



**XV SNTPEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

STE/17

17 à 22 de outubro de 1999
Foz do Iguaçu – Paraná - Brasil

**SESSÃO TÉCNICA ESPECIAL
EDUCAÇÃO E GESTÃO DA TECNOLOGIA (STE)**

ENERGIA E EDUCAÇÃO NO 3º GRAU – UMA EXPERIÊNCIA BEM SUCEDIDA

André Ramon Silva Martins*
Luiz Augusto Horta Nogueira

Jamil Haddad
Afonso Henriques Moreira Santos

EFEI

RESUMO

A necessidade do uso racional da energia tornou-se um fato de incontestável importância atualmente, seja para as concessionárias de energia elétrica, seja para os usuários finais. A difusão de técnicas relativas à conservação de energia e a conscientização dos novos profissionais, especialmente aqueles envolvidos diretamente com o uso da energia, como os engenheiros, passou a ter grande importância. Assim sendo, a EFEI criou, sob o patrocínio do PROCEL, o curso ENERGE. O objetivo deste trabalho é apresentar os resultados alcançados com as 3 primeiras edições do curso, realizadas durante o segundo semestre de 1996 e durante o ano de 1997.

PALAVRAS-CHAVE

Uso racional de energia, educação

1.0 – INTRODUÇÃO

Além da justificativa usual e direta de que o uso racional de energia interessa por si mesmo, como de resto são oportunas todas as medidas de redução das perdas e de racionalização técnico-econômica dos fatores de produção, é conveniente observar o caráter estratégico e determinante que o suprimento de eletricidade e combustíveis apresenta em todos os processos produtivos. Ainda que representando uma parcela por vezes reduzida dos custos totais, a energia não possui substitutos senão a própria energia e sem ela os processos não se desenvolvem. Tendo em conta o presente cenário da oferta de energia, seja no Brasil ou nos demais países, onde restrições de ordem

financeira e ambiental se conjugam de modo a incrementar os custos dos energéticos e configuram perspectivas preocupantes de descompasso entre as disponibilidades e as demandas energéticas, o uso racional de energia amplia significativamente sua importância.

De maneira geral, reduzir as perdas traz benefícios para todos. Melhora a economicidade dos processos produtivos e aumenta a disponibilidade de energia de modo a atender mais pessoas com um menor uso de recursos. Mas, fundamentalmente, de forma distinta de outros métodos de incremento de produtividade, valoriza o esforço humano, favorece a geração de empregos e ajuda a preservar o meio ambiente.

Considerando, portanto, a importância da temática do uso racional de energia, a EFEI, com o patrocínio do PROCEL, vem desenvolvendo o curso ENERGE – Energia e Educação no 3º Grau. O curso, em suas edições iniciais, voltou-se basicamente para para os alunos de graduação dos cursos de engenharia mecânica e elétrica ministrados na EFEI. Atualmente, a participação de alunos da pós graduação, especialmente do curso de pós-graduação em Engenharia da Energia, recentemente implantado na EFEI, tornou-se relevante, representando cerca de 50% do total de alunos.

2.0 – OBJETIVOS DO ENERGE

Os principais objetivos do ENERGE são:

- Difundir entre os futuros engenheiros os já formados as ferramentas e métodos para lograr uma utilização

mais conseqüente dos recursos energéticos, ressaltando, além das considerações acerca da produtividade e economicidade, os aspectos social e ecológico envolvidos.

- Fornecer aos alunos uma visão mais ampla dos temas relacionados com energia. Os alunos do curso de Engenharia passam a ter contato com assuntos que não são de seu currículo, como, por exemplo, bombas e ventiladores no caso de engenheiros elétricos e inversores no caso dos engenheiros mecânicos.

- Desenvolver trabalhos práticos, em campo, de diagnósticos energéticos em instalações industriais, analisando-as e propondo soluções técnica e economicamente viáveis.

- Aumentar a competitividade dos alunos dentro do mercado do trabalho, fornecendo-lhes subsídios para trabalhar em uma área de grande importância e que vem se desenvolvendo de maneira expressiva: Conservação de Energia.

3.0 – PROGRAMA

O ENERGE é composto de duas partes distintas: uma teórica e uma prática. A parte teórica foi ministrada por professores da EFEI e palestrantes convidados. As aulas práticas foram conduzidas por professores da EFEI. A seguir apresenta-se, nas Tabelas 1 a 3, os cronogramas das 3 edições iniciais do ENERGE. Procurou-se, a cada nova edição, acrescentar novos temas ao conteúdo do curso e convidar novos palestrantes.

TABELA 1 - Programa do ENERGE, 2º. Sem. / 96

Aula	Tema
1	Abertura
2	Conceitos de Energia
3	Auditoria Energética
4	Diagnóstico Energético
5	Sistemas de Acionamento: conceitos
6	Sistemas de Acionamento: análise
7	Bombas e Ventiladores
8	Conversores de Frequência e MIT
9	Tarifação de Energia Elétrica
10	Sistemas de Iluminação
11	Sistemas Frigoríficos
12	Ar Condicionado
13	Cogeração: conceitos
14	Cogeração: aplicações
15	Análise Econômica Aplicada: teoria
16	Análise Econômica Aplicada: exemplos
17	Discussão do Projeto Reparo de MIT
18	Discussão do Projeto Reparo de MIT
19	Discussão do Projeto COPASA-EFEI
20	Discussão do Projeto COPASA-EFEI

TABELA 2 - Programa do ENERGE, 1º. Sem. / 97

Aula	Tema
1	Abertura
2	Conceitos de Energia
3	Tarifação de Energia Elétrica
4	Tarifação de Energia Elétrica
5	Sistemas de Acionamento: conceitos
6	Sistemas de Acionamento: análise
7	Atividades do PROCEL
8	Atividades do PROCEL
9	Conversores de Frequência e MIT
10	Conversores de Frequência e MIT
11	Tarifação de Energia Elétrica
12	Sistemas de Iluminação
13	Sistemas Frigoríficos
14	Ar Condicionado
15	Uso Racional de Energia Térmica
16	Cogeração: conceitos e aplicações
17	Análise Econômica Aplicada: teoria
18	Análise Econômica Aplicada: exemplos
19	Bombas e Ventiladores
20	Bombas e Ventiladores
21	Auditoria Energética
22	Diagnóstico Energético
23	Planejamento Integrado de Recursos
24	Planejamento Integrado de Recursos
25	Discussão do Projeto Reparo de MIT
26	Discussão do Projeto COPASA-EFEI
27	DSM/GLD
28	DSM/GLD
29	Petróleo: Perspectivas e Uso Racional
30	Petróleo: Perspectivas e Uso Racional

4.0 – MATERIAL DESENVOLVIDO

Com a finalidade de servir como referência aos alunos, desenvolveu-se uma apostila sobre o Uso Eficiente de Energia, composta de 10 capítulos, abordando diversos campos de estudos. A seguir apresenta-se os tópicos desenvolvidos e o itens abordados em cada capítulo.

4.1 Conceitos de Energia

O campo dos estudos energéticos é bastante vasto, cobrindo desde o uso dos recursos naturais até os aspectos relacionados ao desempenho das modernas tecnologias, bem como permitindo uma abordagem que considere apenas os temas de caráter técnico ou envolva seus componentes sócio-econômicos e ambientais, inclusive quanto à sua evolução histórica e suas perspectivas futuras. Para este largo campo de conhecimento, cuja extensão é também uma medida de sua fronteira com o desconhecido, procura-se efetuar uma revisão das definições, das leis básicas e da

terminologia empregada, fornecendo elementos para os posteriores estudos e avanços na área energética, em particular buscando fundamentar sua racional utilização dos fluxos de energia.

TABELA 3 - Programa do ENERGE, 2o. Sem. / 97

Aula	Tema
1	Abertura
2	Apresentação de trabalhos práticos
3	Conceitos de Energia
4	Auditoria Energética
5	Sistemas de Acionamento: conceitos
6	Sistemas de Acionamento: análise
7	Conversores de Frequência e MIT
8	Conversores de Frequência e MIT
9	Sistemas de Iluminação
10	Sistemas de Iluminação
11	Sistemas Frigoríficos
12	Ar Condicionado
13	Tarifação de Energia Elétrica
14	Diagnóstico Energético
15	Cogeração: conceitos e aplicações
16	Cogeração: conceitos e aplicações
17	Uso Racional de Energia Térmica
18	Uso Racional de Energia Térmica
19	Bombas e Ventiladores
20	Bombas e Ventiladores
21	Energia e Meio Ambiente
22	Energia e Meio Ambiente
23	Análise Econômica Aplicada: teoria
24	Análise Econômica Aplicada: exemplos
25	Discussão do Projeto Reparo de MIT
26	Discussão do Projeto COPASA-EFEI

4.2 Auditoria Energética

A primeira ação para procurar reduzir os desperdícios de energia será necessariamente tratar de conhecer como a energia é usada, onde e com qual desempenho. É este o objetivo da Auditoria Energética, que fornecerá as informações a partir das quais se desenvolverá um eventual Programa de Uso Racional de Energia. Neste tópico, procura-se apresentar e discutir os métodos e procedimentos desta análise dos fluxos energéticos junto às unidades de consumo, considerando, principalmente, a realidade das empresas industriais e comerciais, para as quais são comentadas algumas experiências no contexto brasileiro.

Tendo em conta o presente cenário de oferta de energia, seja no Brasil ou nos demais países, o uso racional de energia amplia significativamente sua importância. Trata-se de uma via paradoxalmente

ainda pouco explorada e com interessantes possibilidades. E a Auditoria Energética é efetivamente um primeiro passo nesta direção.

4.3 Sistemas de Acionamento

Há atualmente uma grande ênfase na busca de potenciais de conservação em diferentes campos, tais como em iluminação, sistemas térmicos, correção de fator de potência, horário de verão e, de uma forma especial, em motores elétricos, principalmente com os motores de indução trifásicos. Muito embora os motores de indução sejam máquinas intrinsecamente eficientes, pode-se explicar este fenômeno através de duas razões principais: a grande quantidade de motores instalados e a aplicação ineficiente dos mesmos. De fato, uma pesquisa recente mostrou que, em média, cerca de 50% das cargas elétricas industriais são compostas por motores de indução, chegando a 70% em algumas regiões do país. Por outro lado, é muito comum encontrar-se o chamado motor sobredimensionado, ou seja, motores acionando cargas muito inferiores à sua capacidade nominal, acarretando em baixos fatores de potência e rendimentos. Neste tópico são apresentados alguns pontos importantes em se tratando de conservação de energia em motores elétricos, desde a avaliação do real potencial de economia, até a análise de investimento na implantação de alguma medida de conservação, sempre à luz de critérios técnicos e econômicos.

4.4 Bombas e Ventiladores

O conjunto moto-bomba ou moto-ventilador é o último a ser selecionada em uma instalação. O conhecimento da vazão (Q) necessária à instalação, diâmetro do tubo e perdas de carga na linha darão subsídios para a determinação da altura total de elevação (H) no caso das bombas e para a diferença de pressão total (Δp_t) no caso de ventiladores. Com esse par de valores, Q e H ou Δp_t , acrescido da rotação é possível selecionar o conjunto. Para que se tenha um menor consumo possível de energia, é de fundamental importância a seleção adequada da bomba ou do ventilador e de seu motor de acionamento. Este tópico faz um apanhado geral dos geradores de fluxo, mostrando seus tipos, curvas características, comportamento à rotação constante e variável. Também é feita uma análise global do conjunto mostrando alguns tipos de acoplamento entre o motor e o gerador.

4.5 Conversores de Frequência e MIT

A crescente evolução tecnológica na área de semicondutores de Potência e na de

Microprocessadores tem contribuído significativamente para uma redução substancial dos custos dos Inversores de Freqüência. Com a crescente preocupação da Conservação de Energia, principalmente na área industrial, estes inversores vem ganhando dia a dia uma maior aceitação no que se refere ao controle de velocidade de motores de indução para acionamentos de bombas, ventiladores, compressores, etc. A principal característica que torna atraente, sob o ponto de vista econômico, o trinômio Inversor-Motor-Bomba (ou quaisquer outros citados anteriormente) é que se obtém o ponto ótimo de trabalho por conjunto, com conseqüente redução das perdas, de modo que o tempo de retorno do investimento torna-se substancialmente reduzido.

4.6 Tarifação de Energia Elétrica

Muitos consumidores são inicialmente motivados a desenvolver um programa de emprego eficiente da energia buscando principalmente uma redução na sua fatura de energia. Desta forma, por um caminho ou outro, é necessário conhecer de que forma a energia é consumida. Por isso é importante acompanhar o consumo de energia registrando os dados mensais provenientes da conta de energia elétrica e interpretando-os adequadamente. Tarifas de consumo e demanda, tarifação convencional e horosazonal, horário de ponta e fora de ponta, tarifa de ultrapassagem, fator de carga são exemplos de termos que bem compreendidos podem facilitar o desenvolvimento e implementação de um programa de redução de custos em equipamentos e sistemas que mais consomem energia, bem como analisar o desempenho de programas diários e semanais de uso racional de energia elétrica.

4.7 Sistemas de Iluminação

No Brasil, o sistema de iluminação representa aproximadamente 17% do consumo total de energia elétrica, 25% do consumo residencial e 44% do consumo no setor de serviços, dispersos em mais de 30 milhões de domicílios e 3 milhões de estabelecimentos comerciais e de serviço. No setor residencial, ainda predominam as lâmpadas incandescentes que, além da baixa eficiência, são mal utilizadas. São utilizadas luminárias que não aproveitam plenamente a fonte de luz e é comum encontrarmos ambientes bem iluminados com pouca utilização ou taxa de ocupação. Infelizmente, ainda são construídos prédios com projetos de concepção e equipamentos ineficientes, visando uma economia no investimento inicial em detrimento de um custo operacional menor. No setor industrial, a iluminação representa apenas 2% do

consumo de energia elétrica. Embora pequeno quando comparado com outros setores, a perspectiva de economia são altas devido à grande utilização de lâmpadas ineficientes. Na iluminação pública, que responde por cerca de 3,5% do mercado de energia elétrica, a economia de energia pode vir, por exemplo, do controle de iluminação de acordo com o horário de movimento. Desta maneira, percebe-se que a iluminação é um item de relevância ao se tratar de programas de conservação de energia, e que, a partir de pequenas medidas, como a simples substituição de lâmpadas ineficientes (incandescentes ou mistas) por outras de alta eficiência (lâmpadas de vapor de mercúrio ou vapor de sódio de alta pressão), podem ser obtidas grandes reduções de consumo de energia elétrica.

4.8 Sistemas Frigoríficos e Ar Condicionado

A refrigeração industrial e principalmente o ar condicionado consomem parte significativa da energia elétrica das concessionárias, seja no congelamento e conservação de alimentos, na refrigeração de bebidas ou seja na climatização de edifícios, shopping centers, hospitais, igrejas, residências e outros. Assim sendo, qualquer trabalho nestas áreas no sentido de economizar energia é de grande importância. A escolha de sistemas adequados a cada situação, o uso de equipamentos mais eficientes, o uso da termoacumulação para redução da demanda bem como para o deslocamento da carga elétrica para fora do horário de ponta podem contribuir bastante para a conservação de energia. Para que se possa atuar nos sistemas, no entanto, é necessário que se tenha um bom conhecimento nas áreas de refrigeração e ar condicionado. Este tópico tem o objetivo de apresentar uma introdução nessas áreas.

4.9 Cogeração

O crescimento do consumo de energia elétrica no Brasil vem apresentando sustentada evolução nos últimos anos, implicando em taxas anuais de expansão significativamente superiores ao crescimento da economia e da própria demanda energética como um todo. Entretanto, por diversos fatores, a capacidade de atendimento desta expansão, mediante tecnologias convencionais, por parte do Setor Elétrico tradicional (empresas de geração e concessionárias de distribuição) vem se mostrando cada vez mais limitada. Também, como elemento importante neste cenário, tem-se o progressivo câmbio institucional no setor energético e especialmente na área de energia elétrica, com a maior participação das unidades de autoprodução sob administração privada, em um

contexto de estímulo à competição na oferta energética. Assim, a expansão da cogeração parece encontrar seu momento propício e se destaca como um dos principais e com certeza mais racionais caminhos para inserir novas unidades de produção de energia elétrica à capacidade instalada no Brasil.

4.10 Análise Econômica Aplicada

A discussão técnica dos problemas energéticos é de fundamental importância na discussão sobre os programas de conservação de energia. Entretanto, não se pode esquecer o aspecto econômico, que é um fator relevante para a determinação da viabilidade de qualquer opção de investimento e que fornece dados determinantes para a consecução dos programas de Uso Racional de Engenharia Elétrica. Neste tópico, é feita uma apresentação das fórmulas mais usuais da Engenharia Econômica. Também discute-se os vários tipos de problemas relativos à administração energética e procura-se conceituar os fundamentos da análise econômica, aplicando a situações corriqueiras da indústria.

5.0 – PARTICIPAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS ALUNOS

O curso ENERGE, quando ministrado entre o segundo semestre de 1996 e o segundo semestre de 1997, contou com a participação de 130 estudantes. Os critérios para aprovação foram frequência mínima de 75% e a realização de um trabalho prático, devendo obter nota igual ou superior a 70.

O trabalho prático consta de um relatório técnico individual de um Estudo de Caso sobre Redução do Desperdício Energético. Este relatório deveria ser entregue após a conclusão das aulas práticas, aos finais dos cursos. Entretanto, percebeu-se que, na maioria dos casos, não houve tempo hábil para os alunos concluir seus relatórios dentro do mesmo período em que assistiam as aulas. Criou-se então a figura do aluno com nova matrícula, ou seja, aquele estudante que obteve a frequência mínima mas não conseguiu entregar o trabalho prático, sendo então matriculado no semestre seguinte com a finalidade de apenas realizar este relatório. Em muitos casos esta prática mostrou-se satisfatória, pois a grande parte dos alunos começou a estagiar no semestre seguinte ao que havia feito o curso. Desta maneira, aplicavam o conhecimento adquirido nas indústrias onde estagiavam, já servindo como elementos multiplicadores. Esta metodologia foi realizada nas duas primeiras edições do ENERGE. Na terceira optou-se por forçar a entrega do trabalho no mesmo

período, o que foi obtido por um acompanhamento intensivo das atividades dos alunos.

Durante a primeira edição do curso, 47 alunos matricularam-se. Deste total, a distribuição ao final das aulas foi a seguinte:

- Alunos aprovados: 7
- Alunos com nova matrícula: 10
- Alunos reprovados por falta: 8
- Alunos desistentes: 22

Os alunos denominados desistentes são aqueles que obtiveram a frequência mínima e não realizaram o trabalho prático, mas não tiveram interesse em se matricular novamente. Tantos os alunos desistentes como os com nova matrícula foram considerados reprovados no assentamento final do semestre.

Durante a segunda edição do curso, durante o primeiro semestre de 1997, foram realizadas 40 novas matrículas, que, juntamente com os estudantes do período anterior que se matricularam novamente, totalizaram 50 alunos efetivamente participantes. Neste semestre, a com posição ao final do curso foi a seguinte:

- Alunos aprovados: 2
- Alunos com nova matrícula: 38
- Alunos reprovados por falta: 10

Na edição terceira do ENERGE, no segundo semestre de 1997, 43 novos alunos matricularam-se. Considerando-se os 38 participantes da edição anterior que novamente estavam matriculados ao curso, havia a participação de um total de 81 estudantes. Ao final do curso havia:

- Alunos aprovados: 47
- Alunos reprovados por falta: 13
- Alunos desistentes (reprovados): 21

Na Figura 1 apresenta-se a evolução do número de matrículas por período, desconsiderando-se as matrículas realizadas por alunos de períodos anteriores. A relação final entre aprovados e reprovados por edição é ilustrada na Figura 2.

6.0 - TRABALHOS DESENVOLVIDOS

Nos trabalhos práticos foram abordadas diversas empresas de vários setores. Foram aplicadas técnicas de uso eficiente de energia em campos como: iluminação, fornos, motores elétricos, compressores, bombas, ventiladores, entre outros. Na Tabela 4

apresenta-se a distribuição percentual dos setores industriais abordados

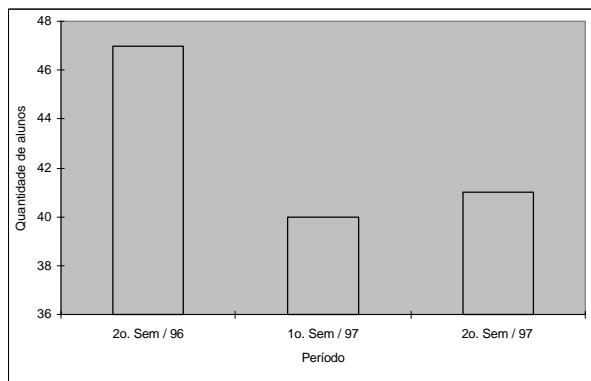


FIGURA 1 - Número de matrículas por edição do ENERGE

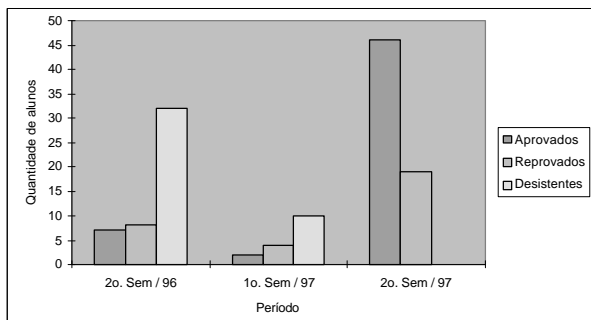


FIGURA 2 - Relação dos alunos aprovados e reprovados no ENERGE

7.0 - CONCLUSÃO

O ENERGE, ao longo destes três semestres iniciais, atingiu seu objetivos propostos, seja em efeitos imediatos ou a longo prazo. Muitos dos alunos que cursaram o ENERGE são estagiários de várias indústrias da região, o que proporcionou um efeito multiplicador dos conhecimentos adquiridos no curso. Estes alunos tiveram oportunidades de utilizar o conhecimento adquirido no curso em aplicações reais, através da realização de um trabalho prático de final de curso. Vale notar que o último semestre apresentou um índice maior de apresentação de trabalhos práticos, devido à possibilidade de desenvolvê-lo em grupo, diferente dos primeiros dois semestres, onde os trabalhos deveriam ser desenvolvidos individualmente. Isto colaborou para que os alunos do último semestre tivessem a possibilidade de desenvolver trabalhos mais complexos e com uma maior área de aplicações.

Tabela 4 – Distribuição dos setores analisados

Setores	Distrib.
Padarias	19%
Restaurantes	12%
Postos de gasolina	7%
Indústrias de componentes eletrônicos	7%
Empresas de saneamento	7%
Indústrias de confecção e tecidos	4%
Clubes	4%
Indústria metalúrgica	4%
Indústria de sapatos	4%
Indústria de brinquedos	4%
Laboratórios técnicos	4%
Indústria de velas	4%
Indústria de telefonia	4%
Empresa de informática	4%
Supermercado	4%
Frigorífico	4%
Fábrica de laticínios	4%

Quanto à participação dos alunos, 43% foram alunos que tiveram aproveitamento total do curso, tanto em frequência como na elaboração de um trabalho prático. O restante, dividiram-se em 33 % de alunos desistentes e 24 % de alunos reprovados. Deve-se notar que os alunos desistentes, embora não apresentando trabalho prático, absorveram o conteúdo do curso, com boa frequência, não apresentando trabalho prático por motivos de calendário escolar.

Durante a preparação das aulas do ENERGE, os professores convidados desenvolveram seus temas em forma de apostilas, a qual consta atualmente de 14 capítulos. Este material está sendo revisado e servirá como base para o desenvolvimento de um livro sobre o tema uso racional de energia.

Finalizando, o ENERGE continua a ser ministrado na EFEI. Na edição atual, conta com a participação de 32 alunos, sendo 14 alunos de pós-graduação.

8.0 – DADOS BIOGRÁFICOS

André Ramon Silva Martins nasceu em São Paulo em 25-05-71. Concluiu o curso de graduação e mestrado em Engenharia Mecânica na Escola Federal de Engenharia de Itajubá em 1993 e 1996 respectivamente. Principais áreas de atuação: cogeração, sistemas térmicos, uso racional de energia e análise exergetica.