



**cg ee**

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos  
*Ciência, Tecnologia e Inovação*

---

# **Propostas de Investimento do País em Linhas de P&D para a Área de Geração de Energia Elétrica**

*Centro de Gestão e Estudos Estratégicos*

Maio, 2001





cgée

**2001** maio



**CTEnerg**  
Secretaria Técnica  
do Fundo Setorial de Energia

Propostas de investimento do país em linhas de P&D  
para a área de geração de energia elétrica



Centro de Gestão e Estudos Estratégicos  
*Ciência, Tecnologia e Inovação*

## **Propostas de investimento do país em linhas de P&D para a área de geração de energia elétrica**

Estudo encomendado pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) e elaborado pelo Coordenador do Programa de Planejamento Energético da COPPE/UFRJ, Maurício Tiomno Tolasquim, e pelo Doutorando do Programa de Planejamento Energético da COPPE/UFRJV, Jeferson Borghetti Soares.

### **Introdução**

Este documento objetiva apresentar sugestões de linhas de P&D na área de eletricidade no Brasil, elegíveis ao acesso de financiamento através de recursos oriundos do Fundo Setorial de Energia – CTENERG. Apresentam-se aqui, portanto, propostas de prioridades de pesquisa relacionados à área energética, sobre os quais acreditamos ser pertinente envidar esforços, vislumbrando-se a utilização mais racional de fontes energéticas tanto do ponto de vista técnico, quanto do ponto de vista econômico.

O financiamento e a estruturação de linhas de P&D para o país na área de geração de energia elétrica são essenciais devido não somente ao momento que o país atravessa atualmente, mas também à escassez deste insumo e, principalmente, ao principal dividendo destes projetos, que é o fornecimento de subsídios para a definição de políticas de incentivo para as alternativas energéticas sustentáveis ambientalmente que se mostrem atraentes/convenientes para o país. Estas políticas, de fato, necessitarão da adequada definição de critérios, de forma a potencializar a atuação dos agentes responsáveis pela geração de energia no país<sup>1</sup> e evitar que o consumo de energia seja um gargalo para o desenvolvimento econômico do país.

Ademais, a definição clara da política energética do país para o médio/longo prazo deve permanentemente integrar a agenda política do governo, caso se almeje a uma economia dinâmica e eficiente do ponto de vista energético-econômico e sustentável do ponto de vista ambiental. Neste sentido, de apontar ações para o desenvolvimento de uma dada alternativa em conformidade com os

---

<sup>1</sup> Aqui o conceito relativo a estes agentes inclui tanto as firmas responsáveis pela expansão da oferta quanto os consumidores finais, também responsáveis pela geração de parcela adicional de oferta de eletricidade, através da adoção de medidas de uso eficiente de energia.

objetivos do país, deve se inserir o escopo das linhas de pesquisa e desenvolvimento aqui propostas. Não menos importante do que estudar alternativas de geração de eletricidade para o país, a estratégia de utilização de energia pelo país pode levantar a discussão do perfil do setor produtivo do país, notadamente o setor industrial brasileiro, responsável pelo consumo de cerca de 44% de toda a eletricidade produzida no país e de 37% de toda a energia como um todo. Redirecionar o perfil produtivo do país para indústrias de produção de bens de maior valor agregado, pode proporcionar ao Brasil uma inserção mais competitiva a nível global e neste âmbito, a discussão da política industrial futura em sintonia com suas implicações energéticas, entre outras, é de grande importância. Embora saibamos que tal questão fuja, a priori, do escopo de projetos elegíveis ao acesso de recursos oriundos do CTENERG, é importante que tal tema seja abordado e debatido entre os diversos atores responsáveis pela definição de política industrial, sendo que o CTENERG pode ser um dos atores neste processo.

Do ponto de vista de disponibilização de energia elétrica ao país, consideramos pertinente propor linhas de P&D que abordem os seguintes temas: (1) Cogeração a gás natural; (2) Promoção de uso eficiente de energia; (3) Gerenciamento pelo lado da demanda; (4) Geração distribuída; (5) Desenvolvimento de ferramentas de planejamento para o setor energético brasileiro; (6) e redirecionamento do perfil produtivo do setor industrial brasileiro. Dentro do âmbito deste “*position paper*”, a importância destas linhas é exposta com maior clareza nas páginas a seguir.

## 1- **Justificativa das propostas de linhas de P&D**

### **2.1- Cogeração: produção combinada de calor e eletricidade**

O aumento da oferta de gás natural no Brasil devido às importações oriundas da Bolívia e Argentina, além da expectativa de aumento da produção nacional de gás natural configura um contexto propício à utilização de gás natural na geração de eletricidade. No contexto energético brasileiro atual, assim como para os próximos anos, configura-se no país a existência de superávit de gás – atualmente em cerca de 28 milhões de Nm<sup>3</sup>/dia de gás natural<sup>2</sup> - e déficit de energia elétrica.

Pela característica intrínseca de mercados consumidores de gás natural, os investimentos em E&P, gasodutos de transporte e malhas de distribuição dependem da existência de volume de consumo regular e elevado para sua viabilização, e uma das razões para a existência deste superávit na oferta de gás deve-se ao fato do PPT (Programa Prioritário de Termelétricas) não ter evoluído no ritmo inicialmente desejado. Põe-se aqui o imperativo de se analisar opções viáveis de destinação do gás natural no país.

---

<sup>2</sup> Montes (2001).

A tecnologia de cogeração, que envolve a produção combinada de calor e eletricidade numa mesma instalação, proporciona uma alternativa de aproveitamento mais racional de fontes primárias de energia, pois o rendimento de utilização do gás natural pode, neste caso, situar-se entre 80-90%. Para efeito de comparação, a produção de eletricidade em usinas termelétricas operando em ciclo combinado permite, em bons casos, obter-se eficiência de conversão de até 55%. Além do aspecto da eficiência, outras vantagens incluem a postergação do investimentos em unidades centralizadas de produção de eletricidade, redução dos investimentos em linhas de transmissão, redução das perdas decorrentes do transporte de eletricidade a longas distâncias<sup>3</sup>, redução dos impactos ambientais causados pelas obras de grandes unidades centralizadas de produção de eletricidade, como é o caso de usinas termelétricas e hidrelétricas e decréscimo das emissões de poluentes - entre eles o dióxido de carbono, principal gás relacionado à intensificação do efeito estufa. Este último aspecto contribui para um melhor posicionamento do Brasil em negociações internacionais quanto à gases de efeito estufa (Pinheiro, 2001).

Outras justificativas para implementação de sistemas de cogeração incluem a mesma inserir-se como: (1) resposta rápida para expansão da geração elétrica; (2) fator de aumento da competitividade industrial; (3) mecanismo de captação de capital privado para investimento na geração elétrica; (4) fator de aumento da confiabilidade do sistema elétrico brasileiro; (5) e, finalmente, proteção aos consumidores contra falhas e restrições no seu fornecimento de energia (Szklo, 2001).

De acordo com estudos da Eletrobrás, existe no país significativo potencial de cogeração, especialmente no setor industrial, destacando-se como mais promissores os setores químico, de papel e celulose, refino, siderúrgico e sucro-alcooleiro, que poderiam adicionar, no médio prazo, ao sistema elétrico nacional cerca de 12,5 GW em capacidade instalada (Eletrobrás, 1999).

Entretanto, a situação atual não configura o aproveitamento adequado deste potencial de cogeração, devido principalmente a questões de ordem econômica e institucional. De forma similar, instalações de cogeração em usuários do setor terciário, tais como *shopping centers*, hospitais, hotéis, aeroportos, prédios comerciais e públicos, tem sua viabilidade condicionada à escala de operação e aos preços relativos do combustível e da eletricidade, bem como o modo de gerenciamento de curva de carga.

Pelas evidentes vantagens do ponto de vista do rendimento no uso do gás e do ponto de vista ambiental, bem como do contexto de superávit de gás e déficit de energia justifica-se a condução de estudos que analisem as barreiras ao desenvolvimento da cogeração no país e que proponham soluções para perpassar as mesmas. Estas barreiras incluem tanto aspectos econômicos como níveis tarifários da demanda suplementar de reserva (*back up*) e de venda de excedentes elétricos à rede,

---

<sup>3</sup> As perdas em transmissão e distribuição podem chegar, em alguns anos, a 20% da energia gerada.

competitividade do uso do gás, aspectos relacionados à expansão da malha de distribuição de gás, quanto institucionais, no sentido de definir regras claras. Para fins de ilustração, a experiência internacional (incluindo países como os Estados Unidos, França e Holanda) mostrou ser a possibilidade de transação dos excedentes elétricos uma grande propulsora de investimentos em sistemas de cogeração, mesmo em determinados segmentos dos setores comercial e industrial que tradicionalmente relutavam em adotar a cogeração (Szklo, 2001).

A condução de estudos sobre cogeração possibilitará aos agentes envolvidos ter parâmetros objetivos de negociação, além de subsidiar a formulação de política energética para a alternativa. Além disso, estudar as estratégias de posicionamento das companhias de eletricidade junto a usuários potenciais da tecnologia de cogeração também permitirá compreender outros propulsores de desenvolvimento da cogeração, isto é, que fatores, além dos econômicos e institucionais, colaboram para a instalação de unidades de cogeração. Desdobrando-se os sub-temas para estudos de cogeração, sugerem-se: (a) impacto de níveis tarifários (gás e eletricidade) sobre a viabilidade das instalações de cogeração; (b) aspectos relacionados à conexão do cogerador à rede; (c) influência do mercado competitivo de eletricidade sobre a instalação de unidades de cogeração; (d) inserção da cogeração no Brasil em projetos de MDL; (e) estratégias e posicionamento dos agentes do mercado quanto ao investimento em cogeração; (f) aspectos técnico-econômico-institucionais ligados à expansão da malha de distribuição de gás natural.

## ***2.2- Uso eficiente de energia***

O uso eficiente de energia normalmente se apresenta como uma alternativa do aumento da oferta de eletricidade que traz resultados positivos para a economia, independente do cenário energético que se esteja vislumbrando. Assim, é possível ao setor produtivo produzir maior quantidade de bens, postergando-se a necessidade de expansão do sistema nacional de geração de eletricidade. Ao postergar estes investimentos, também contribui para a redução de custos de produção da indústria e comércio, por exemplo, pois evita a exploração de fontes com custos marginais crescentes de exploração. Constitui-se numa medida que permite à sociedade como um todo utilizar menos energia, sem reduzir o seu nível de conforto, ou ainda, possibilita produzir a mesma quantidade de um dado bem utilizando menor quantidade de energia.

Benefícios do uso eficiente de energia incluem ainda a migração para tecnologias mais eficientes na utilização de energia (atualização tecnológica do país) e geração de empregos melhor distribuídos temporal e espacialmente. Alternativas de aumento da capacidade de oferta de energia implicam, por exemplo, em deslocar grande efetivo de pessoal em regiões geográficas específicas por um período de tempo determinado. Há de se considerar também a significativa redução de impactos ambientais com o uso eficiente de energia, uma vez que projetos de unidades de geração

centralizada normalmente são bastante impactantes ao meio ambiente, tanto pelo porte do empreendimento em operação quanto pelos impactos gerados na construção da usina. Percebe-se, pois, o efeito multiplicador da conservação que, ao mesmo tempo em que dinamiza a economia, tem implicações evidentes sob o ponto de vista ambiental (Poole et al, 1995; Delgado, 1996).

Os benefícios da adoção do uso eficiente de energia na economia são evidentes e podem ser mensurados pelos indicadores obtidos pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), que no período 1986-1995 proporcionou ao país evitar investimentos na expansão da oferta da ordem de R\$ 1,0 Bilhão, evitando a instalação de 407 MW, economizando cerca de 2,2 TWh. Tais projetos apresentaram, como indicador positivo, relações benefício-custo médias superiores a 10 (Delgado, 1996), mostrando o efeito positivo obtido através de projetos de estímulo ao uso eficiente de energia. Entretanto, mesmo com os resultados obtidos, observa-se ainda existir grande potencial de “conservação de energia” no país. De fato, estima-se que o potencial técnico de “conservação de energia” corresponda a 0,96 TWh/ano, enquanto que um potencial de mercado corresponderia a 0,48 TWh/ano. Várias barreiras explicam a não correspondência entre potencial realizável e potencial realizado. Vale lembrar que o país não estaria atravessando este momento de escassez se tivesse investido mais no desenvolvimento de ações para o uso eficiente de energia. Mesmo em países industrializados com tradição mais liberal na formação de preços de energéticos, a simples sinalização de preços não é suficiente para que as ações de conservação de energia tomem forma. Deste modo, torna-se necessária a ação do Estado na promoção destas ações.

Ao se confrontarem os resultados obtidos pelo Procel e os realizáveis, ainda que se constituam limites superiores de potencial, vemos o enorme campo de ação na área de conservação de energia. Conservar é uma alternativa normalmente de baixo custo, mas isto dependerá, entre outras coisas, da alternativa, do usuário e da taxa de desconto do usuário, por exemplo. Usuários do segmento residencial tendem a dar preferência a altas taxas de desconto, por vezes superiores a 50 % a.a. Estudos que apontem soluções para perpassar as barreiras devem ser conduzidos.

No que tange ao uso eficiente de energia, as propostas de temas a serem financiados incluem: (a) projetos de educação e treinamento em eficiência energética, desde o ensino fundamental até os funcionários de empresas; (b) levantamentos setoriais de potencial de conservação de energia; (c) criação de banco de dados de tecnologias eficientes de utilização de energia e estruturas de disseminação da informação; (d) instrumentos de incentivo à adoção da prática do uso eficiente de energia; (e) desenvolvimento tecnológico de equipamentos mais eficientes na utilização de energia.

### 2.3- Gerenciamento pelo lado da demanda (GLD)

O conceito de gerenciamento pelo lado da demanda envolve o direcionamento de esforços na gestão da carga e eficiência energética no nível do consumidor final. Além destes aspectos, programas de GLD podem incluir também a substituição inter-energéticos. Tal é este último caso, na troca do sistema de aquecimento de água que antes utilizava eletricidade (através de resistência elétrica) para aquecimento pela queima de gás canalizado. Outra medida, neste sentido, inclui a climatização de ambientes baseada em máquinas de absorção, utilizando-se a queima de gás natural, em ciclos de refrigeração por absorção. Tais medidas permitem achatando o pico da curva de carga elétrica do sistema, redundando na necessidade de menores requisitos de instalação de capacidade de geração.

Em especial, no caso de armazenamento de energia térmica para geração de frio, além de retirar uma determinada demanda de potência do horário de ponta, tornando a utilização da capacidade de geração mais bem distribuída, também gera-se como benefícios ao usuário menor custo médio com a eletricidade, quando há a diferenciação da tarifa por período do dia. Neste caso, o usuário melhora sua competitividade quanto aos custos de produção. Esta também é a essência dos programas de GLD aplicados por algumas concessionárias para o setor residencial.

Assim, o investimento em programas de GLD traz como benefícios: (1) disponibilização de potência ao sistema; (2) melhoria no serviço prestado pela concessionária de distribuição; (3) eficiência energética; (4) postergação de investimentos na expansão do sistema; (5) impactos ambientais evitados pela não expansão do sistema de geração de eletricidade (Galvão et al, 1998); (6) e, um dos mais importantes dividendos, a criação de consciência da sociedade sobre a importância da eficiência na utilização da energia. Do ponto de vista do benefício para as distribuidoras de eletricidade, além de certo grau de customização do cliente, ao assegurar-lhe energia de melhor qualidade no fornecimento de energia, emergem oportunidades de desenvolvimento de novas frentes de negócio, o que sempre gera benefícios positivos para a economia como um todo, tais como geração de empregos diretos e indiretos, arrecadação de impostos, etc.

No Brasil, pesquisa realizada em 1998 apontou economia de energia superior a 472 GWh/ano devido a programas de GLD, dentro de um universo de pesquisa incluindo apenas empresas concessionárias de energia (Jannuzzi et al, 1996). Como programas de GLD são assunto relativamente recente no país, cabe: investigar os setores onde estas medidas seriam mais adequadas e identificar oportunidades de *'trade off'* entre alternativas de oferta, como pode ser o caso na avaliação entre programas de GLD e instalação de unidades de cogeração num dado usuário. De acordo com a pesquisa citada, outros resultados significativos destes programas envolveram a

postergação de investimentos de cerca de US\$ 10 Milhões em transmissão e US\$ 8 Milhões em motorização de usinas (Campos Filho et al, 1998).

No que tange à substituição inter-energéticos, a substituição da eletricidade pela energia solar, em aplicações para aquecimento de água, por exemplo, permite retirar a demanda devida ao uso de chuveiro elétrico de um consumidor residencial, que normalmente ocorre no período da ponta do sistema elétrico nacional.

Em geral, coletores solares são dispositivos tecnologicamente simples e aplicáveis a localidades com pequena demanda de energia e custos de investimento baixos, com retorno entre 5-7 anos (Benallou e Bougard, 1996). Seu campo de aplicação vai desde o fornecimento de água quente para o uso doméstico, aquecimento de piscinas, podendo ser utilizados inclusive em aplicações de climatização e refrigeração de alimentos, dependendo da tecnologia do coletor solar empregado. Os coletores térmicos, entretanto, tem seu uso mais freqüente no aquecimento de água para fins domésticos e comerciais. Outra aplicação do aproveitamento da energia solar inclui o uso em regiões agrícolas para estufas e secagem de materiais de colheita, expediente que aumenta o valor de mercado do produto agrícola.

Sub-temas propostos para P&D em GLD: (a) identificação de “*trade off*” entre as alternativas de geração; (b) avaliação da competitividade entre fontes substitutas; (c) Sistemas de incentivo à adoção de programas de GLD.

#### **2.4- Geração distribuída:**

O conceito de geração distribuída envolve a geração e armazenamento de energia de forma modular e em instalações situadas próximas do usuário final, podendo estar conectadas ou não à rede de distribuição. As principais tecnologias de geração distribuída incluem: (1) geração através por uso de biomassa (lixo urbano e rejeitos agrícolas); (2) geração eólica; (3) Geração por aproveitamento de energia solar; (4) células combustíveis; (5) sistemas turbo e motogeradores; (6) microturbinas; (7) e, sistemas de armazenamento de energia. Uma das principais características deste conceito de geração relaciona-se ao porte das unidades instaladas, normalmente variando entre alguns kW e dezenas de MW, dependendo da tecnologia adotada e do usuário (DOE, 2001). A evidente vantagem do uso destes sistemas é a redução de perdas de transmissão de eletricidade a médias/longas distâncias, fato especialmente relevante no nosso país.

O excesso de oferta de gás no curto/médio prazo no Brasil configura uma oportunidade de investimento em sistemas de geração distribuída baseados no uso de gás natural, tais como motogeradores, turbogeradores, microturbinas e células combustíveis. Entretanto, há de se ressaltar que nem toda a tecnologia de geração distribuída é prontamente aplicável, principalmente no que tange a custos destes equipamentos e a formas de comercialização. Tal é o caso das células

combustíveis, cujo custo situa-se hoje entre US\$ 1.500-3.000/kW, em contraponto à tecnologia de geração que emprega motores e turbinas a gás, com custos de capital entre US\$ 250-600/kW e US\$ 300-600/kW, respectivamente (Almeida e Bicalho, 2000).

Vale lembrar a vocação do Brasil no uso de fontes renováveis, já que mais de 90% da capacidade instalada de geração de eletricidade vem do uso de energia hidráulica. Portanto, configura-se a importância de conduzir ações para a realização deste potencial devido ao emprego de fontes renováveis de energia, o que pode ser resultado da promoção da capacitação nacional nestes equipamentos, desenvolvendo-se soluções próprias e adequadas ao país, bem como analisando-se a estrutura de incentivos econômico-institucionais para alavancar o emprego destas fontes.

Aspectos tais como a sazonalidade, flutuação diária da oferta e disponibilidade regional das fontes renováveis devem ser considerados. Tecnicamente, a principal questão a ser enfrentada é o aumento da eficiência de conversão em energia elétrica, situada entre 10-12%, estando abaixo do rendimento do mais ineficiente ciclo térmico de produção de eletricidade, utilizando turbinas a vapor, com cerca de 25% de eficiência e custos de capital substancialmente menores. A baixa eficiência na conversão da energia solar implica, ainda, na necessidade de grandes áreas para instalação de coletores solares.

Uma das principais barreiras à entrada destas fontes renováveis na produção de eletricidade é o alto custo de geração comparado ao das alternativas tradicionais. Os custos de geração solar fotovoltaica são substancialmente maiores do que aqueles observados para a geração térmica e hidrelétrica, com custos de instalação oscilando entre US\$ 5.000-10.000/kW<sup>4</sup>, sendo demasiadamente altos para vislumbrar uma penetração imediata e competitiva destes sistemas de geração, do ponto de vista econômico, sem o incentivo do Estado. Por outro lado, o aproveitamento da energia eólica no país mostra-se cada vez mais competitivo em relação às demais fontes alternativas de energia. De fato, Dutra (2001) mostra ser possível obter taxas internas de retorno entre 8-14% a.a. para turbinas de geração eólica com porte situadas entre 250-1.500 kW, assumindo-se valor normativo de R\$ 118,59/MWh, sendo o desempenho financeiro do projeto melhorado para taxas entre 10-20% a.a. ao se permitir acesso a financiamento dos equipamentos.

Como se percebe, a competitividade e a inserção de fontes renováveis na matriz energética é condicionada por fatores naturais (variabilidade sazonal, diária e geográfica), fatores tecnológicos (eficiência de conversão de energia) e fatores econômicos (custo de capital da alternativa de geração) que, conjugados ao ritmo e magnitude de consumo de energia pela sociedade, fazem com que estas fontes sejam, predominantemente, soluções locais e complementares ao sistema principal

---

<sup>4</sup> Custo "turn key". Fonte: Almeida & Bicalho (2000).

de oferta de energia do país, agindo como uma “medida de conservação”, reduzindo a demanda da água dos reservatórios e de combustíveis fósseis.

Como temas a serem abordados para a dinamização do uso de fontes alternativas de energia, acreditamos ser pertinente incentivar o mapeamento das fontes alternativas no território nacional, em base geográfica e sazonal, de modo a obter um banco de dados que permita ao país, seja na figura do estado, seja na figura do empreendedor privado, desenvolver estudos de viabilidade para a aplicação destas fontes de energia alternativa disponíveis no Brasil. Além disso, é conveniente dispor-se de base de dados que permita efetuar o planejamento da expansão do sistema de forma mais confiável. Importantes também são as ações que contribuem para a redução do custo associado ao uso destas fontes, seja por meio da condução de estudos sobre a estrutura de incentivos mais adequada (econômica e/ou institucional), seja através da promoção de projetos que permitam ao país dominar a tecnologia de utilização da fonte<sup>5</sup>, que gera como efeito multiplicador, a capacitação tecnológica do país e a geração de empregos associados ao desenvolvimento da indústria de equipamentos e pesquisa. No campo das tecnologias de geração distribuída que utilizem gás natural como insumo energético básico, importa abordar questões comuns à cogeração (também conceituada como uma tecnologia de geração distribuída), no que tange ao preço competitivo do gás e aspectos institucionais correlatos ao mesmo.

Sub-temas propostos: (a) inventário e criação de banco de dados sobre regiões potencialmente produtoras de eletricidade por fontes renováveis, assim como informações de tecnologias de aproveitamento deste potencial; (b) análise de estrutura de incentivos econômico-institucionais por fonte renovável; (c) capacitação nacional no desenvolvimento de tecnologia aplicada ao emprego de fontes renováveis; (d) aspectos ligados à complementação e interligação destas fontes à rede. Isto inclui aspectos tais como conexão física à rede, ao mesmo tempo que aspectos relacionados à qualidade e à comercialização da energia disponibilizada na rede da concessionária; (e) Apoio ao estabelecimento de um laboratório nacional de avaliação de componentes e sistemas - há uma avaliação em curso no CEPEL; (f) Fortalecimento da indústria nacional de módulos fotovoltaicos, equipamentos periféricos e acessórios, minimizando o impacto da importação de equipamentos; (g) Associação e/ou participação do Brasil em esforços globais de desenvolvimento tecnológico (PVPS-AIE<sup>6</sup>, PVGAP<sup>7</sup>); (h) Desenvolvimento industrial de itens intensivos em mão de obra e periféricos para sistemas; (i) Desenvolvimento aerodinâmico de aerogeradores adequados às condições tropicais do Brasil.

---

<sup>5</sup> E adequá-las de acordo com as particularidades do país, como é o caso da “tropicalização” do projeto de aerogeradores.

<sup>6</sup> PVPS – *Photovoltaic Power Systems* – Força-tarefa da Agência Internacional de Energia voltada exclusivamente para a análise da aplicação de sistemas fotovoltaicos.

<sup>7</sup> PVGAP – *Photovoltaic Global Approval Program* – Iniciativa mundial para definição de padrões e metodologias para garantia de qualidade de componentes e sistemas.

## ***2.5- Desenvolvimento de ferramentas de planejamento para o setor energético brasileiro***

A crise energética que o país atravessa atualmente reforça a importância do planejamento energético como forma de promoção do desenvolvimento do setor energético brasileiro, antecipando a demanda de energia e potência do país, permitindo antever questões relativas à expansão do sistema elétrico nacional. Neste contexto, o desenvolvimento/aprimoramento destes instrumentos de planejamento, é fundamental.

O desenvolvimento/aprimoramento destas ferramentas envolve a modelagem do sistema energético, podendo ser realizada tanto sob a lógica *top-down* quanto sob a lógica *bottom-up*, em um nível mais desagregado de análise, considerando aspectos tecnológicos particulares de cada agente do mercado de energia, tais como eficiência de equipamentos de geração/consumo final, modo de gerenciamento da curva de carga elétrica, etc.

Existem vários méritos no desenvolvimento destas ferramentas: primeiramente, elas permitem avaliar a evolução de variáveis relacionadas a oferta/consumo de energia em cenários prováveis; em segundo lugar, elas servem de apoio ao analista/tomador de decisões na área energética, facilitando, inclusive, a análise de políticas de incentivo a determinados aproveitamentos energéticos; finalmente, o desenvolvimento de métodos lógicos de análise também representa um ganho metodológico e a possibilidade de implementação de novos bancos de dados. Com efeito, embora os resultados obtidos em cada cenário dependam das hipóteses assumidas como dados de entrada na análise e delineiem uma estimativa do comportamento do mercado de energia, dentro das assertivas assumidas, a utilidade destas ferramentas é inegável. Inerentes ao processo de modelagem/projeção são as incertezas oriundas da forma de abordagem do problema e da limitada capacidade humana de antever o futuro. Os resultados obtidos pela utilização de modelos de avaliação devem ser analisados com as devidas ressalvas, mas sempre tendo em mente que o seu principal objetivo é capturar tendências e a sensibilidade de resposta do sistema energético.

Entre as variáveis que podem ser modeladas por ferramentas de análise, podem ser citadas, por exemplo, o consumo anual de energia, a demanda de potência instalada do setor elétrico, o nível de investimentos necessários ao atendimento da demanda de energia, a competitividade entre as alternativas, as barreiras econômicas e institucionais ao desenvolvimento de uma dada alternativa tecnológica.

Assim, por exemplo, o uso de ferramentas de análise permite obter respostas sobre o impacto de variáveis, tais como a taxa de crescimento da demanda de energia num dado horizonte de tempo – efeito atividade, o modo de gerenciamento do uso de energia pelo usuário final, a taxa de urbanização, o perfil produtivo do país – efeito estrutura, e o nível de atualização tecnológica da

indústria, sobre as necessidades de expansão, tanto em termos de capacidade instalada quanto em termos de montante de investimentos e esforço institucional/do mercado necessários para viabilizar alternativas energéticas (Tolmasquim & Szklo, 2000). Adicionalmente, ferramentas deste tipo auxiliam no posicionamento do governo quando envolvido em negociações internacionais, tais como a relacionada à criação de mercados de negociação de créditos de emissão de CO<sub>2</sub>, mercado que começa a ser criado no mundo e no Brasil, particularmente (Pinheiro, 2001).

Enfim, uma miríade de respostas indicativas pode ser obtida através do uso de ferramentas de projeção/análise, possibilitando o planejamento e o adequado posicionamento do setor energético quanto ao futuro. Além de considerar os usos de energia elétrica por usuário, face a nova realidade de expansão do sistema de geração de eletricidade, principalmente via termoeletricidade, imperativo se faz que estes modelos permitam vislumbrar com adequado grau de precisão, a interface existente no consumo de combustíveis e a geração de eletricidade. Por exemplo, na expansão da capacidade instalada através do gás natural, quaisquer restrições, sejam elas de caráter econômico ou emergencial, que venham afetar a oferta deste energético, terão, por consequência, impactos sobre a oferta de eletricidade. De forma similar, avaliar como evoluirá o setor de transportes no país pode impor diferenças nos resultados obtidos. Por exemplo, havendo expansão do uso de transporte ferroviário no país, este impacta a projeção da demanda futura de eletricidade.

## ***2.6- Redirecionamento do perfil produtivo do setor industrial brasileiro.***

O setor industrial brasileiro é um importante setor consumidor de energia, tendo respondido pelo consumo em torno de 44% de toda a eletricidade produzida no país e 37% de toda a energia como um todo. Ao mesmo tempo, contribuiu com 28,5% do Produto Interno Bruto brasileiro (MME, 2000), o que demonstra ser este setor bastante significativo na economia nacional e na demanda de energia. Outra característica do setor industrial é que alguns segmentos com participação baixa na composição do PIB respondem por mais de 20% de toda a demanda de energia do setor. Embora não represente necessariamente a disponibilização de energia e nem uma parcela de oferta devido à conservação propriamente dita, o redirecionamento do perfil produtivo brasileiro implica em um “uso eficiente, sob o prisma econômico, da base de recursos energéticos disponíveis no país”.

Efetivamente, como resultado do perfil de produção do país, conjugado à desvalorização monetária da sua produção ao longo do tempo, a intensidade energética (quociente entre consumo de energia/US\$ de PIB gerado) tem crescido, o que significa que para gerar US\$ 1 de PIB é necessário o consumo de quantidades crescentes de energia, embora em termos de eficiência de equipamentos estes setores tenham apresentado contínua evolução crescente, exatamente devido ao

peso da energia em seus custos de produção. O resultado do perfil produtivo energointensivo é sentido no balanço entre importações e exportações do país.

Assim, redirecionar o perfil produtivo brasileiro para setores de produção de bens de maior valor agregado proporciona ao país estar em contínuo processo de atualização tecnológica. No entanto, é importante também que ações sejam tomadas no sentido de fomentar o desenvolvimento de tecnologias nacionais. Ter uma estratégia de desenvolvimento do parque industrial apresenta impacto importante sobre o efeito atividade e o efeito estrutura. Estudos devem analisar, portanto, os impactos do redirecionamento do perfil produtivo brasileiro sobre o setor energético do país, abordando questões relacionadas ao próprio planejamento do sistema energético brasileiro, por exemplo, relacionadas à disponibilização/desenvolvimento de tecnologias mais eficientes de produção e à compreensão dos propulsores do desenvolvimento, tomando-se como base a experiência internacional, a articulação com associações industriais e a capacitação de recursos humanos.

Portanto, dentro da competência da área energética, para a alteração do perfil produtivo brasileiro, sua contribuição pode ser dada abordando-se os seguintes temas: (a) Criação de banco de dados de tecnologias eficientes no uso de energia; (b) incentivo ao desenvolvimento interno de tecnologias de produção mais eficientes; (c) avaliação impactos do redirecionamento do perfil produtivo brasileiro na matriz energética; (d) identificação dos propulsores de desenvolvimento desta mudança, estabelecendo-se políticas de incentivo adequados. Todos estes aspectos exigem uma ação integrada com agentes ligados à formulação de política industrial brasileira e agentes executores desta política, que são os próprios membros do setor produtivo.

## **2- Comentários finais da proposta**

Os temas propostos aqui para P&D foram selecionados dentro do princípio de utilização mais eficiente de energia e melhor posicionamento mundial do país quanto à sua economia. Embora centrada na geração de eletricidade, não se deve esquecer a grande interseção entre o mercado de energia elétrica e os mercados de outros energéticos, especialmente no momento em que o país planeja a expansão da base de oferta de energia elétrica através de plantas térmicas a gás.

As propostas aqui apresentadas mostraram interseções quanto aos temas. Assim, simultaneamente investir em cogeração representa a promoção do uso eficiente da energia, mas também pode significar aumento do que se conhece como geração distribuída. Eficiência energética, por sua vez, pode estar inserida dentro de programas de GLD. Investigar a geração solar térmica ao mesmo tempo em que transita no campo das energias alternativas, também se relaciona a medidas de GLD, por possibilitar o achatamento da curva de demanda por potência por usuário, e assim sucessivamente. Isto demonstra que as atividades de P&D aqui propostas, embora estejam

relacionadas em diferentes grupos, devem seguir uma abordagem integrada, a ser conduzida pela coordenação do fundo setorial.

Como linhas comuns de grande relevância para as atividades de P&D propostas, temos: (1) a formação de bancos de dados para alternativas de aproveitamento energético; (2) necessidade de capacitação nacional quanto às propostas, seja para o profissional encarregado de desenvolver os projetos, seja na educação ao cidadão comum; (3) levantamento de barreiras à implementação de medidas de eficiência energética e identificação de oportunidades de remoção das mesmas.

Com isto, pretende-se apontar os entraves ao desenvolvimento de cada alternativa energética, buscar soluções e parâmetros objetivos para formulação/proposição de políticas de incentivo, bem como para a negociação dos agentes presentes no mercado de energia.

### 3- Referências Bibliográficas

- Almeida, E. L. F.; Bicalho, R. O progresso tecnológico e o futuro da geração distribuída a gás. Revista Eletricidade Moderna. pp. 196-208. Agosto/2000.
- Bennalou, A.; Bougard, J.(coords.). Guide de l'Énergie Solaire. Le solaire thermique au service du développement durable. Réseau International d'Énergie Solaire (RIES). Belgique. 1996.
- Campos Filho, M. M. Administração de energia por subestações: o gerenciamento da demanda. Revista Eletricidade Moderna. Ano XXIV. nº 264. pp. 78-85. Março/1996.
- Delgado, M. A. P. Alternativas para o aumento da eficiência energética do Brasil: uma análise técnico-econômica para viabilização de motores elétricos e o caso das empresas de serviço de energia - ESE. Tese de MSc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 1995.
- DOE [U.S. Department of Energy]. What is distributed power. disponível em [http://www.eren.doe.gov/distributedpower/pages/whatis\\_frame.asp](http://www.eren.doe.gov/distributedpower/pages/whatis_frame.asp). Capturado em 01/01/2001.
- Dutra, R. M. Viabilidade técnico-econômica da energia eólica face ao novo marco regulatório do setor elétrico brasileiro. Tese MSc. COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro. 2001.
- Eletrobrás/MME. Estimativa do potencial de cogeração no Brasil. Grupo Coordenador do Planejamento dos Sistemas Elétricos (GCPS). Diretoria de Planejamento e Engenharia. 1999.
- Galvão, L. C. R.; Reis, L. B.; Udaeta, M. E. M.; Gimenes, A. L. V. GLD: o estado da arte no Brasil e suas perspectivas para o futuro. Revista Eletricidade Moderna. Ano XXVI. nº 286. pp. 143-159. Janeiro/1998.
- Geller, H. O uso eficiente da eletricidade. Uma estratégia de desenvolvimento para o Brasil. Rio de Janeiro. 1994.

- Henriques Jr., M. F. Uso da energia na indústria energo-intensiva brasileira: indicadores de eficiência e potencial de economia de energia. Tese MSc. COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 1995.
- Jannuzzi, G. M.; Santos, V. F.; Ugaya, C. M. Programas de administração da demanda para o setor residencial brasileiro. Revista Eletricidade Moderna. Ano XXIV. nº 264. pp. 107-110. Março/1996.
- Junqueira, L. P. Servindo O Mercado Pós Medidor: *District Cooling*. Apresentação do Superintendente de Mercado e Estratégia da Light SESA e Diretor da LightEsco. Encontro de negócios de energia. Ribeirão preto/SP. Agosto/2000.
- MME [Ministério das Minas e Energia]. Balanço Energético Nacional. Ano Base 1999. Brasília. 2000.
- Montes, P. M.; Schaeffer, R. O potencial de consumo de gás natural pelo setor industrial no Brasil. Revista Brasileira de Energia. Vol. 8. nº 1. pp. 79-109. 2001.
- Neto, V. C. Análise da viabilidade da cogeração de energia elétrica em ciclo combinado com gaseificação de biomassa de cana-de-açúcar e gás natural. Tese MSc. COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro. 2001.  
p.245-263, 2000.
- Pinheiro, A. J. Efeito-estufa abre um novo mercado para setor energético. Encarte do Jornal do Brasil: “A questão energética. Em busca de luz”. Rio de Janeiro. 13/05/2001.
- Poole, A. D.; Hollanda, J. B.; Tolmasquim, M. T. Os caminhos da Eficiência Energética no Brasil. Workshop INEE/ESMAP. Rio de Janeiro. 1994.
- Soares, J. B.; Szklo, A. S.; Tolmasquim, M. T. “Incentive policies for natural gas-fired cogeneration in Brazil’s Industrial Sector – Case Studies: Chemical Plant and Pulp Mill”. Energy Policy. Vol. 29. (3): 205-215. February 2001.
- Szklo, A. S.; Soares, J. B.; Tolmasquim, M. T. Economic potential of natural gas-fired cogeneration plant in Brazil: two cases studies. Applied Energy, Oxford, v.67,
- Szklo, A. S.; Tolmasquim, M. T. Strategic cogeneration fresh horizons for the development of cogeneration in Brazil. Applied Energy. 69 (4): 257-268. 2001.
- Tolmasquim, M. T.; Szklo, A. S. (coords.). A Matriz energética brasileira na virada do milênio”. ENERGE/COPPE. Rio de Janeiro. 2000.
- Tolmasquim, M.T, Szklo, A. S.; Soares, J. B.. Economical potential of natural gas-fired cogeneration plant at malls in Rio de Janeiro. Energy Conservation And Management. v.42, n.6, p.663-674, 2001.
- Trainer, F. E. “Can renewable energy sources sustain affluent society?”. Energy Policy. V. 23. nº 12. pp. 1009-1026. 1995.