

## RELATO DE EXPERIÊNCIA DE UMA ATIVIDADE PRÁTICA DE PROJETO E SIMULAÇÃO DE CORREÇÃO DE FATOR DE POTÊNCIA

Átila Girão de Oliveira – atilagirao@unifor.br

Bruno Ricardo de Almeida – almeida@unifor.br

Jessica Santos Guimarães – jessicaguimaraes@unifor.br

Daniel R. Jaguaribe I – danielrj97@edu.unifor.br

Mauro César P. P. Filho – mauro.cezr@gmail.com

Universidade de Fortaleza (UNIFOR), Departamento de Engenharia Elétrica e Eletrônica  
Av. Washington Soares, 1321 Sala J01, Tel.: (85) 3477-3047 CEP 60811-905 – Fortaleza/CE

**Resumo:** Este artigo relata a experiência de uma atividade prática interdisciplinar, aplicada a disciplina de Análise de Circuitos Elétricos da Universidade de Fortaleza (UNIFOR). Tal trabalho consiste em um exercício prático baseado em metodologias ativas nas quais é compreendido o estudo de campo acerca da correção de fator de potência por bancos capacitivos e a aplicabilidade de tais conhecimentos no mercado trabalho em motores elétricos. Além disso, vale destacar que, para corroboração do estudo realizado, foi requisitado aos discentes que realizassem uma simulação do banco capacitivo e uma pesquisa de mercado dos valores adquiridos, para, dessa forma, preparar um epítome em forma de seminário para os companheiros de sala e para os avaliadores. Os resultados foram deveras satisfatórios no que se refere à interdisciplinaridade e à pesquisa de campo realizada pelos alunos da disciplina.

**Palavras-chave:** Correção do fator de potência. Motores. Banco capacitivo.

### 1 INTRODUÇÃO

A preocupação com o aperfeiçoamento do desempenho do processo de aprendizagem do estudante não é um tema contemporâneo e, nos últimos anos, foram-se criando novos processos ativos de aprendizagem. No Brasil, tornar o aluno o centro no processo de ensino e aprendizagem já é difundida em algumas escolas, como afirma Blikstein (2012) em seu artigo, no qual se mostra, mediante exemplos adotados em escolas públicas, que o Brasil é um país que possui plenas condições de dar um verdadeiro salto no que se refere à educação. Com o intento de reforçar tal argumentação, Barbosa (2014) descreve que o modelo padrão atual de escola utilizado no Brasil, com aulas puramente expositiva, comprova o quanto as matrizes escolares de grande parte das instituições de ensino, encontram-se defasada.

Sob o viés do processo ativo de aprendizagem, é importante ressaltar que a utilização de *softwares* de simulação, na engenharia, pode ser de suma importância. Tal argumento se torna válido devido ao fato de que a utilização destas ferramentas computacionais é uma recomendação antiga do próprio Ministério da Educação e Cultura (MEC), visto que assistem o estudante na intensificação da aprendizagem em determinada disciplina. Há mais ou menos vinte anos, em documento um organizado por Valente (1998) intitulado “O computador na Sociedade do Conhecimento”, já haviam afirmações, no que diz respeito ao uso do

computador, por meio de um *software*, para proporcionar uma melhor construção ou solidificação do conhecimento adquirido em sala de aula.

Buscando trabalhar uma postura protagonista do aluno no processo de ensino e aprendizagem, é mister ressaltar a presença da interdisciplinaridade, já que, por meio dessa, surge uma ligação concreta entre as unidades curriculares, facilitando, assim, a assimilação do conteúdo, conforme afirma Dias (2018). Neste trabalho é proposto uma tarefa interdisciplinar envolvendo a disciplina de Máquinas Elétricas, com a disciplina de Análise de Circuitos Elétricos da Universidade de Fortaleza (UNIFOR). Neste foi apresentado a aplicabilidade das competências com: a manipulação de variável complexa; o estudo de circuitos de corrente alternada; e a aplicação das técnicas de correção de fator de potência.

Dessa forma, foi desenvolvida uma experimentação inspirada nos conhecimentos metodológicos difundidos acima. Nele é proposto ao aluno que busque um motor elétrico na instituição, pesquise seu princípio de funcionamento e proponha como é possível melhorar seu circuito. Realizando simulações, é solicitado que seja feito a correção do fator de potência deste circuito por meio de bancos capacitivos e, por fim, apresente um seminário didático ilustrando tudo que foi trabalhado no experimento. Assim incentiva-se os alunos a trabalharem em equipe, a falar em públicos, a pesquisarem por si alguns temas, tornando-os protagonistas no seu próprio processo de ensino e aprendizagem.

## 2 METODOLOGIA APLICADA

A experiência descrita neste artigo foi realizada em duas turmas regulares da disciplina de Análise de Circuitos Elétricos na qual foram apresentados aos discentes os conteúdos de circuitos elétricos em corrente alternada e de circuitos trifásicos. O experimento foi executado no primeiro e no segundo semestre do ano de 2018, haja vista que a disciplina é ofertada em regime semestral para os alunos dos cursos de engenharia elétrica, de engenharia de controle e automação, de engenharia da computação e de engenharia eletrônica. Vale salientar que o projeto proposto representava vinte por cento da nota final do último período de avaliação letivo, isso colabora no sentido de ter um maior engajamento das equipes na realização da atividade proposta.

O processo teve início após o término da segunda avaliação, quando o professor da disciplina apresentou aos seus discentes um documento com o projeto que serviria como a nota prática do terceiro período avaliativo. Esse arquivo, além de estabelecer a data para entrega e o número de integrantes por equipe, três, continha o passo a passo do que deveria ser feito, pelos alunos, e tal algoritmo será descrito abaixo de forma enumerada. Foi orientado aos discentes que não pulassem etapas na execução do processo, pois isso poderia acarretar em resultados inconclusivos de suas simulações.

1. O aluno deve procurar um motor de indução trifásico real. Após encontra-lo, deve-se analisar os dados de placa e retirar as seguintes informações do mesmo: tensão nominal, fator de potência, eficiência e potência mecânica. Para comprovar tal pesquisa, fez-se necessária a captura de uma foto da placa do motor a qual deve ser anexada ao relatório final;
2. Considerando-se que o motor exerça seu regime de trabalho contínuo e com carga nominal, foi pedido que fosse projetado o banco de capacitores necessários para corrigir seu fator de potência, que calculasse a impedância por fase do motor e que fizesse a simulação do circuito com e sem a realização da correção de fator de potência;

3. Elaborar um seminário para apresentar os dados colhidos, os procedimentos adotados e a simulação realizada. Vale sobrelevar que o docente indicou o *software* de simulação PSIM que, conforme afirma Jaguaribe (2018), trata-se de um simulador muito intuitivo e acessível, além de atender aos conceitos levantados pelo MEC em documento organizado por Valente (1998).

A ideia acerca da metodologia aplicada nesse experimento é composta por três pilares: resolução de problemas práticos de um engenheiro, interdisciplinaridade e competências atitudinais. A primeira é referente ao fato de que os alunos tenham um contato maior com os problemas do cotidiano de um engenheiro eletricitista, visto que a correção de fator de potência de um motor de indução trifásico é um procedimento rotineiro de um profissional dessa área.

O segundo é relativo à melhora no processo de aprendizado ao se utilizar da interdisciplinaridade. Como citado na introdução, ao se vincular uma disciplina de cunho mais teórico com uma de mais cunho profissional, é esperado que os discentes apresentem uma assimilação melhor do conteúdo, já que é possível visualizar uma aplicabilidade do que está sendo estudado na disciplina. E, por fim, o terceiro é concernente às habilidades e competências que um profissional deve desempenhar para ser efetivo no mercado de trabalho, tais como liderança, trabalho em equipe e adaptabilidade, como afirma o MEC em uma nota organizada por Nacif (2009).

Após a realização do trabalho, foi demandado aos alunos que realizassem um seminário para os professores e os monitores da disciplina. Foi pedido, em tal apresentação, que fosse explanado acerca dos procedimentos que foram seguidos pelos discentes para a realização do trabalho, que fossem comentadas dificuldades enfrentadas no trabalho e qual foi o aprendizado que os alunos julgaram ter sido importante para o desenvolvimento do projeto. O tempo limite para apresentar dado foi de dez minutos para todos os grupos e foi estabelecido que cada um dos três integrantes do grupo deveria participar da apresentação. Por fim, foram requisitados que fossem entregues dois documentos aos avaliadores, sendo o primeiro um relatório que explicasse todo o projeto ocorrido e o segundo o arquivo de simulação utilizado pelos alunos para constatar os valores encontrados e ilustrados no seminário.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste tópico é apresentado os resultados referente às amostras adquiridas pelas duas turmas, portanto, com a finalidade de facilitar a contribuição que cada semestre apresentou, serão ilustrados os resultados de cada um dos períodos letivos de forma separada em subtópicos e, por fim, serão comentadas as discussões geradas por tais indicadores.

#### 3.1 Resultados referentes ao primeiro semestre

O semestre 2018.1 foi o primeiro no qual foi experimentado o projeto e, portanto, não era certa a aderência dos alunos no que diz respeito ao projeto. Como não se tinha base de tempo e esta seria a primeira vez que essa metodologia estava sendo aplicada na UNIFOR, foi acordado, entre os discentes, o docente e o monitor, um período de um mês a partir da entrega do documento oficial de requisição do trabalho para a concepção de tal rascunho.

Como cada grupo deveria procurar por um motor de indução trifásico real e, em primeira instância, os alunos recorreram ao monitor da disciplina para lhes ajudar com a coleta dos dados do motor. Todos os grupos desse semestre utilizaram de motores do laboratório de





máquinas elétricas da universidade, sendo importante salientar que nenhuma das equipes pegou o mesmo motor, ou seja, não haveriam de ter simulações iguais entre os grupos durante as apresentações de seus seminários.

A realização de simulações cumpriu com as expectativas dos avaliadores, visto que todas as equipes conseguiram simular a forma de onda da potência de saída para o motor e sua respectiva correção, sendo possível, assim, gerar gráficos que mostram a defasagem entre corrente e tensão e, portanto, foi possível contemplar a correção de forma exata.

O ápice do projeto, de fato, foi o seminário, pois todas as equipes surpreenderam os avaliadores ao apresentar não só o requisitado pelo projeto, mas também acerca de nuanças do funcionamento do motor, como o funcionamento do campo magnético girante e a origem do conjugado em um motor de indução trifásico. Outro sobressalto do seminário se deu quando algumas equipes destacaram o lado econômico em suas apresentações, isto é, conseguiram colher informações referente aos valores que poderiam ser economizados conforme a efetivação do projeto de eficiência energética de correção de fator de potência. Abaixo, estão expostas três figuras do seminário de uma das equipes, sendo a Figura 1 e a Figura 2 referentes aos cálculos e a Figura 3 às simulações realizadas pelo grupo.

Figura 1 – Cálculo para os valores das potências referentes ao motor de indução trifásico.

### Cálculos

i. $\eta = \frac{P_{saída}}{P_{entrada}}$	ii. $FP = \frac{P}{S}$	iii. $S^2 = P^2 + Q^2$
$64,5\% = \frac{0,12KW}{P_{entrada}}$	$0,73 = \frac{186,05}{S}$	$254,86^2 - 186,05^2 = Q^2$
$P_{entrada} = 186,06W$	$S = 254,86 VA$	$Q = 174,18 VAR$

Fonte: Slide da apresentação de uma das equipes.

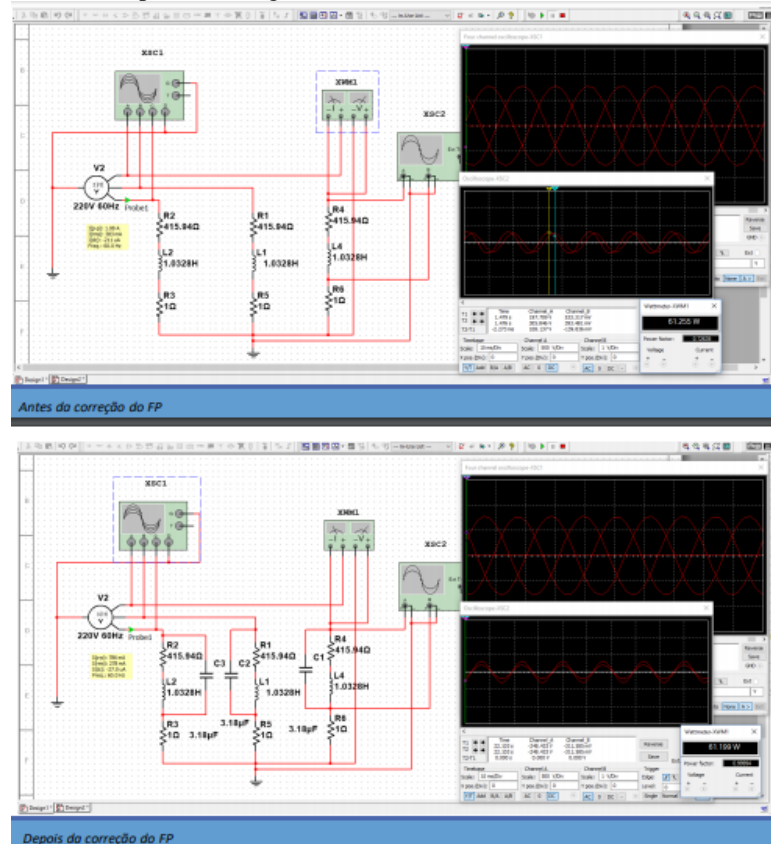
Figura 2 – Cálculo para os valores de correção de fator de potência do motor de indução trifásico.

### Cálculos

i. $\cos\theta = FP$	ii. $S = \frac{3 V_{rms} ^2}{Z^*}$	iii. $C = \frac{Q_c}{\omega V_{rms} ^2}$
$\arccos(0,73) = \theta$	$254,85443,11^\circ = \frac{3(220^2)}{Z^*}$	$C = \frac{58,06}{2\pi \cdot 60 \cdot 220^2}$
$\theta = 43,11^\circ$	$Z = 569,75443,11^\circ \Omega$	$C = 3,18\mu F$
	$Z = 415,94 + j389,37 \Omega$	

Fonte: Slide da apresentação de uma das equipes.

Figura 3 – Simulação de comprovação dos cálculos  
expostos na Figura 1.



Fonte: Slide da apresentação de uma das equipes.

De modo geral, os seminários foram surpreendentes no que diz respeito à interdisciplinaridade e as simulações foram boas. O *software* mais utilizado pelas equipes para efetivar tal tarefa foi o Proteus, sendo a justificativa para a utilização, ao invés do PSIM, o fato de os laboratórios da UNIFOR não possuírem licença para a utilização do PSIM. Vale salientar que todas as equipes entregaram seus relatórios conforme requisitado e nenhuma deixou de apresentar o seminário.

### 3.2 Resultados referentes ao segundo semestre

Para o semestre 2018.2, como já se tinha uma base de dados do que poderia ser apresentado, foi requisitado aos alunos que comentassem acerca do funcionamento do motor de indução trifásico, tal como os grupos do período anterior fizeram. Assim como realizado anteriormente, foi acordado, entre os discentes, o docente e o monitor, um período de um mês a partir da entrega do documento oficial de requisição do trabalho para a realização do trabalho.

Diferentemente do primeiro semestre de aplicação do projeto, alguns procuraram o auxílio da monitoria para realizar a pesquisa do motor e a análise da placa desse e outros discentes não procuraram a monitoria e buscaram motores em fábricas, já que esses estagiavam em indústria e tinham um acesso facilitado para realizar a pesquisa. Tal como o semestre anterior, coincidiu de nenhuma equipe escolher algum motor igual a outra e, portanto, as simulações deveriam ser diferentes.

A realização de simulações cumpriu com as expectativas dos avaliadores, visto que todas as equipes conseguiram simular a forma de onda da potência de saída para o motor e sua respectiva correção. Todavia, diferentemente do semestre passado, a maioria dos grupos utilizou o simulador Multisim ao invés do Proteus.

Tal como no período passado, o ponto alto do projeto foram as apresentações do seminário no que se refere à interdisciplinaridade, visto que, de um modo geral, as equipes estudaram o funcionamento do motor de indução trifásico mais a fundo e estudaram a aplicabilidade em linhas de transmissão, fato o qual gerou discussões pós apresentação acerca da aplicabilidade das linhas de transmissão CC em detrimento da transmissão CA. Além disso, algumas equipes chegaram a mencionar o lado econômico de forma mais aprofundada do que o semestre anterior, pois uma delas entrou em contato com fornecedor de bancos capacitivos. A seguir, estão expostas três figuras do seminário de uma das equipes, sendo a Figura 4 e a Figura 5 referentes aos cálculos e a Figura 6 às simulações realizadas pela equipe.

Figura 4 – Cálculo para os valores das potências referentes ao motor de indução trifásico.

**CALCULANDO A POTÊNCIA COMPLEXA, POTÊNCIA APARENTE E A IMPEDÂNCIA DO MOTOR**

Calculando o rendimento:

$$P_{entrada} = \frac{1,3 \text{ kW}}{0,78} = 1656,05 \text{ W}$$

Sabendo que para calcular a potência aparente é:

$$S = \frac{1656,05}{0,78} = 2106,7 \text{ VA}$$

Sabendo que:

$$\cos^{-1}(0,78) = 38,74^\circ$$

Fonte: Slide da apresentação de uma das equipes.

Figura 5 – Cálculo para os valores de correção de fator de potência do motor de indução trifásico

**CALCULANDO A POTÊNCIA COMPLEXA, POTÊNCIA APARENTE E A IMPEDÂNCIA DO MOTOR**

A Potência Aparente Complexa é:

$$\hat{S} = 2106,7 \angle 38,74^\circ \text{ VA}$$

A Potência em uma fase é:

$$S_{1\phi} = \frac{\hat{S}}{3} = 702,24 \angle 38,74^\circ \text{ VA}$$

Sendo essa a impedância em Delta:

$$Z = \frac{265^2}{707,39 \angle 38,74^\circ} = 36,18 + j92,99 \Omega$$

Usando a fórmula para descobrir o L:

$$X_L = \omega L$$

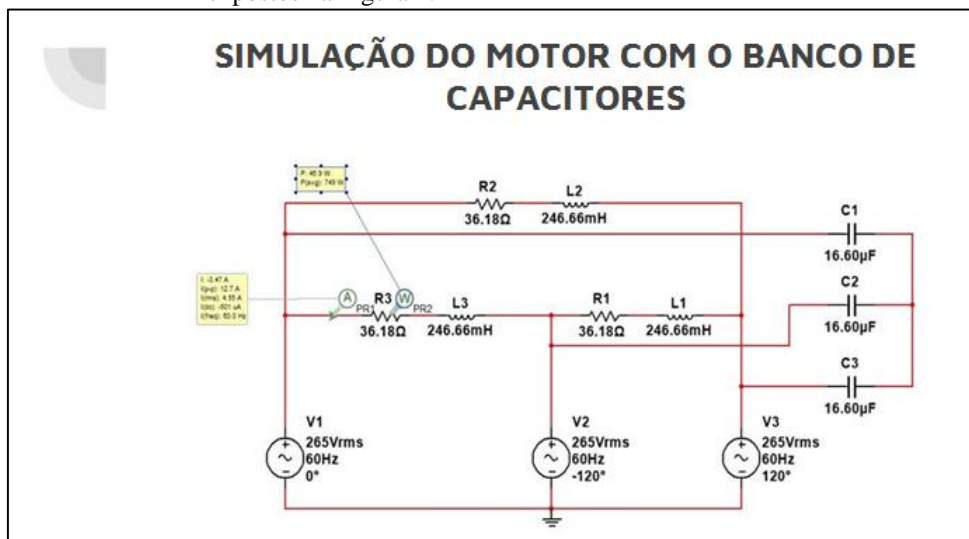
O L do indutor é:

$$L = \frac{92,99}{377} = 246,66 \text{ mH}$$

Fonte: Slide da apresentação de uma das equipes.



Figura 6 – Simulação de comprovação dos cálculos  
expostos na Figura 1.



Fonte: Slide da apresentação de uma das equipes.

Em suma, os seminários foram surpreendentes no que diz respeito à interdisciplinaridade e engajamento da maioria das equipes.

### 3.3 Análise Geral

Considerou-se os resultados obtidos bastante satisfatórios segundo avaliação dos docentes e monitores da disciplina. Foi notório o interesse dos alunos ao pesquisar aplicabilidades da disciplina no mercado de trabalho, além da experiência de realizar uma série de processos que demandavam, aos discentes, o desenvolvimento de uma série de habilidades atitudinais. Como *feedback* dos alunos, foi possível aferir que o projeto foi enriquecedor, além de mostrar, de fato, a funcionalidade do que se estuda e sala de aula.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido ao constante desenvolvimento da preocupação com o aprendizado por parte dos docentes, faz-se necessário que a inovação nas metodologias trabalhadas em sala de aula seja efetivada. Neste contexto, o projeto proposto neste artigo teve uma grande aceitação e engajamento dos alunos, puderam vivenciar uma prática interdisciplinar, aplicando competências de diversas áreas e já experimentando desafios do mercado de trabalho.

Nas novas DCNs (Diretrizes Curriculares Nacionais) para o curso de engenharia, é estimulado o desenvolvimento de competências profissionais nos alunos durante seu período de graduação, utilizando metodologias ativas, e focando na experimentação e aplicação dos conteúdos vistos. Vale salientar que trabalhos dessa natureza são de suma importância por permearem as três esferas das competências (conhecimentos, habilidades e atitudes).

Apesar de satisfatório os resultados obtidos com esta prática, os autores estudando outras atividades nesta linha de pesquisa, aplicando-a e envolvendo outras disciplinas e conhecimentos. Como produto principal deste trabalho, destaca-se a importância do aluno como protagonista no seu processo de ensino e aprendizagem e a eficácia no uso de problemas reais como ferramentas motivacionais.

### **Agradecimentos**

Gostaríamos de agradecer à UNIFOR por oferecer a oportunidade de realizarmos este trabalho e fomentar o programa de monitoria da disciplina de Análise de Circuitos Elétricos.

### **REFERÊNCIAS**

BARBOSA, Eduardo Fernandes; MOURA, Dácio Guimarães de. **Metodologias ativas de aprendizagem no ensino de Engenharia**. In: XIII International Conference on Engineering and Technology Education, 2014, Guimarães, Portugal. Proceedings of the XIII International Conference on Engineering and Technology Education. Guimarães, Portugal: Intertech, 2014.

BLIKSTEIN, Paulo. **O mito do mau aluno e porque o Brasil pode ser o líder mundial de uma revolução educacional**. Disponível em: [http://www.blikstein.com/paulo/documents/books/Blikstein-Brasil\\_pode\\_ser\\_lider\\_mudial\\_em\\_educacao.pdf](http://www.blikstein.com/paulo/documents/books/Blikstein-Brasil_pode_ser_lider_mudial_em_educacao.pdf). Acesso em: 02 jan. 2019.

DIAS, Cádmo A.R. *et al.* Promovendo o ensino em engenharia por meio da interdisciplinaridade: desenvolvimento de um software para o ensino de mecânica dos sólidos. In: XLI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2018, Bahia. **Anais**. Salvador, 2018.

JAGUARIBE, Daniel R. *et al.* Estudo avaliativo de softwares de simulação de Engenharia Elétrica aplicado a disciplina de Circuitos Elétricos. In: XVII Encontro de Iniciação à docência, 2018, Fortaleza. **Anais**. Ceará, 2018.

NACIF, Paulo Gabriel Soledade; CAMARGO, Murilo Silva de. **Desenvolvimento de Competências Múltiplas e a Formação Geral da Base da Educação Superior Brasileira**. Disponível em: [http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/universidade\\_reconcavobaiano.pdf](http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/universidade_reconcavobaiano.pdf). Acesso em: 02 jan. 2019.

VALENTE, José Armando. *et al.* **O computador na sociedade do conhecimento**. Disponível em: <http://usuarios.upf.br/~teixeira/livros/computador-sociedade-conhecimento.pdf>. Acesso em: 09 fev. 2019.

### **EXPERIENCE REPORT OF A PRACTICAL PROJECT ACTIVITY AND POWER FACTOR CORRECTION SIMULATION**

**Abstract:** *This article reports the experience of an interdisciplinary practical activity applied to the discipline of Electrical Circuits Analysis of the University of Fortaleza (UNIFOR). This work consists of a practical exercise based on active methodologies in which is understood the field study about the correction of power factor by capacitive banks and the applicability of such knowledge in the labor market in electric motors. In addition, it is worth mentioning that, in order to corroborate the study, the students were asked to perform a simulation of the capacitive bank and a market survey of the acquired values, in order to prepare an epitome in the form of a seminar for classmates and to the evaluators. The results were very satisfactory in terms of interdisciplinarity and field research carried out by the students of the discipline.*

**Key-words:** *Power Factor Correction, Motors, Capacitor Bank.*