



cgEE

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
Ciência, Tecnologia e Inovação

Uma proposta de áreas relevantes para atividades de P&D a serem implementadas pelo CT-Energ

*Roberto Schaeffer
Alexandre Salem Szklo*

Agosto, 2001



cg ee

2001 agosto



CTEnerg
Secretaria Técnica
do Fundo Setorial de Energia

Uma Proposta de Áreas Relevantes para Atividades de P&D a Serem Implementadas pelo CT-Energ



Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
Ciência, Tecnologia e Inovação

**UMA PROPOSTA DE ÁREAS RELEVANTES PARA ATIVIDADES DE P&D A SEREM IMPLEMENTADAS
PELO FUNDO SETORIAL DE ENERGIA -CTENERG**

Roberto Schaeffer e Alexandre Salem Szklo

Programa de Planejamento Energético –COPPE/UFRJ

Ilha do Fundão – Cidade Universitária – Centro de Tecnologia – Bloco C – Sala C-211. 21.945-970.

Tel: (21) 562-8770

roberto@ppe.ufrj.br

szklo@ppe.ufrj.br

INTRODUÇÃO

Este documento, destinado a atender solicitação do Fundo Setorial de Energia -CTENERG, tem como objetivo principal a proposição de atividades de P&D na área de energia – especialmente, na área de energia elétrica. Estas atividades devem tanto facilitar e orientar a implementação de soluções de curto prazo para a atual crise por que passa o setor elétrico brasileiro, quanto indicar e desenvolver projetos de interesse público de médio e longo prazos ambientalmente benignos.

Cabe ressaltar, também, que as atividades aqui propostas privilegiam a área de estudo e pesquisa científica e tecnológica, pertencendo ela ao campo onde os autores se sentem mais confortáveis para opinar. Tal fato não significa que outras áreas não sejam também relevantes.

De forma a tornar mais clara a exposição do conjunto de atividades de P&D aqui proposto, dividiram-se estas atividades em quatro grandes grupos temáticos: (1) Banco de Dados; (2) Conservação de Energia; (3) Estudos Tecnológicos; (4) Estudos Específicos. A seqüência do presente documento segue esta divisão.

(1) BANCO DE DADOS

A ausência de uma base única de dados em energia, capaz de compatibilizar dados setoriais, do IBGE e do Ministério de Minas e Energia, entre outros, é um fator de obstrução (ou de retardamento) não apenas da pesquisa acadêmica, mas também, e principalmente, da pesquisa aplicada em energia no Brasil. Ao assumir esta pesquisa papel cada vez mais relevante em relação ao entendimento dos problemas do setor energético brasileiro e à proposição de soluções para estes problemas, a compatibilização de dados - ou bases de informação - e o levantamento de dados adicionais sobre energia mostra-se tarefa imprescindível.

Compreenda-se bem que não necessariamente esta base de dados única em energia deve abarcar e/ou padronizar o conjunto de dados estatísticos disponíveis no Brasil. Muito ao contrário: o que se ressalta aqui é a necessidade de se levantar as metodologias utilizadas na obtenção, tratamento e classificação dos dados direta ou indiretamente relacionados ao consumo e oferta de energia no país e introduzir "tradutores" capazes de, rapidamente e de forma inteligível, garantir a compatibilização entre a base de dados única em energia e as outras bases de dados empregadas no país. Isto, entre outras vantagens, tornará possível ao analista da área de energia lidar, fácil e rapidamente, com diferentes fontes de dados em suas análises retrospectivas e em suas projeções.

Sendo assim, são consideradas atividades relevantes deste primeiro grupo temático de estudo proposto:

1.1. Levantamento dos dados de energia disponíveis no Brasil e das metodologias de tratamento destes dados.

- Comentário: embora o Balanço Energético Nacional possa ser tomado como a síntese dos dados em energia do país, existem várias fontes de dados primários e secundários de energia no país, com diferentes metodologias de obtenção e tratamento dos mesmos. Associações industriais e de consumidores de energia, por exemplo, produzem estes dados, mas nem sempre os classificam segundo o que é feito pelo Balanço Energético Nacional. Ademais, com a abertura do setor energético brasileiro, impende conhecer as bases de dados oriundas do setor privado da economia: sua regularidade, disponibilidade e confiabilidade.

1.2. Uniformização/compatibilização de dados primários e secundários direta ou indiretamente relacionados com o setor de energia: balanço de energia final; balanço de energia útil; contas nacionais; censos industriais e dados setoriais.

- Comentário: trata-se esta de uma atividade subjacente à atividade desenvolvida no item anterior, fundamental para criação de uma base de dados única em energia. Esta base, conforme já asseverado, além de sintetizar os dados em energia disponíveis no país (tarefa já adequadamente empreendida pelo Balanço Energético Nacional), tornará possível a “tradução” das diferentes fontes de dados e suas classificações existentes no Brasil. Uma vantagem primeira desta base de dados única será a elaboração de indicadores de desenvolvimento setorial para o país.

1.3. Levantamento de dados adicionais relativos aos combustíveis nacionais no que diz respeito a fatores de emissão de gases atmosférico, eficiência e condição de operação de equipamentos de uso final.

- Comentário: a emergência de novas questões para o setor energético torna imprescindível a obtenção de dados adicionais relacionados ao consumo e oferta de energia no Brasil, especialmente no que diz respeito à emissão de poluentes atmosféricos específicos da realidade nacional.

1.4. Criação de base nacional única, facilmente acessível, compreensiva e compatível com outras bases de dados disponíveis no país e em agências internacionais de pesquisa na área energética.

- Comentário: este é precisamente o objetivo principal do conjunto de atividades proposto neste grupo.

1.5. Criação de Matriz Insumo-Produto híbrida.

- Comentário: a matriz insumo-produto híbrida energética e ambiental representa uma base de dados de enorme valia para analistas da área de energia.

1.6. A disseminação e a obtenção de informações no mercado aberto de energia brasileiro

- Comentário: o novo contexto em que se insere o setor energético brasileiro torna imprescindível o estudo dos mecanismos de obtenção de informação junto a empresas privadas da área de energia. Efetivamente, a transição de um modelo concentrado em empresas estatais para empresas privadas faz com que a informação assuma características estratégicas. Destarte, a falta de mecanismos governamentais para a obtenção e disseminação de informação, a imperfeita definição de “informação estratégica” e, finalmente, o não estabelecimento de mecanismos de proteção para proteção destas

“informações estratégicas” devem dificultar a regulação e, mesmo, obstruir a tarefa fundamental de planejamento do setor energético brasileiro.

(2) MEDIDAS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA

2.1. Conservação de Energia Elétrica

De forma a tornar mais clara a exposição das atividades de P&D aqui propostas, o presente documento, primeiramente, discute alguns aspectos importantes da conservação de energia elétrica no Brasil. Após esta breve discussão, são apresentadas as atividades de P&D propostas.

As recentes transformações por que passou o setor elétrico brasileiro e a crise de abastecimento com que este setor se depara atualmente ressaltam as vantagens de medidas de conservação de energia elétrica. Com efeito, investimentos em conservação de energia elétrica representam, *mutatis mutandi*, o aumento da capacidade instalada de oferta do sistema elétrico brasileiro sem impactos ambientais consideráveis e com elevado benefício social. Estudos indicam, outrossim, que parte relevante das medidas de conservação de energia pode ser considerada sem arrependimento (*non-regret*) – i.e., tem custo nulo ou negativo para sua introdução e apresenta uma série de benefícios (principalmente externalidades ambientais positivas), sendo, no entanto, desestimulado por barreiras de mercado à conservação. Adicionalmente, mesmo algumas medidas de custo não nulo ainda têm baixo custo no Brasil, se comparadas às alternativas de geração elétrica de curto e médio prazos atualmente disponíveis no país. Por exemplo, os custos médios de economia energia elétrica no setor comercial, por exemplo, devem situar-se na faixa entre 14 e 45 US\$/MWh, enquanto que, para setor industrial, estes custos, no curto prazo, ficam em torno de 50 US\$/MWh. Para o setor residencial, por sua vez, os valores são ainda mais baixos, ficando em torno de 30 US\$/MWh, embora a faixa de variação de custo de medidas de conservação para este setor varie bastante, estando entre 3 e 600 US\$/MWh para uma taxa de desconto de 15% a.a..

Entre as medidas de conservação de energia elétrica disponíveis, são particularmente relevantes (e merecedores de estudos específicos):

- Sistemas avançados de iluminação: ganhos de eficiência energética podem ser atingidos através da combinação ótima entre tecnologias existentes e novas, a fim de atender exatamente os requerimentos úteis de iluminação. Ao contrário de outros equipamentos, grande parte das lâmpadas pode ser substituída em curtos períodos de tempo, o que favorece uma política de promoção de novas tecnologias. O aumento da eficiência através de sistemas avançados de iluminação significa: (1) melhorar a eficácia das lâmpadas; (2) atuar sobre o espaço que será iluminado (por exemplo, através de um maior uso de superfícies refletoras);¹ (3) atuar sobre as tecnologias de controle (*timer*, sensores de presença, sensores ativados por voz, sistemas inteligentes de *dimerização*). Algumas lâmpadas possuem, ademais, vantagens ambientais em relação a outras (por exemplo, lâmpadas "sem mercúrio").
- Controle, comunicação e medição: sistemas automáticos de controle e gerenciamento facilitam a seleção dos fornecedores de serviços energéticos de menor custo; adicionalmente, o desenvolvimento de sensores sofisticados aumenta a capacidade de medição e controle do uso da energia.

¹ Outro ponto importante também é definir a iluminação que proveja exatamente a necessidade de energia útil de cada espaço. Sistemas centrais, por exemplo, são necessários em espaços que requerem iluminação uniforme por um período de tempo razoável.

- Construções "auto-suficientes" em energia: a abertura do mercado de gás e de eletricidade, associada ao desenvolvimento de novas tecnologias de geração e estocagem de energia, abre aos consumidores residenciais e comerciais a possibilidade de se tornarem auto-suficientes e, mesmo, auferirem receitas com a venda de excedentes energéticos produzidos. Entre estas tecnologias, convém citar as micro-turbinas a gás (porte inferior a 50 kW), cujo custo de investimento deverá ficar na faixa entre 750 e 1000 US\$/kW (incluindo-se o equipamento de recuperação de calor). Outra tecnologia especialmente promissora é as células (ou pilhas) combustíveis, que podem revolucionar o uso de energia nos imóveis, fornecendo-lhes calor, água quente, eletricidade, com uma eficiência global de conversão acima de 80%. Têm elas ainda a vantagem de não disporem de partes móveis, operando sem ruído.² Por último, vale ainda mencionar as tecnologias solares - células fotovoltaicas e coletores solares para aquecimento de água. Os elevados custos dos sistemas fotovoltaicos (em torno de US\$ 7.000/kW, sem estocagem), no entanto, tornam-nos ainda pouco promissores.

- Sistemas avançados de maximização da eficiência de geração de energia elétrica em sistemas de cogeração industrial: compreende o arranjo de tecnologias disponíveis ou promissoras de forma inovadora, com vistas a maximizar a eficiência energética de usos finais específicos de plantas industriais. Entre as tecnologias, impende destacar os sistemas baseados em turbinas a gás de alta eficiência - ATS (43% para ciclo Brayton e 80-85% para cogeração), cuja emissão de carbono é reduzida (272 kgC/MWh - i.e., 29 a 73% menor do que a dos sistemas convencionalmente empregados).³ A emissão de NOx é de inferior a 9 ppm (para combustão de mistura combustível-ar não estequiométrica) e inferior a 5 ppm (para combustão catalítica). Podem ser usadas ou para geração isolada de eletricidade ou em sistemas de cogeração. O custo projetado destes sistemas é de 350 US\$/kW, o que torna o sistema competitivo para preços da eletricidade entre 30 e 40 US\$/MWh. Sistemas de cogeração ATS representam a opção de menor custo para redução das emissões de carbono do setor industrial, desde que os preços do gás não sejam muito reduzidos (o que torna o sistema CCGT mais custo-efetivo) ou muito elevados, por exemplo, acima de 7 US\$/kW, o que inviabiliza os sistemas a gás, seja ATS ou CCGT.

- Sistemas eletromecânicos: especialmente, no setor industrial, existem oportunidades de ganhos de eficiência energética associadas a motores elétricos através não apenas da substituição de motores menos eficientes por mais eficientes, mas também e, principalmente, do aprimoramento do projeto do sistema que emprega o motor⁴.

Parte destas medidas pode ser implementada no curto prazo, constituindo o potencial de mercado da conservação de energia elétrica. Outras medidas exigem incentivo para serem implementadas, seja porque, embora economicamente viáveis, encontram barreiras de mercado, seja porque não são economicamente viáveis. Isto explica a divisão das atividades de P&D em conservação de energia elétrica aqui propostas em quatro estudos:

2.1.1. Estudo de potencial de mercado das diferentes medidas de conservação de energia elétrica: o potencial de mercado constitui a fração do potencial economicamente viável com efetivas possibilidades de

² Quatro diferentes tecnologias se destacam para as células combustíveis: PAFC, PEMFC, MCFC e SOFC. As células combustíveis têm a vantagem adicional de redução das emissões de carbono. Seus custos estão na faixa entre US\$ 3.000 e 5.000/kW, para células PAFC.

³ *Advanced Turbine Systems (ATS)*.

⁴ Este sistema compreende os sistemas de controle e transmissão de potência e os cabos de alimentação do motor.

implementação, dados o contexto normativo e a comprovada intenção dos investidores em conservação de energia. Neste caso, o estudo deve centrar-se nas tecnologias e medidas com efetivas possibilidades de implementação no curto prazo (nas medidas de conservação sem arrependimento, por exemplo).

2.1.2. Estudo de potencial estratégico das diferentes medidas de conservação de energia elétrica:

estudos recentemente desenvolvidos no Programa de Planejamento Energético da COPPE/UFRJ para cogeração de energia identificaram um potencial de conservação de energia denominado “estratégico”. Este potencial corresponde exatamente ao conjunto de medidas de conservação de energia elétrica que poderiam ser implementadas no mercado aberto de energia, como estratégia de atuação de empresas dentro deste mercado.⁵ Estudos desenvolvidos nos Estados Unidos, por exemplo, indicaram que o fator de recuperação de capital, para investimentos em medidas de eficiência energética no setor industrial norte-americano, se reduz por mais do que a metade, quando a firma, que investe em conservação, trabalha com uma classe de investimentos ditos “estratégicos”. Assim, uma forma de estimular o investimento em conservação de energia elétrica seria adotar uma política que incentivasse a indústria a aplicar uma “taxa de desconto estratégica” em seus investimentos em medidas de eficiência.

2.1.3. Estudo de potencial econômico das diferentes medidas de conservação de energia elétrica:

o potencial econômico de conservação de energia elétrica representa o total de eletricidade que poderia ser economizada devido a medidas com benefícios econômicos maiores do que seus custos (medidas viáveis economicamente). O estudo deste potencial e, conseqüentemente, das medidas que o constituem permite ao analista identificar políticas de enfraquecimento das barreiras de mercado às medidas de conservação de energia elétrica. Isto naturalmente resulta na perspectiva de aumento do potencial de mercado de conservação de energia elétrica, no curto prazo.

2.1.4. Estudo de potencial técnico das diferentes medidas de conservação de energia elétrica:

o potencial técnico de conservação de energia elétrica abrange o conjunto de medidas e tecnologias disponíveis que poderiam ser empregadas em medidas de conservação de energia elétrica, independentemente de considerações econômicas e/ou estratégicas. Este estudo permite identificar o máximo potencial de conservação de energia elétrica, diante de determinado patamar tecnológico.

2.2. Conservação de Energia em Geral

Em verdade, a conservação de energia elétrica deve ser analisada dentro de um conjunto mais amplo de medidas, que visam, globalmente, a conservação de energia primária, seja ela eletricidade ou não. Por exemplo, estudos realizados dentro do Programa de Planejamento Energético da COPPE/UFRJ indicaram que medidas de eficiência energética, como a cogeração de energia, não podem ser analisadas de forma isolada. Uma análise integrada de aproveitamentos energéticos, neste sentido, mostra-se essencial, ainda mais em um sistema energético em que fontes, como o gás natural e a eletricidade, e

⁵ Entre estas condutas estratégicas, identificam-se condutas defensivas de preservação de mercado, através do investimento em medidas que garantem a fidelidade de consumidores, e condutas ofensivas de ampliação do mercado e/ou de diversificação de atividades. De um modo geral, pode-se afirmar que existe a possibilidade de a conservação de energia representar um ganho estratégico para a empresa que, nela, investe, através da agregação de um valor “estratégico” à medida de conservação de energia elétrica.

requerimentos de energia, como calor e força-motriz,⁶ passam a competir em diferentes mercados, suscitando, inclusive, a criação de empresas *multi-serviços* em energia.

Por exemplo, entre as medidas de conservação de energia baseadas na lógica de integração dos recursos/aproveitamentos energéticos, convém mencionar a *Integração Ambiental*.⁷ Projetos avançados e tecnologias que integram um imóvel com o seu ambiente externo, aproveitando melhor o potencial de ventilação, aquecimento e iluminação naturais; desenvolvimento de janelas de vidro com alta transmitância e baixa emissividade; otimização dos requerimentos de energia térmica, através do aproveitamento do aquecimento e da ventilação natural durante o dia, contrabalançando o uso de equipamentos, e do desenvolvimento de materiais com maior capacidade de conservar o calor (menor condutividade térmica) e transmiti-lo de acordo com os requerimentos de energia útil. Além disso, existe a possibilidade de se reduzir as ilhas de calor em áreas urbanas através de materiais com maior refletividade, como calçadas claras, e o plantio de árvores em espaços públicos. A redução das ilhas de calor, além de diminuir os requerimentos de condicionamento e refrigeração, evita a formação de *smog* fotoquímico (que está diretamente relacionada à temperatura ambiente).

Isto posto, propõe-se o seguinte conjunto de atividades de P&D:

2.2.1. Análise Integrada de Aproveitamentos Energéticos: as atividades aqui relacionadas devem abranger:

- Análise de Ciclo de Vida pelo lado da demanda e da oferta⁸
- Análise Integrada de Processos

2.2.2. Estudos de Equipamentos *Multi-Funcionais* e Sistemas Integrados de Energia: o aumento da eficiência dos equipamentos deve ser, em grande parte, incentivada pela definição de padrões mínimos de eficiência. Não obstante, há ainda a possibilidade de, em algumas situações de aumento de tarifa de energéticos, a competição entre tecnologias de menor consumo incentivar este aumento. No entanto, muitos equipamentos já operam próximos dos seus limites termodinâmicos de eficiência. Oportunidades existem, porém, para redução de perdas devido a projetos ineficientes de sistemas de consumo de energia (por exemplo, reservatórios de água mal dimensionados, motores operando em carga parcial com relevante redução da sua eficiência nominal). Assim, dados os limites de desempenho dos equipamentos individualmente, esforços devem ser dirigidos para sistemas combinados de equipamentos (por exemplo, “cascatas de trocadores de calor”) e também para equipamentos multi-funcionais, que são aqueles que combinam e integram funções de outros equipamentos (um exemplo deste tipo de equipamento é o sistema integrado de condicionamento de ar e aquecimento de água).⁹

2.2.3. Índices mínimos de eficiência energética para equipamentos

⁶ Por exemplo, calor para sistemas de refrigeração por absorção e força-motriz para sistemas de refrigeração por compressão.

⁷ Interessa notar a possibilidade de que uma medida de ganho de eficiência elétrica não necessariamente representa um ganho de eficiência energética global.

⁸ Esta análise permitiria, inclusive, a determinação do chamado “verdadeiro custo da energia”, i.e. os custos diretos e indiretos (normalmente ambientais) dos diferentes vetores energéticos.

⁹ Outro exemplo é o sistema que combina aquecimento de água, desumidificação e ventilação.

2.2.4. Efeito Bumerangue (produção e consumo): o efeito bumerangue (ou *rebound effect*) representa a parcela “perdida” do ganho em conservação de energia, devida a efeitos indiretos causados pela conservação.¹⁰

2.2.5. Estudos de Potencial de conservação sob a ótica do Planejamento Integrado de Recursos (PIR): estes estudos permitem identificar não apenas os potenciais de conservação de energia no Brasil, sob a ótica integrada de planejamento, mas também indicam que medidas de conservação de energia elétrica podem convergir ou divergir em relação a medidas de conservação de energia sob a ótica do PIR.

(3) ESTUDOS TECNOLÓGICOS

Este quarto grupo de atividades de P&D abrange estudos tecnológicos dirigidos seja para aparelhos/sistemas de consumo seja para equipamentos/sistemas de oferta de energia elétrica.

3.1. Lado da demanda

Pelo lado da demanda identificaram-se 5 estudos técnicos dirigidos de relevância para questão da conservação de energia no Brasil.

3.1.1. Sistemas eletromecânicos: ensaios laboratoriais com vistas à criação de índices mínimos de eficiência para bombas, compressores, ventiladores.

3.1.2. Coletores solares: existem três tipos principais de sistemas termo-solares comercialmente disponíveis: *central receiver* (utiliza um conjunto de espelhos planos que refletem a luz do sol para um corpo absorvedor no topo de uma torre, que consiste de tubos através dos quais o fluido de processo escoar, transportando o calor absorvido), *parabolic dish* (consiste de coletores parabólicos que transferem calor para um fluido de processo gasoso), *parabolic trough* (baseia-se em concentradores da luz solar; quando usados para gerar energia elétrica, em sistemas do tipo SEGS – *solar electric generating systems*, apresentam uma eficiência média global de cerca de 12%,¹¹ com os custos ainda elevados de 80 a 100 US\$/MWh). Neste sentido, vale mencionar que a utilização de sistemas heliotérmicos no Brasil tem se restringido ao uso residencial para aquecimento de água, via emprego de coletores solares em substituição a chuveiros elétricos em áreas residenciais urbanas de gabarito baixo. Como o chuveiro elétrico residencial tem grande impacto no pico da curva de carga do sistema interligado, medidas de conservação baseadas no uso de coletores solares ganham força e merecem ser estudadas (ainda mais frente a atual crise de abastecimento do sistema elétrico brasileiro). Adicionalmente, outro uso de coletores solares é o condicionamento ambiental; neste caso, integra-se o sistema de geração de calor heliotérmico com um ciclo de refrigeração por absorção. Outra vez, dado o peso do condicionamento ambiental no acréscimo de consumo sazonal de regiões brasileiras de elevada demanda elétrica, esta é uma medida que merece estudos de viabilidade tecnológica mais bem aprofundados.

¹⁰ Por exemplo, estudos desenvolvidos no Programa de Planejamento Energético indicam, pelo lado do consumo, que a conservação de energia pode resultar em um aumento de renda indutor de um consumo de bens intensivos em energia ou de um maior uso de equipamentos de consumo de energia final. Pelo lado da oferta, uma medida de conservação de energia pode, por exemplo, afetar o preço de um produto, alterando as quantidades que serão produzidas deste e de outros produtos.

¹¹ Estudos recentes indicam, particularmente, a possibilidade de ganhos tecnológicos neste último sistema de coletores.

3.1.3. Sistemas de cogeração com uso de célula combustível: o recente e considerável desenvolvimento desta tecnologia torna importante o seu estudo e desenvolvimento no país, como forma de (1) promoção de tecnologias de geração distribuída de pequeno porte; (2) promoção de tecnologias de baixa emissão de poluentes atmosféricos e alta eficiência; (3) desenvolvimento de novas tecnologias para consumo de etanol (o etanol, assim como o gás natural, pode passar por um processo de reforma catalítica, que produz o hidrogênio que será consumido pela pilha).

3.1.4. Fator de potência e compensação capacitiva de lâmpadas: importa levantar dados de fator de potência dos reatores utilizados nos sistemas de iluminação, de forma a averiguar (1) a economia de energia elétrica, efetivamente, obtida com a implementação destes reatores; (2) que tipo de medida é mais custo-efetiva para realização da compensação capacitiva dos sistemas de iluminação que empregam reatores.

3.1.5. Stand-by de equipamentos de consumo: da mesma forma que o item anterior, é necessário levantar os dados de consumo de *stand-by* de equipamentos elétricos, de forma a definir padrões mínimos de consumo e, também, informar adequadamente a população acerca do consumo de *stand-by*.

3.2. Lado da Oferta

Quatro atividades de P&D São sugeridas como estudos tecnológicos dirigidos:

3.2.1. Geração eólica: atualmente, o uso desta fonte renovável de energia assume importância como forma de geração distribuída, livre de emissões e custos de implantação progressivamente reduzidos (custos entre 900 e 1400 US\$/kW).¹² Para o Brasil, são também promissoras as perspectivas de integração desta fonte ao sistema interligado nos litorais das regiões Norte e Nordeste. No Norte, há ainda a complementaridade entre a geração eólica e o regime hídrico, com os ventos sendo mais intensos no período hidrológico desfavorável. Um melhor aproveitamento do potencial eólico brasileiro, porém, suscita a necessidade de estudos dirigidos especialmente a:

- Levantamentos de potencial (Atlas Eólico);
- Estudo de novos materiais de alta resistência para as pás e pesquisa de aerodinâmica;
- Implementação de fazendas piloto, com a realização de estudos de estabilidade, complementaridade e viabilidade econômica de sítios promissores.

3.2.2. Gaseificação de biomassa: é considerável o potencial de geração e/ou cogeração com biomassa no Brasil.¹³ Este potencial torna-se ainda maior quando se considera a possibilidade de gaseificação da biomassa (tecnologia BIG-GT). Além disso, sistemas de gaseificação ainda podem realizar a queima combinada de biomassa com gás natural (por exemplo, para períodos de entressafra do bagaço). As principais restrições a esta tecnologia ainda são a limpeza do gás e a adequação das turbinas para queima de gases de baixo poder calorífico. Três tipos principais de sistemas merecem estudos: (1) gaseificadores que operam a pressão atmosférica, com injeção de ar e aquecimento direto por combustão, com limpeza do gás a baixa temperatura, por filtração e posterior lavagem; (2) gaseificadores pressurizados com injeção de

¹² A geração eólica, apesar de ter custos de instalação relativamente reduzidos, ainda não é competitiva com a geração termelétrica convencional, basicamente em função do seu reduzido fator de capacidade, inerente à tecnologia.

¹³ Para sistemas convencionais, por exemplo, estima-se um potencial de mercado de cogeração no setor sucro-alcooleiro, em 2003, equivalente a 1.175 MW, sendo o potencial técnico atual de cogeração no setor sucro-alcooleiro igual a 4 GW.

ar e aquecimento direto, com limpeza de gás a alta temperatura, com uso de filtros cerâmicos; (3) gaseificação atmosférica com aquecimento indireto, sem injeção de ar.

3.2.3. Aproveitamentos de resíduos urbanos para geração de energia: trata-se de uma alternativa de geração de energia elétrica com benefícios ambientais consideráveis para os centros urbanos, que merece ser analisada, junto com possíveis estratégias de queima combinada de gás de lixo com gás natural.

3.2.4. Biodiesel: existe a possibilidade de utilização de óleos vegetais (transesterificados em mistura com óleo diesel) em substituição ao óleo diesel. Todavia, a estimativa do custo de geração utilizando óleo vegetal, obtido localmente ou por cultivo implantado, não é fácil. O uso de óleos vegetais pode, no entanto, ser viável em sistemas isolados, se considerarmos o custo de transporte do diesel até estas regiões. Trata-se, portanto, de uma alternativa que merece estudos mais aprofundados.

(4) ESTUDOS ESPECÍFICOS

Este grupo de estudos proposto refere-se a uma gama de atividades de P&D específicas, com temas bastante relevantes para o setor energético brasileiro, seja porque complementam os estudos anteriormente propostos, seja porque indicam os limites de validade dos mesmos. Ressaltam-se aqui 5 atividades de P&D neste grupo:

4.1. Inventários de GEE em processos industriais e tecnologias capazes de reduzir as emissões

Esta atividade de P&D destina-se ao estudo de tecnologias e procedimentos de redução das emissões de carbono e de gases de efeito estufa, derivadas do próprio processo industrial - e não da combustão de fontes combustíveis fósseis.¹⁴ Entre estas emissões, impende relacionar: (1) emissões de CH₄, C₂F₆, C₃F₈, NF₃, CHF₃ na produção de semicondutores; (2) emissão de SF₆ por transformadores; (3) emissão de N₂O na produção de ácido adípico; (4) emissão de metano na produção de etileno e estireno; (5) emissão de PFC - CF₄ e C₂F₆ - na produção de alumínio; (6) emissão de CO₂ durante a calcinação do calcário na produção de cimento (cerca de 1 t de CO₂ para 1 t de clínquer); (7) emissão de CO₂ na produção de soda.

4.2. Estudos dos impactos da inserção da economia nacional na economia mundial (divisão internacional do trabalho) sobre o consumo brasileiro de energia

Todos os bens e serviços produzidos em uma economia estão, direta ou indiretamente, ligados com o uso de energia e, dependendo do vetor energético utilizado, com emissões de gases de efeito estufa. O comércio internacional é um importante fator na determinação da estrutura industrial de um país como o Brasil e, haja visto a fragilidade de sua economia com relação à balança comercial, com fortes implicações sobre o consumo doméstico de energia e suas respectivas emissões de gases de efeito estufa. Nesse sentido, esta atividade de P&D busca avaliar os impactos totais do comércio internacional nacional sobre o uso de energia e sobre as emissões de gases de efeito estufa. Para isto, a disponibilidade de uma matriz insumo produto híbrida, tal com proposto no grupo de atividades "Banco de Dados", facilitaria muito esta tarefa, haja visto que tanto o consumo de energia direta, quanto de energia indireta, estão envolvidos nesta

¹⁴ Para os EUA, por exemplo, em 1994, as emissões de CO₂ da indústria devido ao consumo de energia final corresponderam a 482 MtC-equivalente, enquanto as emissões devidas ao processo industrial foram de 244 MtC equivalente.

questão. Esta atividade poderia privilegiar, inclusive, análises prospectivas sobre as implicações, para o uso doméstico de energia e suas respectivas emissões de gases de efeito estufa, de diferentes cenários de inserção da economia nacional na economia internacional, fruto de diferentes políticas industriais que incentivassem indústrias mais ou menos dinâmicas, mais ou menos energointensivas, a terem uma maior participação na pauta de exportações nacional.

4.3. Elaboração de balanços exergéticos setoriais

Esta atividade de P&D corresponde à elaboração de balanços exergéticos destinados à determinação dos reais potenciais de uso eficiente de energia no Brasil.

A combinação das duas primeiras leis da termodinâmica permite que se estabeleça o balanço de exergia (máximo trabalho que um sistema pode realizar ao evoluir do estado em que se encontra até entrar em equilíbrio termodinâmico com o meio). Exergia é, portanto, conceito bastante útil ao analista e/ou tomador de decisões na área de energia. Ela ressalta o caráter qualitativo dos fluxos energéticos, o que não está explícito na visão tradicional da política energética que, em linhas gerais, busca expandir a oferta de energia para satisfazer uma demanda variável. No entanto, como esta demanda é heterogênea, de fato, o verdadeiro problema do planejamento energético acaba por tornar-se satisfazer usos finais heterogêneos com o mínimo “gasto” de energia “termodinamicamente apropriada”.¹⁵ Em outras palavras, o uso eficiente dos fluxos energéticos implica na combinação não apenas entre as quantidades supridas e requeridas nos usos finais, mas também entre as qualidades destas quantidades. Aliás, é precisamente a qualidade dos fluxos energéticos (ou a exergia) que não se conserva durante as transformações irreversíveis.

Assim, o balanço exergético fornece informações sobre a degradação da energia que ocorre durante as transformações e os usos finais (os consumos finais) dos fluxos energéticos, sendo capaz de assumir papel expressivo na formulação de políticas energéticas. Destacam-se, neste sentido, os seguintes aspectos:

1. Aspectos técnicos: melhorar o “casamento” entre a oferta de exergia e a sua demanda. Duas são as fontes de perda de exergia (ou da capacidade de um fluxo realizar trabalho): perdas técnicas, resultantes de imperfeições técnicas de partes das instalações de consumo ou transformação de energia, e perdas estruturais, resultantes do método de produção em si. A redução das perdas exergéticas baseia-se primeiramente no entendimento de que a energia deve, em tese, ser suprida na qualidade requerida pelos processos.¹⁶
2. Aspectos econômicos: nem sempre o consumo ou a perda de exergia são devidamente valorados. O que, de fato, não se conserva nas transformações é a exergia; ou ainda, como o “trabalho vale mais do que o calor”, seu custo de oportunidade deve ser maior.
3. Aspectos ambientais: a análise exergética pode ser usada para medir o potencial poluente de efluentes de processos industriais, através da estimativa da capacidade/potencial de realização de trabalho (produção de impacto) dos efluentes no meio em que são dispostos. Além disso, pode ser empregada para medir a qualidade de efluentes e seu potencial de re-utilização (por exemplo, efluentes térmicos de

¹⁵ Como bem caracteriza a 2ª Lei da Termodinâmica, existem diferentes formas de energia, sendo umas “mais valiosas” do que as outras, exatamente em função da sua maior capacidade de realizar trabalho. Ou, ainda, um fluxo energético possui uma fração disponível (capaz de ser transformada em trabalho - Exergia) e outra não disponível (Anergia).

¹⁶ Trata-se da compreensão do próprio conceito de fonte “termodinamicamente apropriada”.

processos industriais que podem ser empregadas seja em cascatas de trocadores de calor, seja em sistemas de geração combinada de energia).

4.4. Estudos de hábitos de consumo

Central no debate atual de mudanças ambientais globais, o consumo de energia tem sido objeto de grandes discussões no que toca seu papel no desenvolvimento dos países. No entanto, as condições nas quais este consumo deve ocorrer suscitam grandes debates. Algumas correntes econômicas afirmam que desenvolvimento e consumo de energia caminham necessariamente juntos, ressaltando uma relação quantitativa entre esses conceitos. No entanto, ainda que o crescimento econômico implique um aumento do consumo de energia em escala, o desenvolvimento, conceito muito mais amplo do que o crescimento econômico, supõe uma análise mais qualitativa do problema energético. O conceito de estilo de desenvolvimento faz referência às noções de modo de vida, padrão de consumo, escolha tecnológica. Um estilo de desenvolvimento se traduzirá pela escolha de estratégias globais de desenvolvimento, assim como de políticas de curto, médio e longo prazo, apropriadas aos diversos setores da vida econômica e social: política industrial, energética, ambiental, agrícola, habitacional, de transportes e tecnológica.

Destarte, a proposição de políticas de conservação de energia deve necessariamente basear-se em pesquisas dirigidas a:

- a análise da heterogeneidade do consumo de energia no Brasil: esta análise deve identificar potenciais de conservação de energia por classes de renda, de forma a eficazmente conduzir as medidas de conservação. De fato, de um lado, parcela significativa da população não dispõe de um nível de consumo energético adequado à satisfação de suas necessidades básicas em matéria de alimentação, saúde, habitação e educação; de outro, parcelas da população de maior renda se apropriam de importante parcela da renda global para se assegurar um nível de vida comparável em termos absolutos a países da Europa e da América do Norte. Disso decorre um nível de desperdício de energia também comparável ao das sociedades do Norte, não só em termos de consumo direto (climatização, eletrodomésticos, automóveis), mas também indireto, através da energia necessária para a produção desses bens e o fornecimento dos serviços de luxo.¹⁷ Adicionalmente, medidas de conservação de energia que resultem em aumento de renda nas classes de menor poder aquisitivo podem apresentar efeito-bumerangue.¹⁸
- o estudo da relação entre consumo de energia e bem-estar: este estudo, através de análises de patamares de consumo energético e correlação com estágios de desenvolvimento entre países selecionados no mundo, poderá ser utilizado como base de diferenciação entre os conceitos de crescimento e de desenvolvimento, a fim de facilitar a formulação de políticas energéticas de conservação de energia no Brasil.
- a análise da organização espacial e urbana do Brasil, ressaltando a estrutura de transportes vigente em suas regiões metropolitanas. O estudo da dimensão espacial, variável-chave do setor energético, especialmente em países de grande extensão territorial, é central, já que o volume de mercadorias e pessoas, e a distância a que devem ser transportadas, dependem da configuração espacial da

¹⁷ A criação da matriz insumo-produto híbrida, proposta no grupo de atividades “Banco de Dados”, facilitará a realização desta tarefa de P&D.

¹⁸ Vide, a respeito, o item 2.2.4.

economia e da sociedade, agindo sobre os determinantes da demanda de transportes. Este tipo de análise permite racionalizar o consumo de energia em centros urbanos, traduzindo-se também em menores impactos ambientais locais.

- a análise dos efeitos macroeconômicos de padrões de consumo baseados em bens importados. Estes estudos permitirão relacionar a questão dos padrões de consumo com a dinâmica macroeconômica, através da poupança.¹⁹

4.5. Impacto da abertura do mercado de energia sobre a conservação de energia e a emissão de Gases de Efeito Estufa

Como já asseverado neste texto, a mudança de contexto por que passa o setor energético brasileiro suscita a necessidade de que estudos sejam empreendidos no sentido de (1) avaliar o papel dos novos agentes do setor na formulação e na aplicação de políticas de conservação de energia e/ou de redução das emissões de poluentes atmosféricos; (2) avaliar o papel dos novos agentes como fomentadores e/ou executores de pesquisa na área de energia. Por exemplo, estudos poderiam ser desenvolvidos no sentido de avaliar as formas de implementação de medidas de conservação de energia elétrica com o apoio - ou, pelo menos, com o aval - de concessionárias; poder-se-ia também avaliar a viabilidade de acordos voluntários entre grupos da sociedade e agentes da área de energia, sendo esta uma medida bastante adotada em países europeus, especialmente a Holanda, como forma de adoção de políticas de conservação de energia.

¹⁹ De fato, o que se verifica, é que nas regiões marginalizadas, nos países em desenvolvimento, a penetração do progresso técnico se circunscreve inicialmente aos padrões de consumo, limitando seus efeitos à modernização dos estilos de vida de certos segmentos da população. Surge assim o problema da forte propensão a consumir dos segmentos modernizados da sociedade, que acabam se tornando estruturas bloqueadoras da dinâmica socio-econômica, gerando um desperdício do potencial de poupança através de formas abusivas de consumo que drenam os recursos para o exterior.

RESUMO

Grupo	Atividades de P&D
(1) Banco de dados	<ol style="list-style-type: none">1.1. Levantamento de dados de energia e de metodologias de tratamento destes dados1.2. Uniformização/compatibilização de dados1.3. Levantamento de dados adicionais1.4. Criação de base nacional única1.5. Criação de Matriz Insumo-Produto híbrida1.6. Disseminação/obtenção de informação no mercado de energia
(2) Medidas de Conservação de Energia	<ol style="list-style-type: none">2.1. Conservação de Energia Elétrica (estudos de potencial)2.2. Conservação de Energia em Geral (Análise Integrada de Energia, Equipamentos Multi-Funcionais, Índices Mínimos de Eficiência, Efeito Bumerangue, PIR)
(3) Estudos Tecnológicos	<ol style="list-style-type: none">3.1. Lado da demanda (sistemas eletromecânicos, coletores solares, células combustíveis, fator de potência e compensação capacitiva de lâmpadas, <i>stand-by</i> de equipamentos)3.2. Lado da Oferta (eólica, gaseificação de biomassa, geração com resíduos urbanos, biodiesel)
(4) Estudos Específicos	<ol style="list-style-type: none">4.1. Inventários de GEE em processos industriais e tecnologias capazes de reduzir as emissões4.2. Impacto da inserção da economia nacional na economia mundial sobre o consumo brasileiro de energia4.3. Balanços exergéticos setoriais4.4. Estudos de hábitos de consumo4.5. Impacto da abertura do mercado de energia sobre a conservação de energia e a emissão de Gases de Efeito Estufa

COMENTÁRIOS FINAIS

Mais do que buscar possíveis soluções de curto prazo para o problema energético por que passa o país no momento, as atividades aqui propostas visam indicar, na opinião dos autores, caminhos para a P&D no Brasil que tenham interesse público no médio e longo prazos, sem se descuidar dos aspectos ambientais que estão irremediavelmente ligados à produção, transporte, transformação e uso dos diferentes vetores energéticos.