



**SNPTTE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

GTE 07
14 a 17 Outubro de 2007
Rio de Janeiro - RJ

GRUPO XV

GRUPO DE ESTUDO DA GESTÃO DA TECNOLOGIA, DA INOVAÇÃO E DA EDUCAÇÃO

A CONTRIBUIÇÃO DO ENSINO DA COGERAÇÃO NA FORMAÇÃO DO PROFISSIONAL DO SETOR ENERGÉTICO

Rubens Alves Dias *

José Antônio Perrella Balestieri

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – FEG/UNESP

RESUMO

A cogeração tem adquirido um papel de relevância devido à sua capacidade de aproveitamento de fontes convencionais e alternativas de energia, numa estrutura que permite uma eficiência mais elevada do que em sistemas tradicionais, bem como uma relação entre emissão de gases e produção de energia que se alinha com os preceitos do desenvolvimento sustentável. Diante dessa realidade, torna-se oportuno criar condições para o profissional que pretende atuar no setor energético, principalmente aquele que ainda se encontra em formação acadêmica, para entender, propor e avaliar estruturas que vão desde o aproveitamento dos recursos disponíveis na entrada do sistema até o fornecimento de eletricidade e energia térmica.

PALAVRAS-CHAVE

Cogeração, Interdisciplinaridade, Formação em Engenharia

1.0 - INTRODUÇÃO

O perfil do setor energético tem assumido um caráter integrador de conceitos e áreas do conhecimento, principalmente quando a preocupação com os limites dos recursos naturais e as restrições de ordem sócio-econômicas e ambientais já se encontram como parte integrante dos projetos que envolvam a transformação e uso da energia. Nesse contexto, a cogeração tem adquirido um papel de relevância devido à sua capacidade de aproveitamento de fontes convencionais e alternativas de energia, numa estrutura que permite uma eficiência mais elevada do que em sistemas tradicionais, bem como uma relação entre emissão de gases e produção de energia que se alinha com os preceitos do desenvolvimento sustentável.

Diante dessa realidade, torna-se oportuno criar condições para o profissional que pretende atuar no setor energético, principalmente aquele que ainda se encontra em formação acadêmica, para entender, propor e avaliar estruturas que vão desde o aproveitamento dos recursos disponíveis na entrada do sistema até o fornecimento de eletricidade e energia térmica. De uma forma geral, percebe-se um 'vácuo' na formação dos engenheiros, especialmente os eletricitistas e mecânicos, na região de domínio do conhecimento que se encontra na interface entre o sistema elétrico e o mecânico, sendo comum haver conflitos de domínio dentre os profissionais que ainda não estão suficientemente preparados para atividades interdisciplinares. Essa lacuna educacional tem sido minorada pelas empresas do segmento de cogeração, através de cursos *in company* para recém formados, por exemplo, no intuito de suprir a demanda por profissionais.

Em nível global, observa-se que a cogeração é reconhecida por boa parte das empresas e de seus profissionais como um instrumento adequado, e mesmo recomendável, de eficiência energética e combate à emissão de poluentes quando comparada à geração independente de múltiplas formas de energia. No entanto, a penetração

(*) Av. Dr. Ariberto Pereira da Cunha, 333 – DEN – CEP 12516-410 Guaratinguetá, SP – Brasil
Tel: (+55 12) 3123-2837 – Fax: (+55 12) 3123-2835 – Email: rubdias@zipmail.com.br

desta tecnologia ainda se encontra aquém da sua real potencialidade por diferentes razões. A falta de incentivos institucionais e a carência de profissionais adequadamente formados para atuarem nessa linha do conhecimento, dentre outros, têm acarretado a não expansão das atividades de empresas ligadas à cogeração em determinados países, ou seja, tem causado perda de oportunidades no desenvolvimento sócio-econômico de empresas e países.

A proposta apresentada neste trabalho visa estabelecer elementos e critérios que contribuam no processo educacional de engenheiros mecânicos e eletricitistas, em nível acadêmico, através do aperfeiçoamento de seus currículos visando formar recursos humanos para atuação em sistemas de cogeração. Com relação aos conteúdos, os conceitos pertinentes aos sistemas térmicos e elétricos seriam desenvolvidos de forma integrada e adjacente a outros processos e procedimentos, tais como a inserção de novas tecnologias, legislação, análise econômica e financeira, comercialização e tratamento das questões ambientais.

2.0 - FUNDAMENTOS DA COGERAÇÃO

O conceito de cogeração está associado à geração combinada de energias térmica e eletromecânica a partir de uma mesma fonte primária. Seu uso vem apresentando, especialmente nas duas últimas décadas, uma forte tendência de crescimento. A origem desta prática está associada ao desenvolvimento de sistemas para o conforto térmico de ambientes (3).

A cogeração não é a única forma de geração de energia, tampouco foi a mais difundida até as últimas décadas; com ela concorre a geração independente de calor em caldeiras convencionais para o suprimento de energia térmica, e a compra de energia elétrica da concessionária local para suprimento da demanda eletromecânica (entende-se que em geral a produção de água gelada se faz por meio de sistemas de compressão, com consumo de eletricidade). A forte penetração da cogeração no mercado produtivo decorre do fato de haver um melhor aproveitamento da energia primária consumida neste caso, em comparação com a outra opção, em que para o mesmo montante de energias demandadas há consumo de energia primária tanto no gerador de vapor quanto no gerador elétrico.

Com a crise do petróleo em 1973/74 e 1979/80 e as resistências à geração nuclear por parte de grupos de defesa do meio ambiente, os sistemas de cogeração e aquecimento central receberam novo impulso, especialmente nos Estados Unidos, com a publicação em 1978 do PURPA (*Public Utilities Regulatory Policy Act*), cuja seção 210 impôs às concessionárias comprar energia a preço não-discriminatório, baseado nos custos evitados de geração, assim como atender às necessidades energéticas de cogeneradores que atendessem às qualificações estabelecidas nesse mesmo conjunto de leis. Essa lei abriu novos horizontes na indústria de geração na medida em que introduziu a noção de competição em mercado aberto de energia elétrica e rompeu a estrutura verticalmente integrada das concessionárias públicas.

2.1 Aspectos conceituais

A partir da cogeração, as formas de energia eletromecânica e térmica são produzidas em conjunto a partir de uma mesma fonte de energia primária; na Figura 1, uma unidade de processo demanda energia nas formas térmica (para secagem, aquecimento, cozimento, desinfecção, entre outros usos) - simbolizado por S (de *steam*, vapor em inglês, ainda que possa também representar outras manifestações térmicas, como água quente ou gelada) - e eletromecânica (iluminação, acionamento de máquinas, bombas, motores) - simbolizado por E - e são atendidas pelas duas alternativas de geração, seja gerando independente, seja por cogeração. Observa-se que a geração independente de energia térmica e elétrica consome maior quantidade de energia primária, comparativamente à cogeração, evidenciando o maior rendimento global e menor taxa de emissão de poluentes da última alternativa.

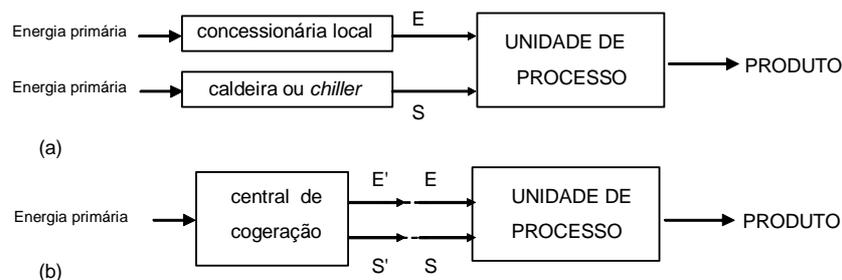


FIGURA 1 - Alternativas de geração de energia: (a) independente (b) cogeração

Os principais ciclos utilizados para configurações de centrais de cogeração são o ciclo a vapor, a gás, combinado (especialmente gás e vapor) e com motores de combustão interna, este último especialmente empregado em unidades compactas e em muitos sistemas descentralizados. Em termos de projeto, faz-se necessário definir também, uma vez estabelecido o ciclo, a disposição dos componentes da central. Quando projetados para atender primeiramente à demanda térmica, sendo os rejeitos desta usados para suprir a demanda eletromecânica, diz-se que o ciclo opera em regime *bottoming*; se, por outro lado, o atendimento à demanda eletromecânica se faz prioritariamente à demanda térmica, diz-se que o ciclo opera em regime *topping*.

As estratégias de operação admitidas para centrais de cogeração, de modo geral, se resumem ao atendimento da demanda térmica (paridade térmica); atendimento da demanda eletromecânica (paridade elétrica); despacho econômico. Na paridade térmica, a central de cogeração opera de acordo com a curva de demanda térmica da unidade de processo, podendo ou não haver suplemento de calor pelas caldeiras da unidade auxiliar, em caso de alta demanda. A eletricidade é exportada, no caso de atendimento total da demanda eletromecânica com sobras, ou importada se necessário.

Na paridade elétrica, a central de cogeração atende às necessidades da unidade de processo regida pela curva de demanda eletromecânica; o calor liberado como decorrência deste processo é usado para atender a demanda térmica e as caldeiras da unidade auxiliar podem ser usadas como suplemento, se necessário, ou calor pode ser eliminado da unidade se houver excesso. A eletricidade pode ser importada se a central de cogeração não for grande o suficiente para atender à demanda, ou suplementada pela central de utilidades.

O despacho econômico corresponde à colocação da central de cogeração em funcionamento apenas nos períodos em que a tarifa paga pela concessionária apresenta um retorno que interessa ao investidor. A central de cogeração poderá ficar desligada da concessionária nos casos em que não houver uma atratividade econômica em sua operação, ainda que isto implique em custos devido à ociosidade dos equipamentos.

Quando se considera a estrutura industrial brasileira, o atendimento da demanda térmica é prioritário, uma vez que não é prática consolidada a negociação de vapor e outras formas de energia térmica; a central de cogeração pode, porém, atender parcialmente à demanda térmica, sendo complementado pela unidade auxiliar. O mesmo se aplica ao atendimento da demanda eletromecânica, com importação.

2.2 Aspectos legais

Tanto a Europa quanto os Estados Unidos proporcionam um ambiente favorável para uma participação crescente da cogeração, na medida em que são fomentadas iniciativas que oferecem um maior incentivo às formas descentralizadas de suprimento de energia, seja por conta das necessidades e características de mercado e/ou confiabilidade dos sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia. Entretanto, existem alguns fatores que normalmente comprometem a expansão da cogeração, tais como, regulamentação do setor energético, taxas de atratividade frente ao mercado financeiro, restrições de interconexão entre os sistemas, atendimento às normas ambientais e o preço dos combustíveis, principalmente no mercado do gás natural (2).

Os desafios para Brasil não são muito diferentes dos apresentados anteriormente, além das particularidades da política energética nacional. Os critérios para a implementação de um sistema de cogeração devem passar pelo entendimento e aplicação das resoluções da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e dos órgãos normativos e de fiscalização do meio ambiente, como, por exemplo, Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA e a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), para empreendimentos no Estado de São Paulo. Nesse contexto, por mais justificável que um projeto seja sob o ponto de vista técnico, os profissionais necessitam estar atentos aos detalhes legais e normativos e contemplá-los na medida em que o projeto avança para as outras etapas.

2.3 Planejamento energético e meio ambiente

Em virtude das transformações sofridas pelo setor energético, principalmente a partir da desverticalização das empresas do segmento elétrico, os sistemas envolvidos estão sendo revistos sob uma ótica ambiental mais rigorosa, acarretando modificações estruturais e organizacionais para aumentar a sua eficiência tanto operacional quanto econômica (4).

Os sistemas que operam em cogeração, em virtude de sua elevada eficiência de conversão energética, proporcionam condições operacionais que fornecem uma relação de gases emitidos por MWh bastante atrativa quando comparada com os sistemas convencionais, além de constituir espaço para a transferência de tecnologia. Tais circunstâncias encontram-se alinhadas com a crescente necessidade de intervenção no processo de aquecimento global, dentro de um caráter mitigador (5).

3.0 - FORMAÇÃO PROFISSIONAL PARA A COGERAÇÃO

O desenvolvimento das atividades relacionadas com a concepção e operação de sistemas associados à cogeração requer dos profissionais envolvidos uma percepção mais ampla dos processos de transformação energética, pois as estruturas envolvidas possuem significativa proximidade, ou seja, as relações de causa e efeito são percebidas num intervalo de tempo menor quando comparadas com os sistemas de maior porte. No processo de cogeração, o suprimento de energia envolve conceitos multidisciplinares com ações interdisciplinares, tais como Termodinâmica, Transferência de Calor, Circuitos e Máquinas Elétricas, Química e Economia, os quais devem ser entendidos de forma clara, o que significa aos profissionais que atuam nessa área uma postura de desprendimento das resistências criadas na formação acadêmica.

3.1 Recursos humanos: necessidades e desafios

A cogeração uma tecnologia que envolve vários conceitos e requer habilidades com significativo grau de especialização. 'Os engenheiros necessitam entender o equilíbrio entre os aspectos elétricos e térmicos de um dado projeto (...). A maioria dos especialistas em CHP (*Combined Heat and Power*) são eletricitistas ou mecânicos, todavia, são poucos os que têm pleno domínio nesse segmento tecnológico (...)' (1). Essa realidade é resultado do ensino tradicional da engenharia, no qual a cogeração ainda não é um conteúdo plenamente dominado e que passa (quando isso ocorre) como um "anexo" de alguma disciplina de maior relevância.

O que torna a situação mais complexa para a cogeração, no que diz respeito à formação de recursos humanos, é o que foi verificado na Bélgica, onde no período de 1994 a 2004 o número de engenheiros eletricitistas e mecânicos formados reduziu em um terço devido a outras oportunidades de trabalho e áreas profissionais em ascensão. Tal fato levou à redução de investimentos em cogeração naquele país por falta de mão-de-obra, pois os engenheiros são os agentes que impulsionam tais atividades (1). Mesmo que as empresas tenham condições para a implementação dos projetos, essa intenção resvala em dificuldades, tais como: quem será responsável pela operação? Ou ainda: Durante uma contingência, onde se encontrará quem a possa resolver? Diante de tais circunstâncias, o empreendedor não colocará em risco a sua reputação.

Na França, apesar do sistema de ensino superior oferecer aos futuros engenheiros conteúdos consolidados voltados à cogeração, durante uma pesquisa realizada constatou-se uma frágil conexão entre os aspectos conceituais e os sistemas em operação (2). Ao entrevistar aproximadamente trinta empresas de grande porte, quase nenhum dos submetidos à pesquisa teve uma idéia clara a respeito do que é cogeração ou se a companhia possuía algum sistema de cogeração. Nas grandes companhias, o suprimento de energia tem sido feito de forma terceirizada, proporcionando pouca visibilidade do sistema instalado dentro da unidade produtiva. Noções mais precisas de cogeração partiram dos envolvidos no piso de fábrica, mais precisamente, por trabalharem no setor de manutenção. Igualmente ao que acontece na Bélgica, na França a pequena participação da cogeração no sistema de suprimento de energia é decorrência do limitado número de engenheiros aptos a atuarem nesse segmento (2).

O projeto da COGEN EUROPE, realizado no início da década de 2000, envolvendo um grupo de países¹ daquele continente, relata os seguintes aspectos (2):

- aponta que nos países europeus envolvidos no trabalho, os cursos superiores não apresentam programas sistematizados voltados à cogeração, com exceção da ARMINES (associação de pesquisadores criada em 1967 por iniciativa da *Ecole des Mines* de Paris) e da Universidade Técnica Nacional de Atenas² (NTUA), as quais apresentam uma maior efetividade na formação de recursos humanos para a cogeração;
- a abordagem da cogeração aos estudantes de engenharia se faz de forma generalista, para posteriormente serem preparados de forma mais específica pelas empresas desse segmento;
- os aspectos econômicos e legais deveriam fazer parte dos conteúdos programáticos, pois os mesmos, apesar de serem tratados superficialmente no meio acadêmico, consistem em elementos fundamentais para a implementação de projetos;
- a formação em cogeração deve enfatizar os benefícios econômicos, sociais e ambientais;
- o fortalecimento da disseminação da cogeração favorece as mudanças de paradigma da política e legislação do setor energético. Os postos de tomada de decisões serão ocupados por profissionais com uma compreensão mais ampla na geração e uso da energia;

¹ Os países envolvidos: Bélgica, Dinamarca, França, Grécia, Holanda, Polônia e Inglaterra.

² O pesquisador Christos A. Frangopoulos faz parte do corpo docente da NTUA, o qual possui significativa contribuição no segmento de cogeração e otimização de sistemas energéticos.

- deve haver a adequação de conteúdos e objetivos entre os que estão no processo de formação profissional e os que já atuam no segmento de cogeração;
- desenvolver a integração entre as estruturas que conduzem o ensino da cogeração, bem como torná-las flexíveis a cada necessidade, como a de um país ou região, por exemplo.

Diante do exposto, percebe-se a necessidade de aprimorar as abordagens destinadas ao ensino da cogeração, que apesar de ser reconhecido como importante para o planejamento energético, ainda carece de sistematização. Os países avaliados enquadram-se no grupo dos países desenvolvidos, e embora numa análise preliminar se pudesse supor estarem numa condição mais confortável neste contexto, apresentam pontos a serem discutidos e solucionados. A questão que surge diz respeito particularmente aos países em desenvolvimento, e mais especificamente ao Brasil, onde as necessidades energéticas encontram-se reprimidas e a sua expansão requer conhecimentos que superam a visão tradicional de suprimento e uso dos recursos naturais.

3.2 Percepção da importância da cogeração

A Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá da Universidade Estadual Paulista – UNESP – oferece desde 1998 a disciplina optativa “Cogeração” para alunos dos cursos de Engenharia Mecânica e Elétrica. Nesse tempo, a disciplina foi oferecida no 2º semestre de todos os últimos 9 anos, com média de inscritos de cerca de 30 alunos e, em sua grande maioria, oriundos da Engenharia Mecânica.

De acordo com Tsang (1), *“pare e questione certo número de estudantes de engenharia mecânica ou elétrica nos campus de universidades ou faculdades e as chances são de que eles provavelmente nunca tenham ouvido falar de cogeração”*. A partir desta afirmação, foi realizada uma pesquisa qualitativa entre os alunos dos cursos de engenharias Mecânica e Elétrica na Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá da UNESP através do envio de correspondência eletrônica aos alunos desses cursos, após autorização das coordenações dos mesmos, sem obrigatoriedade de resposta. Embora o número dos respondentes tenha sido reduzido a ponto de não permitir uma avaliação quantitativa com aderência estatística, a avaliação qualitativa das respostas apresentadas permite perceber alguns pontos interessantes, a seguir apresentados:

- 26 alunos responderam, sendo 7 da Engenharia Elétrica e 19 da Engenharia Mecânica, numa participação de 11 alunos do curso noturno e 8 do curso integral;
- Em sua totalidade, 17 alunos declararam já terem ouvido o termo “cogeração” e 9 afirmaram nunca terem ouvido tal termo; dos que ouviram o termo, 10 alunos do curso de Engenharia Mecânica e 3 do curso de Engenharia Elétrica cursavam disciplinas específicas (3ª a 5ª séries) e 4 cursavam disciplinas de 1ª e 2ª séries, sendo 1 da Mecânica e 3 da Elétrica. Dos que declararam não terem ouvido o termo “cogeração”, todos cursavam a 2ª série;
- Metade dos alunos declarou saber o que significa o termo “cogeração”, sendo 12 deles alunos de 3ª a 5ª série e 1 aluno da 2ª série; dos que declararam não saber o significado, 9 estavam nas 1ª e 2ª séries dos cursos; desses, 8 estudantes apresentaram definições corretas, 3 apresentaram algum erro conceitual associado e apenas 1 aluno definiu de forma incorreta a cogeração;
- Onze alunos declararam que o conceito de “cogeração” já houvera sido apresentado em alguma disciplina do seu curso, sendo 10 alunos da engenharia Mecânica e 1 da Elétrica, todos cursando disciplinas da 3ª a 5ª séries; dos 15 alunos que declararam que o conceito não houvera sido apresentado em alguma disciplina de seu curso, 11 cursavam disciplinas da 1ª e 2ª séries;
- Dezesete alunos declararam que o tema “cogeração” é importante na sua formação, 3 julgaram que não é importante e 6 não opinaram; por outro lado, 19 alunos declararam não pretender atuar profissionalmente nessa área do conhecimento, 4 declararam sua intenção de atuarem profissionalmente na área de cogeração e 3 não opinaram.

É necessário considerar que pode haver bias no levantamento realizado, posto que os alunos sabiam de antemão os docentes envolvidos na pesquisa de opinião e alguns deles necessariamente participavam de disciplinas ministradas pelos mesmos, nos quais o conceito de cogeração foi apresentado.

Com relação às disciplinas nas quais a cogeração foi mencionada, foram relatadas na Engenharia Mecânica as disciplinas Termodinâmica; Máquinas Térmicas; Transferência de Calor; Mecânica dos Fluidos; Sistemas Fluidodinâmicos; Auditoria Energética; Fontes Alternativas de Energia; Bombas, Turbinas, Ventiladores e Turbo-Compressores, ministradas por diversos professores do Departamento de Energia; na Engenharia Elétrica foi apenas citada a disciplina Fenômenos de Transporte, também alocada no Departamento de Energia.

Em outras Instituições encontram-se cursos de graduação que fazem referência à cogeração, a saber:

- Na disciplina Geração Térmica e Cogeração, da graduação em Engenharia Mecânica, na Universidade de São Paulo (Escola Politécnica);
- Na disciplina Máquinas Térmicas, da graduação em Engenharia Mecânica, na Universidade Federal do Espírito Santo;
- Nas disciplinas Sistemas Fluidotérmicos I e III, da graduação em Engenharia Mecânica, e na disciplina Refrigeração, da graduação em Engenharia de Alimentos, na Universidade Estadual de Campinas;
- Na disciplina Máquinas Térmicas, da graduação em Engenharia Mecânica, na Faculdade de Aracruz;
- Na disciplina Geração de Energia Elétrica, da graduação em Engenharia Elétrica, na Universidade Santa Úrsula;
- Na disciplina Termodinâmica de Processos, da graduação em Engenharia Química, na Universidade Federal do Rio Grande do Norte;
- Na disciplina Termodinâmica e Transferência de Calor, da graduação em Engenharia Química, na Universidade Federal de Pelotas;
- Na disciplina Tecnologia de Conversão de Energia, da graduação em Engenharia Química e de Petróleo, na Universidade Federal Fluminense;

Alguns cursos apresentam o tema cogeração no contexto do programa da Agência Nacional do Petróleo e Gás Natural (ANP), tais como a disciplina Conservação de Energia, da Universidade Federal de Santa Catarina, e a disciplina Sistemas Energéticos, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. É necessário esclarecer que o levantamento foi realizado através da pesquisa dos termos "cogeração", "ementa" e "graduação" em sites de busca, o que pode ter limitado o espectro das universidades e faculdades que difundem o conceito em análise.

3.3 Mudança de paradigmas na formação profissional

Um levantamento acerca da existência de cursos com proposta similar foi realizado a partir da internet, verificando-se a pertinência do presente trabalho. A título de posterior orientação da estrutura curricular do curso aqui sugerido, analisam-se as experiências internacionais com vistas a resgatar os pontos mais relevantes de cada curso considerado (todos os acessos se deram em 08/03/2007).

Uma proposta de curso de Engenharia Mecânica e Energética em nível de graduação é proposta pela Herriot-Watt University (<http://www.undergraduate.hw.ac.uk/courses/view/HH38/>), no qual uma especialização na área de Energia é desenvolvida em nível de mestrado de forma integrada nos 5 anos de formação do aluno. A proposta da UNSW (<http://www.eng.unsw.edu.au/prospect/ug/be/ren.htm>) consta de um curso de graduação voltado para a Engenharia de Energias Renováveis, também vinculado ao curso de Engenharia Mecânica - ao menos no que diz respeito à área de energia solar.

Entretanto, são as propostas italianas aquelas que mais se ajustam ao que se poderia conceber como um "curso de engenharia de sistemas energéticos". No Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade de Pádua há um curso de *Láurea em Engenharia Energética* (http://www.die.unipd.it/didattica/corsi_laurea/en/), e uma explicação para sua implantação: "*a Láurea trienal em Engenharia Energética foi recentemente instituída para preparar uma figura profissional em condições de enfrentar e resolver os diversos problemas que se apresentam no setor energético. Este curso é filho da Mecânica e da Eletrotécnica, e deve formar um quadro de competência que, em adição aos aspectos culturais caracterizantes, forneça um profissional que se estende aos aspectos dos sistemas de uma área e de outra, com uma maior facilidade do que especialistas de cada uma delas*".

A estrutura do curso corresponde a duas rotas, sendo uma de formação básica ou de 1º nível (*Láurea*) de três anos e uma outra de formação mais especializada (*Láurea Especializada*) para quem deseja aprofundar seus conhecimentos em uma das três áreas previstas (produção e conversão de energia, uso civil e industrial da energia e tecnologia nuclear). A Politécnica de Turim conta com estrutura próxima da anteriormente apresentada, sendo que é possível articular, ainda, um mestrado de um ano após o quinto ano de formação especializada, ou doutorado diretamente após a *Láurea Especializada* (<http://www.cesnef.polimi.it/didatt/corso.htm>).

Sob o ponto de vista deste trabalho, a necessidade de se formar um profissional especificamente em Engenharia de Sistemas Energéticos está alicerçada nas premissas de que:

- os temas "Energia" e "Meio Ambiente" são elementos fundamentais para as futuras decisões a serem tomadas com vistas ao desenvolvimento do país;

- a energia passou a ser uma *commodity* e as suas relações com o meio ambiente (através de novos conceitos, como análise de ciclo de vida, internalização de externalidades, dentre outros) implicam em um conhecimento especializado para lidar adequadamente com essas questões;

- os estudantes dos cursos de Engenharia Mecânica e Elétrica devem adquirir novas habilidades para lidar com as novas questões técnico-comerciais que envolvem toda a cadeia de conhecimento, desde a produção até a comercialização da energia.

e, dessa forma, espera-se que o egresso de um curso de Engenharia de Sistemas Energéticos detenha a capacidade de atualização constante de seus conceitos técnicos e comerciais, haja vista que o campo no qual estará inserido tem observado uma sempre presente modificação; domine os conceitos técnicos, econômicos, ambientais e comerciais envolvidos em toda a cadeia energética, desde a extração das fontes combustíveis até seu uso final; conceba, projete e analise equipamentos, sistemas e processos relativos à produção e uso da energia; avalie o impacto das atividades de geração e uso da energia no contexto de sua atuação social e ambiental, e proponha alternativas consistente com as melhores práticas para a viabilização dos projetos de interesse da coletividade.

4.0 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na medida em que foram ampliadas as atribuições dos profissionais da área energética, em decorrência das imposições ambientais, do atendimento às determinações legais e normativas, da necessidade de conceber sistemas mais compactos e eficientes e da capacidade de integração de tecnologias através dos sistemas de informação, a interpretação dos sistemas produtivos assumiu um caráter multidisciplinar, o qual, normalmente, conduz a ações interdisciplinares.

Os sistemas de cogeração, em termos estruturais e operacionais, são intrinsecamente multidisciplinares, exigindo uma compreensão clara e precisa a respeito das áreas do conhecimento envolvidas. Os processos devem ser encarados sem descontinuidade, através da criação de interfaces nas quais os profissionais envolvidos transitam com segurança entre os aspectos elétrico, térmico, legal e ambiental.

O ensino da cogeração consiste na mudança dos paradigmas que conduziram à fragmentação das engenharias em prol da especialização. A formação acadêmica, nesse contexto, assume uma condição estratégica com vistas a preparar profissionais politécnicos, sem preconceitos e receios de se envolver com outras áreas do conhecimento, seguros de suas competências e habilidades e, principalmente, capazes de continuar o seu processo de aprendizagem. Os empreendimentos ligados à cogeração carecem de recursos humanos com este perfil, principalmente numa época em que as restrições de recursos naturais e os impactos ambientais estão criando novas necessidades de geração de energia e, conseqüentemente, necessitando-se uma adequação no sistema de ensino para o atendimento dessa demanda.

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) TSANG, M. Talent search: enhancing the CHP skills base by nurturing young engineers. Cogeneration and On-site Power Production, September-October, 2006, pp.67-75.

(2) COGEN EUROPE The European education tool on energy-efficiency through the use of cogeneration – EDUCOGEN: Final Report. Available in: <http://www.et.teiath.gr/yliko/Symparagogi-utills/EDUCOGEN_Publishable_Report.pdf>, access in: March 1st, 2007. 2002.

(3) BALESTIERI, J.A.P. Cogeração: geração combinada de eletricidade e calor. Florianópolis, Editora da UFSC, 2002.

(4) REIS, L. B., SILVEIRA, S. (Org.) Energia elétrica para o desenvolvimento sustentável. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.

(5) GOLDEMBERG, J. Avaliação de estudos e medidas de mitigação de mudanças climáticas na área de eletricidade. Ministério da Ciência e Tecnologia, disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/5178.pdf>, acessado em: 06 Maio 2007.

6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Rubens Alves Dias

Nascido em Santo André, SP, em 04 de agosto de 1968.

Doutorado (2003) e Mestrado (1999) em Transmissão e Conversão de Energia e Graduação (1992) em Engenharia Elétrica: FEG/Unesp Campus de Guaratinguetá.

Empresas: Sinc do Brasil Ltda. (1993); Spaipa S.A. (2004-2007); FEG/Unesp, desde 1997.

Professor MS-3 do Departamento de Engenharia Elétrica (DEE), Professor do Colégio Técnico Industrial de Guaratinguetá (CTIG) e Pesquisador Associado do Departamento de Energia (DEN).

Melhor trabalho na SCE - XVI SNPTEE (2001), "Discussão de critérios para o desenvolvimento de um modelo educacional voltado à conservação de energia".



José Antonio Perrella Balestieri

Nascido em São José do Rio Pardo, SP, em 25 de fevereiro de 1963.

Livre-Docência (1997): Universidade Estadual Paulista - UNESP, Campus de Guaratinguetá, Pós-Doutorado (2001) no Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Doutorado (1994): Faculdade de Engenharia Mecânica, UNICAMP, Graduação em Engenharia Mecânica (1987): Universidade Federal de Engenharia de Itajubá.

Professor Adjunto (MS-5) do Departamento de Energia (DEN) da Universidade Estadual Paulista - UNESP, Campus de Guaratinguetá.

Bolsista do CNPq (Bolsa de Produtividade em Pesquisa nível 2).

Autor do livro "Cogeração – geração combinada de eletricidade e calor" (2002), Editora da UFSC.