção global dos diversos campos que o cercam, de modo a contribuir com a real evolução da sociedade. O engenheiro contemporâneo deve exercer um papel que vai além da aplicação dos conhecimentos técnicos, contribuindo de modo relevante na necessidade e nos interesses humanos (FILHO, 2001).

É fato corriqueiro nos cursos de engenharia a deficiência do ensino prático que ocorre devido à carência de recursos laboratoriais, falta de preparo dos envolvidos nas disciplinas práticas ou pelo fato de relegá-las a um segundo plano, o que contribui de forma decisiva para a minimização da importância do aprendizado prático. Muitas vezes o real motivo é a falta de preparo dos docentes que não tiveram uma formação voltada para o ensino prático (BUENO & PARODE, 2011). As atividades desenvolvidas em laboratório têm um aspecto particular na formação de engenheiros, pois, muitas vezes, as primeiras experiências dos graduandos com situações reais que serão enfrentadas durante toda a carreira ocorrem nestes ambientes. É de fundamental importância a inserção do aluno em locais onde possa desenvolver atividades relacionadas à área de tecnologia juntamente com o embasamento teórico, praticando desde o início questões relacionadas à sua profissão (MANFREDI, 2007). No CEFET-MG/Campus Leopoldina foi constatada a falta de equipamentos laboratoriais, comprometendo o aprendizado dos discentes, que passam a desenvolver atividades em grupos com muitos integrantes. Além disto, a utilização do mesmo laboratório em diversas disciplinas ocasiona o maior desgaste dos equipamentos, tornando assim o espaço inadequado para o bom aproveitamento das atividades práticas (FERRAZ, *et al.*, 2012).

Há um consenso entre os profissionais de educação em engenharia de que cada vez mais se faz necessário um enfoque maior no ensino prático, sem que haja detrimento do ensino teórico. A redução do uso de livros didáticos e a inserção de aulas laboratoriais não implicam no abandono da teoria, mas sim no seu uso como embasamento para as atividades práticas,



onde o livro não se configura como a única fonte de informação (BUENO & PARODE, 2011).

Diante dos fatores abordados, observa-se que o método de ensino na Engenharia possui um embasamento muito teórico, em que ocorre a carência de atividades experimentais nas disciplinas. Para solucionar esta deficiência é conveniente a inserção de atividades extraclasse de forma a estender o conhecimento teórico adquirido em sala de aula. Com isso, foi proposto um trabalho prático como forma de avaliação na disciplina de Materiais Elétricos, de forma a inserir o aluno numa atividade de pesquisa, trabalho em grupo, e desenvolver habilidades de análise e solução de problemas.

3. DESCRIÇÃO E RESULTADOS DAS ATIVIDADES PROPOSTAS

A disciplina "Materiais Elétricos" aborda temas referentes a materiais condutores, isolantes e dielétricos, assim como sua estrutura cristalina, ligações atômicas, e obtenção. Além disso, realiza uma introdução a dispositivos eletrônicos, materiais magnéticos, e aos tipos de núcleos. O projeto de que trata este trabalho engloba os seguintes temas relacionados à disciplina: análise da resistividade e condutividade de materiais condutores e isolantes, bem como a magnetização de núcleos.

A turma foi dividida em grupos de alunos e cada equipe ficou responsável por produzir as pastilhas resistivas ou os núcleos ferromagnéticos, utilizando-se de limalha de ferro como material base juntamente com um aglutinante. Os dispositivos criados deveriam ser analisados no que diz respeito às características condutoras e magnéticas destes materiais. As pastilhas deveriam ser testadas quanto à variação da resistência elétrica em função da pressão sobre a mesma, devido à mudança da área de contato. Os núcleos de ferro deveriam ser introduzidos em bobinas inicialmente preenchidas pelo ar com o objetivo de se observar as alterações provocadas na indutância elétrica.

3.1. Pastilhas resistivas

Alguns equipamentos têm seu funcionamento condicionado à manipulação de grandezas elétricas. Um exemplo desse fato está na aplicação da variação de velocidade de motores, que pode ser obtida variando-se uma resistência elétrica associada em série com o motor. Para realizar um estudo sobre a variação da resistência foram construídas pastilhas com limalha de ferro e um determinado aglutinante, com fins puramente didáticos, demonstrando a mudança da resistência em função da pressão. No presente trabalho foram utilizados como aglomerantes o silicone industrial e a resina epóxi (popularmente conhecida como "Araldite"). Para fins de experimentação da variação da resistência elétrica das referidas pastilhas foram realizados testes de compressão das mesmas com a medição dos valores apresentados em um multímetro.

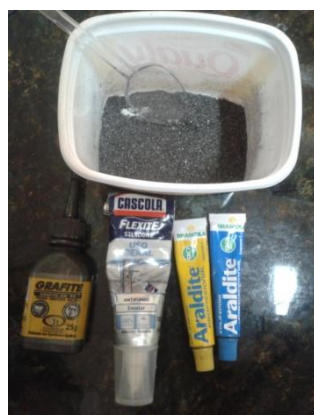
Sabe-se que quando duas peças são justapostas a área de contato mecânico entre elas é muito menor que a da área geométrica das peças, mas é muito maior que a área onde a corrente elétrica se distribui, chamada área de contato elétrico. Isto ocorre devido à rugosidade da superfície do material e o surgimento de oxidações ou sulfatações na superfície condutora, sendo possível aumentar a superfície de contato elétrico efetuando-se um polimento. Outra maneira de aumentar a área de contato elétrico é aumentar a pressão sobre as superfícies, deformando sua rugosidade.

Os materiais utilizados para a construção e testes das pastilhas resistivas estão listados abaixo:

- Balança de precisão;

- Cano PVC (forma);
- Cola epóxi (“Araldite”);
- Grafite;
- Limalha de ferro;
- Multímetro;
- Papel manteiga;
- Placas para impressão de circuito;
- Silicone de uso industrial.

É possível ver na Figura 1 abaixo alguns dos materiais utilizados na construção das pastilhas.



(a)



(b)

Figura 1 – (a) Materiais e (b) fôrmas utilizados na construção das pastilhas.

Realização do Experimento

Foram criadas dezoito amostras, divididas aos pares quanto à concentração da limalha de ferro e do aglomerante. Após a produção das pastilhas realizou-se o teste de continuidade e a medição da resistência elétrica. A Figura 2 ilustra o processo de medição em uma das amostras.

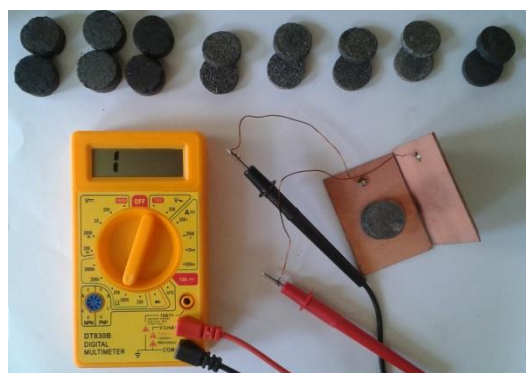


Figura 2 - Medição da resistência elétrica.



A Tabela 1 relaciona as diversas amostras com suas respectivas concentrações e os valores encontrados na medição da resistência de cada pastilha.

Tabela 1 - Valores de concentração e resistência.

Amostra	Concentração			Resistência (Ω)	
	Limalha	Aglutinante	Grafite	Pastilha 1	Pastilha 2
1	89,57%	10,43% (silicone)	0%	180	150
2	92,08%	7,92% (araldite)	0%	13k	36k
3	86,51%	13,49% (silicone)	0%	200	240
4	88,34%	11,66% (araldite)	0%	170k	180k
5	74,63%	12,20% (silicone)	13,17%	180	630
6	76,10%	10,47% (araldite)	13,43%	12k	8k
A	80%	20% (silicone)	0%	600k	300k
B	62,5%	17,87% (silicone)	15,73%	2k	2k
C	66,67%	33,33% (silicone)	0%	Sem valor	Sem valor

A limalha utilizada nas amostras A, B e C possuía alto nível de impurezas, como poeira e óxidos que podem ter tornado seus estudos mais difíceis e, por isso, não serão apresentados outros resultados dessas amostras.

Os testes de compressão foram realizados colocando-se cada par de amostras entre as duas placas para impressão de circuito onde foram soldados fios e ligados às ponteiros do multímetro e sobre esse conjunto, colocado na horizontal, depositou-se diversos valores de massa. A grandeza pressão foi escolhida como variável nos testes para que pudesse haver comparação dos resultados dos diferentes grupos. Os valores de massa, pressão e resistência elétrica obtidos nos testes estão relacionados na Tabela 2.

Tabela 2 - Medição da resistência nos testes de compressão.

Massa (kg)	Pressão (Pa)	Medição da Resistência (Ω)			
		Amostra 1	Amostra 2	Amostra 4	Amostra 6
0,035	335,35	150	495	Sem valor	Sem valor
0,050	479,07	117	148	Sem valor	Sem valor
0,120	1149,78	45,5	139	Sem valor	415
0,220	2107,92	10,1	105	67	540
0,320	3066,07	8,8	85	63	240
0,420	4024,21	7,3	50	45	190
0,520	4982,36	5,8	43	65	158
0,750	7186,10	4,4	38	46	106
1,000	9581,46	3	26	43	90
1,500	14372,20	2,4	17	12	83

Os dados obtidos na Tabela 2 refletem o comportamento das pastilhas, relacionando a variação da resistência de acordo com o aglutinante empregado, o que faz com que a pastilha apresente um comportamento diferente. Nos casos em que foi utilizado o silicone observou-se um menor valor de resistência devido à flexibilidade do aglutinante, facilitando o aumento da

área de contato mesmo com pequenos valores de pressão. Na utilização de "Araldite" como aglutinante, a resistência obtida foi maior, pois devido a sua alta rigidez a área de contato foi menor, sendo então necessário um valor maior de pressão para uma melhor análise da variação da resistência.

Com os valores apresentados na Tabela 2 foi possível construir gráficos para cada amostra. Serão abordados neste artigo apenas os resultados das amostras 1, 2, 4 e 6, que foram selecionadas como mais relevantes.

A Figura 3 relaciona os valores de resistência e pressão da amostra 1.

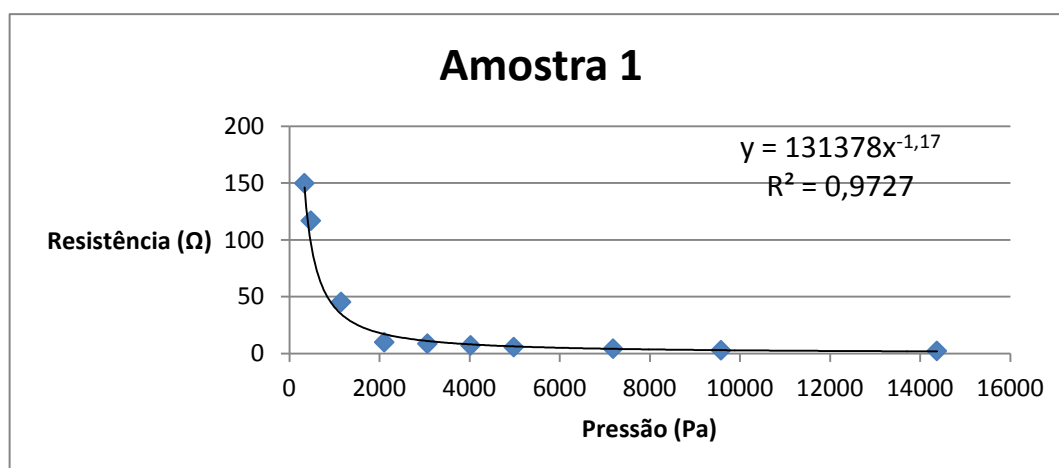


Figura 3 - Variação da resistência em função da pressão na amostra 1.

A linha de tendência, que mais se aproximou dos pontos medidos foi obtida por um ajuste do tipo função potência. Para pressões menores do que 2000 Pa, onde área de contato elétrico é pequena, as pastilhas apresentam altos valores de resistência e a curva neste trecho apresenta características não lineares, devido. A partir de então, com o aumento da pressão e da área de contato é observada a tendência à linearidade da curva.

A Figura 4 retrata o comportamento da amostra 2.

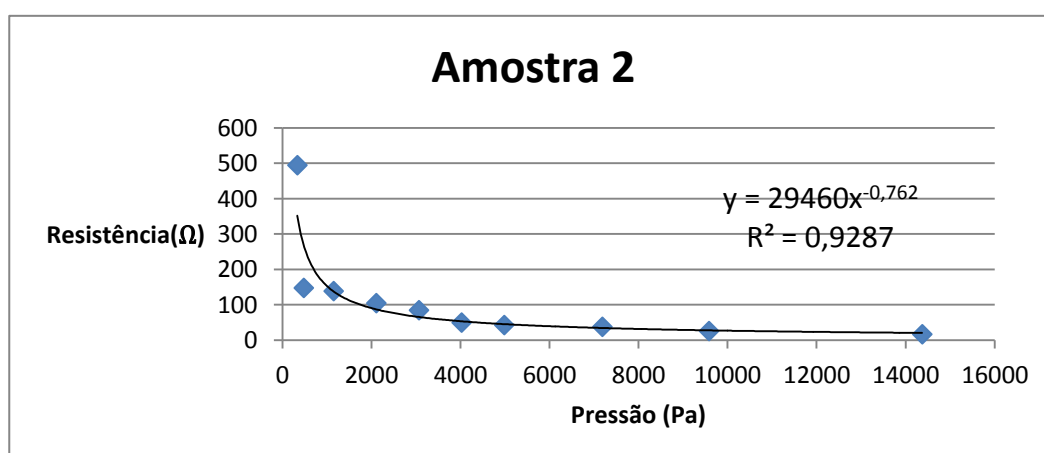


Figura 4 - Variação da resistência em função da pressão na amostra 2.

Neste caso foi observada uma situação semelhante, embora alguns pontos não se ajustam bem à linha de tendência. Os valores de resistência apresentados foram mais elevados, o que poderia ser atribuído à maior rigidez da pastilha proporcionada pelo aglomerante utilizado.

No caso da Amostra 4, cujo aglomerante (cola epóxi) é bastante rígido, não foi possível gerar uma curva de tendência com os valores de pressão até então utilizados optando-se por trabalhar com alguns valores maiores para entender melhor o comportamento que está apresentado na Tabela 3 e Figura 5.

Tabela 3 - Valores de massa, resistência e pressão na Amostra 4.

Amostra 4	Limalha (88,34%) + Araldite (11,66%)		
Teste	Massa (kg)	Resistência (Ω)	Pressão (Pa)
1	1,000	136	9581,46
2	2,000	60	19162,93
3	3,000	25	28744,39
4	4,000	16	38325,85

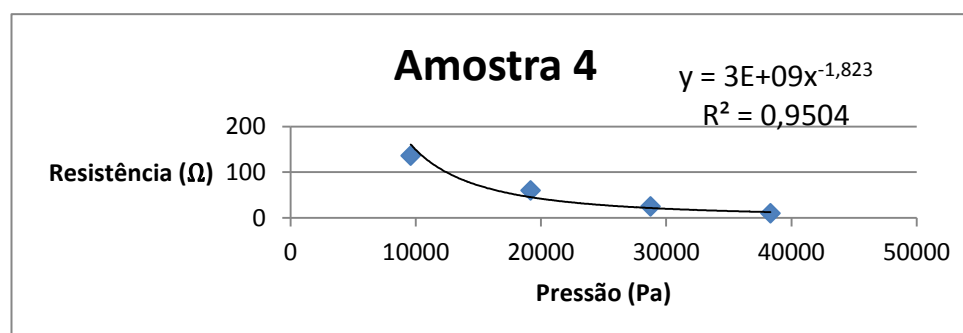


Figura 5 - Variação da resistência em função da pressão na amostra 4

Qualitativamente, percebe-se que o comportamento dessa amostra é semelhante ao das demais.

Por fim, o gráfico obtido para a 6ª amostra está apresentado na Figura 6.

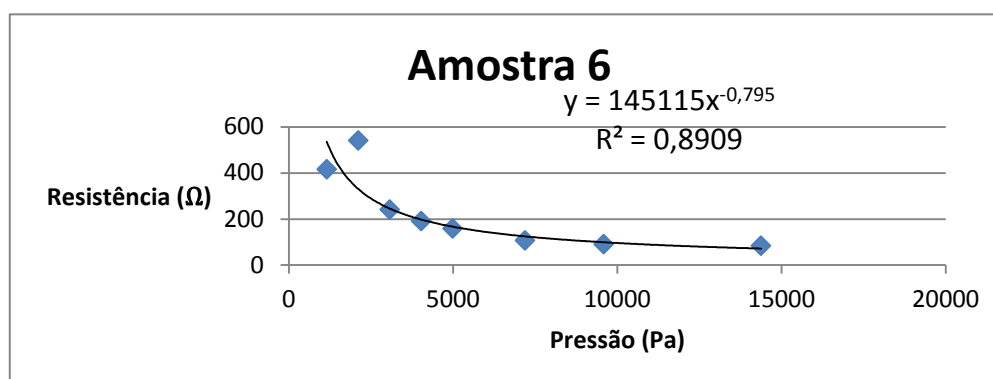


Figura 6 - Variação da resistência em função da pressão na amostra 6.

A curva de tendência desta amostra também se aproximou dos pontos experimentais. Apesar da adição de grafite, esta não apresentou um menor valor de resistência quando comparado à amostra 4. A boa condutividade da limalha poderia justificar a baixa influência do grafite.

Após a realização dos testes foi possível verificar a variação da resistência elétrica das pastilhas em função da pressão exercida sobre as mesmas. Tal fato pode ser facilmente observado com a análise dos gráficos obtidos a partir da Tabela 2. Os gráficos apresentados têm por objetivo representar a curva de tendência do comportamento das pastilhas. Nota-se que a curva obtida apresentou dois comportamentos: conduta não linear para valores pequenos de pressão e uma tendência linear para pressões maiores.

3.2. Núcleo de transformador

Neste projeto foi construído um núcleo a partir de limalha de ferro e um aglomerante, assim como foi realizado com as pastilhas resistivas. Quantificou-se o desempenho do material produzido, avaliando os efeitos por ele provocados na indutância de uma bobina. Foi escolhida a parafina como aglomerante, isto porque concilia características mecânicas adequadas a uma secagem rápida.

Realização do Experimento

A fim de estabelecer uma relação entre a composição do núcleo e sua performance, foram fabricados dois núcleos com diferentes porcentagens em massa de limalha de ferro como pode ser visualizado na Tabela 4.

Tabela 4 – Concentração utilizada para fabricação dos núcleos.

Núcleo	Limalha	Parafina
1	71,86%	20,70%
2	79,30%	20,70%

Para a confecção dos núcleos fabricou-se um molde com três compartimentos idênticos, onde foi possível prensar a mistura. Escolheu-se a madeira como matéria-prima do molde, pois a mesma reúne características adequadas como facilidade de construção, rigidez mecânica e estabilidade térmica. A Figura 7 mostra o molde construído.



Figura 7 - Molde de madeira para confecção dos núcleos.

Em seguida, realizou-se uma limpeza na limalha onde esta foi peneirada a fim de retirar partículas maiores e outras impurezas, e separada magneticamente, colocando pequenas porções de limalha sobre um ímã envolto em uma cartolina, de modo que o material não atraído era descartado.

A parafina previamente fundida foi adicionada à limalha, obedecendo às concentrações da Tabela 4. Cada mistura por sua vez foi depositada em um dos compartimentos antes revestidos com papel manteiga, a fim de minimizar a aderência da mistura ao molde. Por fim, pressionou-se a tampa contra o molde por meio de um grampo (popularmente conhecido como "sargento") como ilustrado na Figura 8.



(a)



(b)

Figura 8 - (a) Núcleo sob pressão do "sargento", e (b) núcleos desenhados.

Respeitado o tempo de secagem os núcleos foram desenhados e em seguida submetidos aos testes de laboratório.

No início do procedimento experimental, uma bobina de 600 espiras foi ligada a uma fonte de tensão alternada de 2,2 V e, com o auxílio de um multímetro, foram medidas a tensão e a corrente na bobina (V_{rms} e I_{rms}), posteriormente utilizadas para o cálculo da indutância. O procedimento foi realizado com os diferentes núcleos produzidos e também com o ar. Mediuse também, a resistência elétrica dos enrolamentos da bobina por meio do ohmímetro, obtendo-se $2,7\Omega$. A Figura 9 representa a realização dos testes.

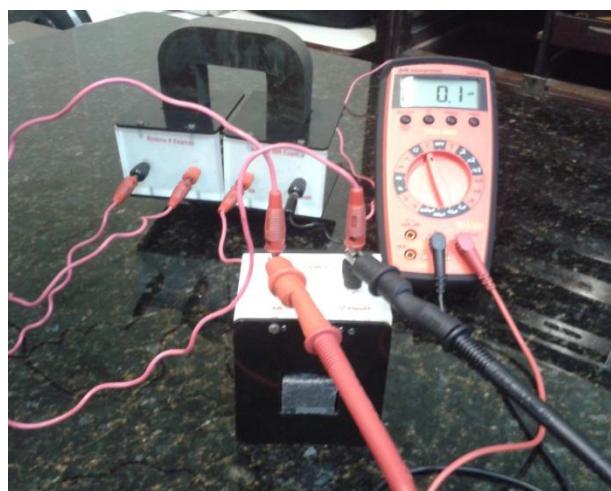


Figura 9 - Medição de tensão e corrente da bobina com o núcleo.

Na Tabela 5 são listados valores das grandezas medidas bem como os valores de indutância calculados a partir da Equação 1.

$$L = \sqrt{\frac{\left(\frac{V_{rms}}{I_{rms}}\right)^2 - R^2}{377^2}} \quad (1)$$

Tabela 5 - Valores de V_{rms} , I_{rms} e L com e sem os núcleos de limalha.

Bobina	V_{rms} (V)	I_{rms} (mA)	L (mH)	K
Sem núcleo	2,187	400	12,60	1,00
Núcleo 1	2,203	210	24,38	1,93
Núcleo 2	2,204	230	26,90	2,13

Realizados os testes laboratoriais, concluiu-se que a adição dos núcleos, de fato contribuiu para o aumento da indutância na bobina, o que pode ser analisado através da constante de proporcionalidade (κ), que relaciona a indutância da bobina com o núcleo (L), sobre a indutância da bobina sem o núcleo (L_0), como mostra a Equação 2.

$$\kappa = \frac{L}{L_0} \quad (2)$$

Observa-se que para ambos os núcleos obteve-se $\kappa > 1$, uma vez que estes são constituídos de material ferromagnético. Nota-se que os valores de κ são bastante semelhantes, pois a parafina e os métodos rudimentares empregados na construção não permitiram obter núcleos com concentrações muito diferentes.

É interessante ressaltar que de acordo com a teoria, o núcleo ferromagnético sob compressão é normalmente de uso em altas frequências e seus resultados poderiam ser mais significativos se testados sob tais circunstâncias.

Outros grupos que também optaram pela construção do núcleo ferromagnético não obtiveram resultados muito significantes o que talvez possa ser explicado pelo alto grau de impurezas presentes na limalha.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresenta os resultados obtidos com o desenvolvimento das atividades práticas propostas na disciplina de materiais elétricos. Comprovou-se pela experimentação que os conceitos abordados teoricamente em sala de aula puderam ser analisados nos testes.

Contudo, a principal contribuição do desenvolvimento desses projetos foi incutir nos alunos a real importância da vivência prática no ensino em engenharia. Os discentes confrontaram-se com situações reais, onde depararam-se com dificuldades inerentes ao desenvolvimento de qualquer projeto e foram capacitados a buscar alternativas viáveis que contribuíssem para a concretização do objetivo inicial.

Dessa forma, o ensino prático pode complementar o aprendizado teórico, de forma a desenvolver nos estudantes habilidades que serão necessárias para sua atuação profissional.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPEMIG e ao CEFET-MG pelo apoio ao desenvolvimento deste trabalho.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ROCHA, M. O. **Mercado de trabalho na era da informática.** Disponível em: <<http://www.direitonet.com.br/artigos/exibir/2361/Mercado-de-trabalho-na-era-da-informatica>> Acesso em: 29 maio 2013.

ROCHA, I. **O Ensino da Engenharia para o Século XXI.** Disponível em: <<http://www.das.ufsc.br/~andrer/ref/bibliogr/educ/eng/eng4.htm>> Acesso em: 20 maio 2013.

BUENO B. F.; PARODE M. F. Realidade Docente e a utilização de aulas práticas como recursos didáticos. *Revista Visão Acadêmica*, Goiás, p. 83, 2011.

FERRAZ, A. L. F.; FIALHO, G. S.; DE OLIVEIRA, A. R.; DO CARMO, M. J.; JUNIOR, L. O. A. Condições de infraestrutura laboratorial no CEFET/MG – Leopoldina: Estudo de caso na engenharia de controle e automação. *Anais: XL – Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia*. Belém: 2012.

FILHO, O. P. Progresso da ciência e progresso da sociedade no ensino de engenharia. *Anais: XXIX – Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia*. Porto Alegre: 2001.

MANFREDI, S. Estratégias Operacionais de Desenvolvimento da Educação Profissional e Tecnológica. *Anais e deliberações: I Conferência Nacional de Educação Profissional e Tecnológica*. Brasília: 2007.

DEVELOPING PRACTICAL SKILLS WITH FUTURE ENGINEERS: A PROPOSAL COMMITTED TO EDUCATION

Abstract: *One of the main deficiencies detected in engineering courses nowadays is related to an insertion of practical activities that really establish a correlation between the theory taught in class and the practice required by the labour market to newly graduated engineers. Among the most used alternatives in engineering courses to supply the established demand are the introduction of the students to research and to projects for extension, group activities and others. However, there is agreement among the professionals working in the industry that the students should get familiarized with practical situations that are as closer to reality as possible, resulting in a development of their ability to choose suitable technical and more economical options. The current project brings the study of variable resistive pads and ferromagnetic cores presented in the Electrical Materials classes in the Control and Automation Engineering Course at CEFET-MG/Campus Leopoldina, aiming to develop the mentioned skills with the students.*

Key-words: *Practical Activities, Engineering Education, Capacity, Swarf.*