



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

GPD - 31  
16 a 21 Outubro de 2005  
Curitiba - Paraná

**GRUPO XV  
GRUPO DE ESTUDO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, PESQUISA E DESENVOLVIMENTO - GPD**

**ESTRATÉGIAS DO INSTITUTO DE ENERGIA DA PUC-RIO  
PARA PESQUISA E DESENVOLVIMENTO NO SETOR ELÉTRICO**

**Elói Fernandez y Fernandez Reinaldo Castro Souza Sérgio Leal Braga\***

**Marco Polo Pereira**

**INSTITUTO DE ENERGIA – PUC RIO**

**MARCOPOLO CONSULTORIA**

**RESUMO**

O artigo trata da pesquisa e desenvolvimento no setor elétrico brasileiro. Apresenta a situação energética do país e suas perspectivas em geração transmissão, distribuição e uso final de eletricidade. Traça um perfil das necessidades de P&D, aborda o panorama internacional e apresenta as linhas de pesquisa do Instituto de Energia da PUC-Rio em sintonia com as tendências tecnológicas. Levanta a questão da natureza dos projetos de P&D ora em andamento e da necessidade de programas setoriais estratégicos de médio e longo prazos de maturação. Finalmente associa a criação e sustentabilidade financeira de núcleos de P&D, empreendimentos de longo prazo, a programas de pesquisa setoriais estratégicos. Defende projetos cooperativos e a atuação em redes de instituições e P&D como forma de disseminar o conhecimento e distribuir oportunidades a núcleos regionais de pesquisa.

**PALAVRAS-CHAVE**

Pesquisa e Desenvolvimento, Pesquisa Elétrica, Energia

**1.0 - INTRODUÇÃO**

A área de pesquisa e desenvolvimento em energia elétrica no Brasil tomou novo impulso após a Lei 9991 de julho de 2000 e a criação dos Fundos Setoriais, mais particularmente o CT-Energ. Segundo a Lei 9991, as concessionárias geradoras, transmissoras e distribuidoras de energia elétrica têm que investir no mínimo 1% de sua Receita Operacional Líquida em eficiência energética, pesquisa, desenvolvimento e inovação tecnológica. Os recursos da referida lei para a pesquisa e desenvolvimento são aplicados de duas formas distintas. Uma parcela do valor é de livre gestão das concessionárias e, na sua maioria, originam projetos que são executados por instituições de pesquisa e universidades sob aprovação e controle da ANEEL. A outra parte dos recursos é recolhida ao CT-Energ, administrado pelo MCT. A parcela do CT-Energ deveria estar sendo disponibilizada para instituições de pesquisa e universidades, segundo linhas de desenvolvimento tecnológico prioritárias.

Essas ações encorajaram a organização de novos núcleos de pesquisa e a consolidação de outros já existentes, na sua maioria ligados a universidades e distribuídos geograficamente pelo país. Esses núcleos de P&D despontaram com a expectativa de uma sustentabilidade apoiada em dois modos: o primeiro, de curto prazo, voltado para resultados, com fluxo de recursos oriundo dos chamados projetos ANEEL da Lei 9991 e o segundo, de longo prazo, que deveria prover infra-estrutura, com recursos do CT-Energ, que vem sendo continuamente contingenciados.

\* Rua Marquês de São Vicente, 225 - CEP 22453-900– Rio de Janeiro - RJ - BRASIL  
Tel.: (21) 3114-1858 - Fax: (21) 3114-1856 - e-mail: slbraga@mec.puc\_rio.br

A situação energética do país, como será apresentada na próxima seção, clama por soluções tecnológicas que necessitam de pesquisa.

O Instituto de Energia da PUC-Rio (IEPUC) apresenta sua estrutura de P&D em eletricidade, aborda as tendências internacionais e sugere estratégias para levar adiante as iniciativas de sucesso nascidas em 2000, quando da criação da Lei 9991.

## 2.0 – A SITUAÇÃO ENERGÉTICA DO PAÍS E SUAS PERSPECTIVAS

O Brasil deverá, nos próximos anos, conduzir um dos mais importantes programas do mundo, no que se refere à expansão de seu sistema elétrico, para atender às necessidades de seu crescimento.

A Tabela 1 mostra os cenários de crescimento percentual anual da economia e do consumo de energia elétrica associado[1].

TABELA 1: Cenários de crescimento percentual anual da economia e do consumo de energia elétrica

Cenário	Baixo	Base	Alto
PIB	2,5	4,5	5,5
Consumo	3,0	5,0	6,0
Elasticidade	1,2	1,1	1,1

Findo o ano de 2004, os indicativos são de que a economia e conseqüentemente o consumo de energia elétrica estão se expandindo numa linha intermediária entre o cenário base e o cenário alto.

A Figura 1 mostra as perspectivas de acréscimo anual de capacidade instalada para atender à expansão em cada um dos cenários. O montante varia de 3000 a 5000 MW em função do tempo, para um crescimento entre o cenário base e o cenário alto.

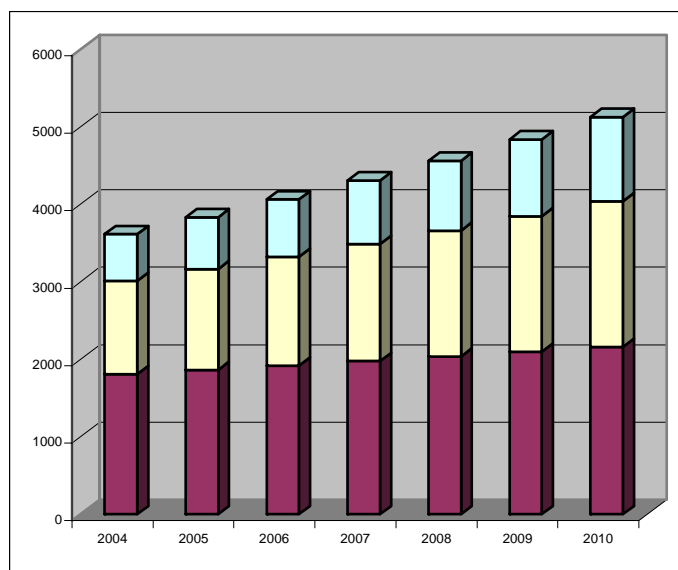


FIGURA 1: Acréscimo anual necessário de capacidade instalada [1]

A Tabela 2 mostra as faixas de custos das diversas alternativas de geração para a expansão do sistema. Embora não seja o único parâmetro a ser considerado na escolha de alternativas de geração, uma vez que o potencial, impacto ambiental, custos de capital, porte da planta, tempo de implantação do empreendimento etc.. também devem ser considerados, trata-se do parâmetro de maior relevância.

TABELA 2: Faixas de custos de alternativas de geração

Fonte	Hidro (Tipo1)	Hidro (Tipo2)	Nuclear	Carvão	Óleo	Gás	Diesel
US\$/MWh	15 a 70	>70	25 a 64	45 a 65	45 a 65	38 a 47	160 a 460
Fonte	Biomassa	Fotovoltaica	Solar Torre Central	Solar Calhas Parabólicas	Solar Discos Parabólicos	Eólica	PCH
US\$/MWh	45 a 105	150 a 800	250 a 600	290 a 230	1400 a 1600	50 a 100	20 a 145

Observando-se os custos de geração e, se levarmos ainda em consideração, os outros parâmetros acima mencionados, fica fácil entender porque existe no país a opção pela geração hidráulica, complementada por usinas térmicas, preferencialmente a gás natural.

Com essas perspectivas não há dúvidas de que um dos importantes programas de pesquisa para o país deve ser na área de transmissão de energia, uma vez que as usinas hidráulicas estarão onde se encontrarem os recursos naturais e os centros de carga localizados historicamente e pelo modelo de desenvolvimento até então adotado. Em suma haverá necessidade de transmissão. Outra questão importante é a da melhor localização de uma planta térmica em relação aos recursos de combustível, água e ao principal centro de carga a ser por ela alimentado.

Quando se reconhece o vulto da expansão de geração que o Brasil deverá realizar ao longo das próximas duas décadas, depara-se com montantes assustadores em capital a ser investido. Tudo somado, geração, transmissão e distribuição, estima-se em aproximadamente US\$ 2 bilhões para cada 1000 MW implantados. Os investimentos anuais variam de US\$ 6 a 10 bilhões. Quaisquer 5% de economia significam montantes enormes que poderiam ser aplicados em outras prioridades nacionais. Daí a importância da previsão de mercado e dos programas de conservação de energia e eficiência energética. A própria Lei 10848/2004, já exige precisão na previsão de mercado pelas concessionárias de distribuição e o PROCEL cuida da conservação de energia e eficiência energética.

Neste ponto ficam identificados outros dois programas estratégicos de P&D para o país, que são respectivamente Metodologias de Previsão de Mercado e Conservação de Energia/Eficiência Energética.

O quarto programa de pesquisas estratégico se refere à Geração Distribuída e suas tecnologias. A geração distribuída está significando uma quebra de paradigma na forma como são os atuais serviços de energia elétrica. As tecnologias de geração descentralizada são em sua maioria espetaculares do ponto de vista ambiental e de flexibilidade, tanto em aplicações autônomas quanto em aplicações conectadas à rede. No entanto basta uma rápida análise da Tabela 2-2 para se verificar que algumas delas, em particular as solares ainda não são competitivas. Não só as tecnologias necessitam ser investigadas para que se possa diminuir seus custos, mas também aspectos técnicos de como se controlar uma rede com inúmeros pequenos geradores e aspectos comerciais e de mercado. Por exemplo metodologias para análises estratégicas de perda de mercado pelas concessionárias de distribuição devido à aquisição de geração de pequeno porte por grandes consumidores.

### 3.0 – AS TENDÊNCIAS INTERNACIONAIS EM P&D ENERGÉTICA

Existe uma preocupação mundial com a P&D em energia. Diversos relatórios apontam para um decréscimo dos investimentos em P&D. Outros mais prudentes em suas afirmativas dizem que há indícios de redução de investimentos, mas o que todos concordam é que as inversões em P&D na área de energia não estão sendo suficientes para colocar em estágio de aplicação comercial as novas tecnologias de geração, com a velocidade que o desenvolvimento sustentado está a exigir.

Existe consenso de que os principais desafios energéticos estão nas novas formas de transformação da energia primária com aplicações em geração distribuída, na universalização dos serviços de energia e nos programas de conservação e eficiência energética.

O surgimento de tecnologias limpas e de pequena escala de geração deverão mudar substancialmente as estratégias, a estrutura de funcionamento e a operação das concessionárias. A futura estrutura dessas empresas provavelmente será composta de um mix de geração centralizada, geração distribuída e tecnologias de eficiência energética.

A Figura 2 mostra as projeções para geração de energia no mundo até 2025 em TWh [4].

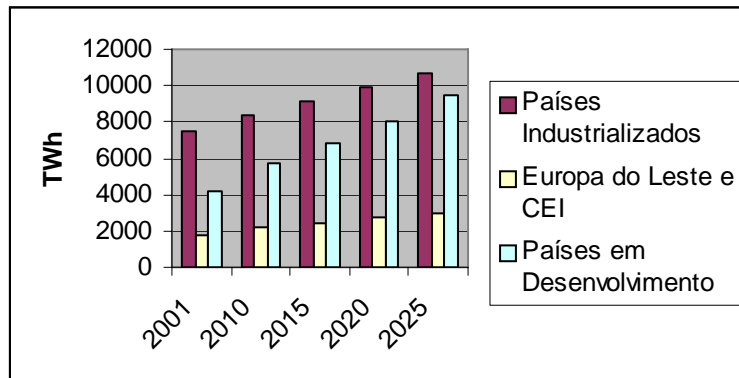


FIGURA 2: Geração de Energia Elétrica por Blocos de Países. Fonte: World Energy Council

Observa-se que a tendência é a de que os países em desenvolvimento estejam praticamente no mesmo patamar dos países industrializados num horizonte de 20 anos.

A Figura 3 mostra projeções feitas pelo CME para a evolução da matriz energética mundial num cenário ecologicamente orientado. As projeções apontam para menor utilização de óleo e carvão, com aumento da participação do gás natural, solar, biomassa planejada, da energia nuclear de forma discreta e de outras renováveis como eólica e hidrogênio. De todas as tecnologias aquela da qual se espera uma quebra de barreira tecnológica em curto prazo é a solar fotovoltaica, o que acarretaria acentuada queda nos custos.

De acordo com organismos internacionais as prioridades dos esforços de P&D em energia, para se atingir o desenvolvimento sustentável, deverão concentrar-se em:

- Aumento da eficiência no fornecimento e uso final da energia
- Colocação mais rápida em estágio comercial de sistemas de energia renovável localmente disponíveis e cujos impactos ambientais sejam baixos
- Respostas às preocupações do público sobre a segurança da utilização da energia nuclear e seus resíduos
- Tecnologias que auxiliem no seqüestro de carbono.

São estimuladas ainda as cooperações regionais e internacionais como estratégias de eficientizar os recursos para a P&D.

## Cenários Internacionais

### Crescimento ecologicamente orientado

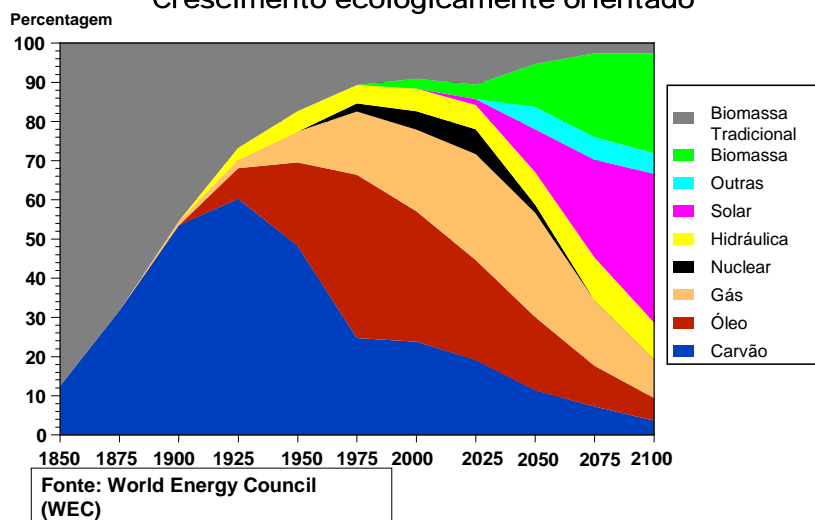


FIGURA 3: Projeção da Evolução da Matriz Energética Mundial num cenário de crescimento ecologicamente orientado.

#### 4.0 – O INSTITUTO DE ENERGIA DA PUC RIO– IEPUC

O Instituto de Energia da PUC (IEPUC) é uma unidade interdisciplinar da PUC-Rio, que tem como objetivo colaborar com a condução de programas de ensino e pesquisa das diferentes áreas de interesse do setor de energia, promovendo a geração de novos conhecimentos e a integração das componentes tecnológicas, gerenciais, econômicas, sociais, ambientais e regulatórias.

É conduzido por um Comitê Executivo, sendo sua gestão administrativa e financeira realizada com o suporte das estruturas do ITUC - Instituto Tecnológico da PUC-Rio, da PUC e da FPLF – Fundação Padre Leonel Franca. Está sediado nas instalações do ITUC, com uma área equivalente a 400 m<sup>2</sup>, incluindo escritórios para os gerentes de projetos, pesquisadores e professores visitantes, além de espaços para a alocação dos estudantes envolvidos nas atividades do Instituto. Soma-se a esta infra-estrutura aquela existente nos Departamentos que compõem a base do programa interdisciplinar de ensino e pesquisa do IEPUC, tais como: Engenharia Civil, Engenharia Elétrica, Engenharia Industrial, Engenharia de Materiais, Engenharia Mecânica, Artes & Design, Economia, Física, Geografia, Informática, Matemática, Química, ITUC - Instituto Tecnológico da PUC.

#### 5.0 – LINHAS DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DO IEPUC EM ENERGIA ELÉTRICA

Com base nos cenários nacionais e internacionais de desenvolvimento energético, descritos nos itens 3.0 e 4.0, o IEPUC vem conduzindo os seguintes programas multidisciplinares de pesquisa:

##### Programa 1 – Novas Fontes Renováveis de Energia e Geração Distribuída

Esta linha de pesquisas dedica-se aos sistemas de energia solar, eólica e de biomassa planejada. Aplicações isoladas e com conexão à rede elétrica, além da solução de problemas inerentes à geração descentralizada de pequeno porte. Dentre os novos estudos encontra-se o do desenvolvimento de usinas eólicas off-shore com grande potencial de utilização em nosso litoral a médio prazo.

##### Programa 2 – Transmissão de Energia Elétrica e Gás Natural

A transmissão de energia elétrica e gás natural a longas distâncias já é per si um desafio de engenharia. Nessa linha de desenvolvimentos são criadas ferramentas baseadas em sistemas inteligentes com objetivo de conduzir o assentamento de usinas e os projetos de transmissão às suas melhores soluções. Dada uma usina térmica ou hidráulica, a sua potência, o seu regime de carga, as localizações geográficas dos recursos naturais e dos possíveis pontos de conexão à rede ou à carga, procura-se a melhor solução de localização da usina e de transmissão. Consideram-se as variáveis técnicas, ambientais de impacto sobre o sistema e do sistema sobre o meio ambiente, os aspectos econômicos de investimento e custos futuros de perdas e operação / manutenção.

##### Programa 3 – Conservação e Eficientização de Energia

O IEPUC vem trabalhando em parceria com o PROCEL – Programa de Conservação de Energia Elétrica do Ministério de Minas e Energia, através da Eletrobrás, em metodologias de avaliação do impacto das medidas de eficiência energética adotadas por aquele programa.

##### Programa 4 – Previsão e Mercado de Energia Elétrica

No modelo anterior do Setor Elétrico Brasileiro, com planejamento determinativo e com as concessionárias em sua grande maioria federais ou estaduais havia mais flexibilidade para gerenciar as margens de erro de previsão do mercado de médio e longo prazos. Atualmente a Lei 10848/2004 exige que as concessionárias de distribuição façam suas previsões de mercado com erros menores que 5%. Fazem-se necessários desenvolvimentos e aplicações de metodologias cada vez mais aperfeiçoadas de previsão de mercado. Esta linha de pesquisas se encarrega de aprimorar e aplicar tais metodologias.

##### Programa 5 – Universalização do Uso de Energia Elétrica

Através desta linha de P&D o IEPUC apóia a iniciativa do governo federal de universalização dos serviços de energia, em execução no Programa Luz para Todos. Metodologias de priorização de empreendimentos e avaliação da penetração da eletrificação são alguns dos desenvolvimentos.

##### Programa 6 – Planejamento, Produção e Comercialização de Energia.

Este programa se dedica a metodologias de planejamento, com ênfase no planejamento de ações empresariais em cenários de incertezas, para melhoria dos serviços e incrementos de qualidade e produtividade nos processos de produção, transporte, distribuição e comercialização de energia.

#### 6.0 – ESTRATÉGIAS DE ATUAÇÃO DO IEPUC

O IEPUC vem realizando projetos de pesquisa junto a Eletrobrás/CEPEL, Petrobrás/CENPES e diversas concessionárias brasileiras de energia elétrica. Equipes formadas por professores, alunos de pós-graduação e especialistas aprimoram suas competências através dos projetos de P&D cujos recursos vêm diretamente das empresas ou através de contratações via Lei 9991/2000.

Uma das questões centrais é a da manutenção da infra-estrutura de pesquisa e das competências adquiridas, contando com recursos de projetos de curto prazo e porte limitado, como a maioria daqueles contratados através da Lei 9991. A análise dos objetivos e da abrangência de tais projetos mostra que a maioria deles se destina a resolver problemas mais imediatos das concessionárias. O reflexo no fluxo financeiro de estruturas como o IEPUC é de um fluxo de caixa de entrada espasmódica, com altas incertezas quanto a recursos de médio prazo.

A criação e manutenção de núcleos de pesquisa pressupõem esforços de longo prazo, tanto na formação de competências quanto na manutenção da infra-estrutura física necessária à própria formação. Tais esforços só podem ser obtidos com o suporte oferecido por projetos de maior fôlego, de natureza estratégica setorial e com prazos mais dilatados.

Existe uma tendência internacional de que projetos estratégicos setoriais devem contar preferencialmente com suporte governamental. No Brasil já há mecanismos com essa finalidade originados na criação dos Fundos Setoriais, no caso do setor elétrico do CT-Energ. Infelizmente os recursos depositados nesses fundos permanecem armazenados, fortemente contingenciados em nome do cumprimento de metas orçamentárias.

Há atualmente carência de um plano de pesquisas estratégicas para o setor elétrico, onde pudessem ser utilizados os recursos hoje armazenados no CT-Energ, resultando num fluxo financeiro de longo prazo que permitiria a manutenção de núcleos regionais de pesquisa.

A Figura 4 mostra a distribuição geográfica percentual aproximada das fontes da parcela dos recursos da Lei 9991 aplicada diretamente pelas concessionárias e controlada pela ANEEL. O estado com maior participação nas aplicações em P&D é o Rio de Janeiro devido à concentração de sedes de empresas elétricas ali localizadas, o que abre perspectivas ao desenvolvimento de núcleos locais de P&D elétrica.

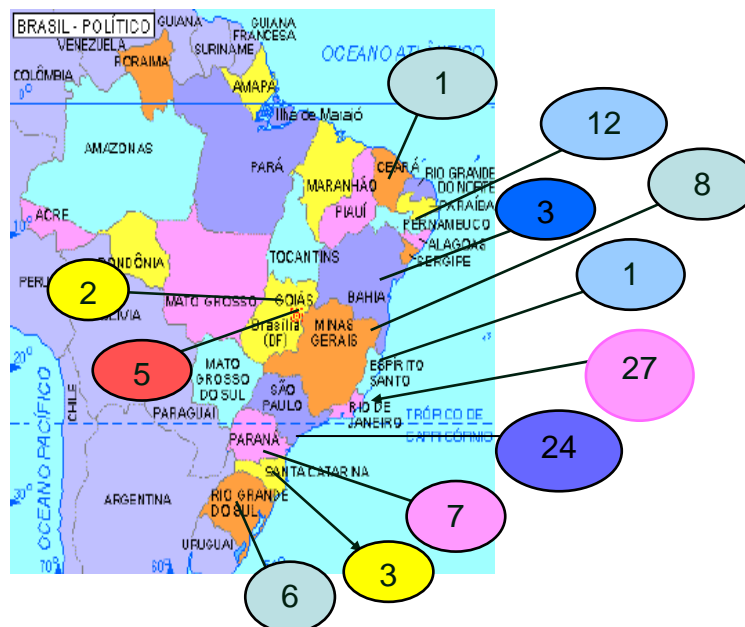


FIGURA 4: Distribuição Geográfica Percentual das Fontes de Aplicação em Projetos ANEEL

Se de um lado a contratação direta dos chamados projetos de P&D ANEEL é de livre escolha das concessionárias, de outro, a contratação dos projetos estratégicos setoriais, com recursos do CT-Energ, deveria

estar abrigada sob um plano que objetivasse mudar o patamar dos serviços de energia elétrica no Brasil. E qual é esse plano? Onde está ele? Como serão preservadas as competências setoriais adquiridas nesses projetos estratégicos?

Seria necessário antes de tudo mapear as necessidades do setor e estabelecer linhas estratégicas de P&D, definir projetos estratégicos prioritários e intuições líderes para esses projetos, de acordo com suas competências e especificidades.

Os projetos de cada linha de pesquisas seriam distribuídos por instituições executoras, atuando em redes cooperativas, sob coordenação da instituição líder, como forma de disseminar o conhecimento e as oportunidades de participação.

A estratégia ora descrita traria em seu bojo as seguintes vantagens:

- 1 – Viabilizaria projetos estratégicos de P&D no setor elétrico.
- 2 – Traria aos núcleos de pesquisa que estão nascendo suporte de médio e longo prazos para que pudessem se desenvolver sob projetos de maior alcance.
- 3 – A atuação cooperativa em redes desconcentraria o conhecimento que atualmente fica só com a instituição executora, diminuindo o risco de que se perca com a rotatividade de profissionais.
- 4 – O mapeamento prévio ( roadmap) das necessidades estratégicas do setor elétrico, sua priorização e a sua transformação em projetos daria muito bom uso a cada Real saído do CT-Energ

Resta apenas que os recursos hoje disponíveis nos Fundos Setoriais sejam disponibilizados conforme a Lei 9991/2000.

## 7.0 - CONCLUSÕES

Do exposto pode-se concluir que:

- 1 – A expansão do sistema elétrico brasileiro necessária ao desenvolvimento do país está entre as maiores do mundo e clama por soluções tecnológicas.
- 2 – Existem atualmente, no Brasil, leis e regulamentos que incentivam a pesquisa em energia elétrica.
- 3 – São áreas prioritárias de P&D: Novas Fontes Renováveis de Energia e Geração Distribuída; Transmissão de Energia Elétrica e Gás Natural; Conservação e Eficientização de Energia; Universalização do Uso de Energia Elétrica; Planejamento, Produção e Comercialização de Energia.
- 4 – A Lei 9991/2000 e os Fundos Setoriais incentivaram a criação e revitalizaram núcleos de P&D em universidades, distribuídos pelo país.
- 5 – Há um vazio em projetos estratégicos devido ao contingenciamento de recursos do CT-Energ que afeta a sustentabilidade dos núcleos de P&D.
- 6 – O IEPUC defende a liberação dos recursos do CT-Energ e a atuação em redes cooperativas para a execução de projetos estratégicos como forma de permitir o crescimento e abrir oportunidades aos núcleos de pesquisa em energia elétrica que despontaram no país com a criação da Lei 9991.

## 8.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) – Ministério de Minas e Energia - A Política Energética e Mineral na Estratégia de Desenvolvimento Sustentável – Agosto de 2004
- (2) – International Energy Agency – World Energy Outlook 2004
- (3) - International Energy Agency – Electricity Information 2004
- (4) - World Energy Council – Energy Technologies for the 21<sup>st</sup> Century – Relatório de Grupo de Estudo.

(5) – DRUMMOND,M; et Al: Alternative Sources of Energy and Brazilian Development; Seminário Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento: Papel da Empresa e do Estado; Instituto de Pesquisas de Relações Internacionais - São Paulo, 23 e 24 de outubro de 1997.