

experimentaram algumas versões deste material e ajudaram a melhorar e criticar nosso trabalho. Em particular, agradecemos G. Mammama, G. Queiroz, R. R. Souza, M. Eanes S., H. Polidoro, E. Cursino, E. Bezerra, M.H.C. Lima, M. Pompermayer, L.A. Hummel, P. DuPont e S. Udo do International Institute for Energy Conservation, que colaboraram enviando sugestões e material para nossa análise. Agradecimentos especiais também ao Prof. Gilbert Masters da Universidade de Stanford por ceder suas notas de aulas e por encorajar nossa iniciativa. Colegas do UNEP Collaborating Centre, R. Redingler, G. Mackenzie, e da UNICAMP, E. Silva, S. Bajay e A. Walter, também nos estimularam e contribuíram para o resultado final deste livro.

Esta versão em português foi possível graças ao apoio recebido do PROCEL/Eletrobrás e à colaboração valiosa do Professor Nicoláo Jannuzzi, que nos ajudou em todos os detalhes da edição e adaptação ao nosso idioma de maneira dedicada e interessada.

Quaisquer erros e omissões são de nossa inteira responsabilidade e solicitamos que nos comuniquem falhas ou sugestões, o que desde já agradecemos.

Gilberto De Martino Jannuzzi e Joel Swisher

## PLANEJAMENTO DE SERVIÇOS DE ENERGIA E O PLANEJAMENTO INTEGRADO DE RECURSOS

### 1.1 POR QUÊ PLANEJAMENTO INTEGRADO DE RECURSOS?

#### 1.1.1 O Choque de Preço do Petróleo

**M**aior crescimento econômico tem implicado em aumento ao acesso à energia comercial em países em desenvolvimento. O aumento da urbanização e a industrialização que se processa em paralelo seguem padrões intensivos em energia. A população demanda transporte (de bens e pessoas), novos produtos industriais e outros serviços como saneamento, saúde, comércio etc., que dependem de energia. Desse modo, construir e operar equipamentos da infraestrutura urbana, industrial e comercial requer energia, especialmente eletricidade, e aumentar padrões de vida material da população resulta em grandes demandas por novos serviços que consomem energia. Em muitas nações em desenvolvimento a eletrificação rural é prioridade, pois se reconhece que uma pequena oferta de eletricidade pode aumentar significativamente as condições de vida e contribuir para a diminuição do fluxo migratório para as cidades.

O dramático aumento do preço do petróleo dos anos 70, combinado com aumentos das taxas internacionais de juros, repentinamente terminaram com a era da energia barata, levando a um questionamento do modelo de desenvolvimento adotado até então. A energia se tornou um forte limitante para o progresso econômico de muitos países em desenvolvimento. Ainda hoje ela representa um fator de preocupação na área econômica e mais recentemente na área ambiental. Os problemas nas balanças de pagamentos dos países importadores têm sido menos graves nessa década (por causa dos baixos preços mundiais vigentes), mas continua alta a necessidade de capital internacional para incrementar a produção de energia e sua

distribuição nos países em desenvolvimento. A crescente percepção ambiental tem oferecido importantes resistências ao desenvolvimento e uso de algumas fontes energéticas (por exemplo: energia nuclear, uso do carvão, grandes hidrelétricas etc.) e também condicionado a liberação de empréstimos de órgãos multilaterais ou governamentais.

Enquanto os consumidores nos países industrializados foram afetados de maneira relativamente branda pelo choque do petróleo e puderam superar seus problemas com maior agilidade, este não foi o caso de muitos países em desenvolvimento, que tiveram que promover cortes do combustível que necessitavam para atividades essenciais como a produção de fertilizantes, defensivos agrícolas, combustíveis para cocção e calefação. Embora o atual mercado mundial do petróleo seja mais estável, esta pode ser uma situação temporária. A perspectiva de maiores preços do petróleo torna a situação energética de muitos países bastante vulnerável.

O setor energético tem a característica de necessitar grandes investimentos de capital. Algumas nações em desenvolvimento, por exemplo, chegam a gastar mais de 30% de seu orçamento total em empreendimentos energéticos. O Banco Mundial dedica cerca de 25% dos seus empréstimos para projetos energéticos, sendo a maioria deles para a geração de eletricidade. É importante lembrar que parte significativa desse capital não é gasto dentro da própria economia das nações em desenvolvimento, mas em equipamentos e serviços internacionais. A importância dos empréstimos para energia nos países em desenvolvimento tem sido um fator significativo nas crises da dívida externa. Além disso, cada dólar gasto em uma usina é um dólar que não pode ser gasto em saúde, educação, saneamento ou agricultura.

### 1.1.2 A Questão Ambiental

O crescimento rápido e mal planejado da produção e do consumo energético levam a impactos ambientais que podem comprometer o desenvolvimento. O uso de energia, seja através de combustíveis fósseis ou nucleares, ou através da exploração em grande escala da hidreletricidade ou ainda de recursos de biomassa, provoca os mais severos impactos ambientais tanto em nações em desenvolvimento como naquelas industrializadas. Isto inclui poluição do ar, lixo radioativo, sedimentação das bacias dos rios, desmatamento, erosão do solo etc.

No passado as questões ambientais eram consideradas secundárias e acessórias à necessidade do contínuo crescimento econômico das nações. Recentemente, tanto impactos ambientais globais como locais têm sido identificados como uma restrição

potencial ao desenvolvimento. De acordo com WCED (*World Commission on Environment and Development*),

...mudanças conhecidas têm associado a ecologia e a economia global de novas maneiras. No passado preocupamo-nos apenas com os impactos do crescimento econômico sobre o meio ambiente. Somos agora forçados a dirigir nossa atenção ao stress ecológico dos impactos — degradação dos solos, regime das águas, atmosfera e florestas — sobre nossas próprias perspectivas de desenvolvimento econômico (WCED, 1987).

Na medida em que a chamada Convenção Climática (FCCC - *Framework Convention on Climate Change*) foi colocada em prática, cerca de 20 países industrializados organizaram comitês para estabelecer ou reduzir emissões futuras de carbono. Para atingir a meta estabelecida pelo FCCC, que é estabilizar as concentrações de gases estufa (GE) na atmosfera, as emissões globais de carbono teriam que ser reduzidas em 60% ou mais dos níveis atuais (IPCC, 1990). Isto requereria reduções muito mais drásticas pelos países industrializados e eventuais limitações para as emissões de gases estufa dos países em desenvolvimento.

Para atingir as metas de redução programadas, sem mencionar aquelas necessárias para estabilizar a atmosfera, serão necessárias mudanças tecnológicas para diminuir a intensidade do uso de combustíveis fósseis na maioria dos sistemas energéticos dos países (entendidas aqui como ações do lado da oferta de energia) e melhoria da eficiência no uso de combustíveis e eletricidade (ações do lado da demanda ou do mercado de energia). Os possíveis instrumentos políticos com os quais se estimulariam essas mudanças são muitos. A nível internacional, a maioria das discussões se concentra nas várias formas de impostos sobre a emissão de carbono e, para algumas regiões, no balanço de emissões negociadas ou permitidas (mecanismos de Implementação Conjunta, por exemplo).

A nível nacional, em que na verdade a maioria das mudanças reais da política energética é de fato implementada, outros mecanismos devem ser colocados em prática. A regulamentação ou uma mistura de regulamentações e de incentivos financeiros, legislação, certificação e normas são as opções mais comuns. Alguns desses mecanismos já estão sendo difundidos, enquanto outros mais inovadores só recen-

1. É importante lembrar que cerca de 30% das emissões globais de CO<sub>2</sub> advêm da operação de centrais termoelétricas.

termente têm sido aplicados às tecnologias de energia. Eles incluem padrões de desempenho energético, programas institucionais ou governamentais de aquisição de tecnologia, gerenciamento do lado da demanda (DSM<sup>2</sup>) pela companhia de eletricidade, assim como as conhecidas atividades de pesquisa, desenvolvimento e de demonstração (PD&D). Em grande escala, essas medidas são implementadas através de programas que têm o objetivo de captar o potencial de melhorias na eficiência energética dos usos-finais, como se verá no Capítulo 3.

Assim, uma das principais razões para se buscar a melhoria da eficiência energética é que consumo de energia pode levar a consequências indesejáveis, que vão desde a poluição local e gases de efeito estufa global até riscos na segurança nuclear e de segurança energética. Até o momento essas externalidades\* não se refletem nos custos de oferta de energia e nos esforços de planejamento. Para minorar esses problemas com melhorias técnicas que possuam custo competitivo com a oferta convencional de energia, programas inovadores de eficiência energética parecem oferecer uma solução adequada. Além disso, tais oportunidades técnicas, economicamente atraativas, também são abundantes em países em desenvolvimento (US OTA, 1992).

### 1.1.3 A Eficiência Energética

A constatação das possibilidades técnicas de se continuar a oferecer os serviços necessários dependendo de menores quantidades de energia, e de que crescimento econômico não está necessariamente atrelado a maior consumo energético, colocou em xeque os fundamentos do planejamento dominante até meados da década de 70. No Capítulo 2 retorna-se essa discussão. No entanto, talvez a mais convincente vantagem da eficiência energética é a de que ela é quase sempre mais barata que a produção de energia. Não resta dúvida de que investir em tecnologia eficiente para os vários usos-finais requererá também maiores gastos de capital. Sis-

2. Na nomenclatura norte-americana DSM significa *Demand-side Management*. No Brasil alguns analistas empregam o termo GLD, *Gestão do Lado da Demanda*. São programas concebidos e gerenciados pelas próprias companhias de eletricidade.

\* Externalidade é um termo usado pelos economistas para se referir aos efeitos resultantes de uma determinada atividade econômica, quando não é possível sua incorporação na formação de preços. Desse modo, dentro do processo de produção e conversão de energia encontram-se diversas externalidades que não são adequadamente refletidas nos seus preços finais, por exemplo: poluição do ar e água, contaminação radioativa, poluição térmica, destruição de biodiversidade etc.

temas e equipamentos eficientes são geralmente mais caros (embora nem sempre) que as tecnologias que eles substituem. Entretanto, o custo de conservar 1 KWh é geralmente mais barato que a sua produção. Ainda, em muitas aplicações, o custo da eficiência é uma pequena fração dos custos da produção de energia. Mas tradicionalmente esses custos são contabilizados por agentes diferentes, sendo ora debitados ao consumidor, à companhia de energia ou ao próprio governo.

A invisibilidade dos investimentos em produção de energia pode ser uma desvantagem para os países em desenvolvimento, que necessitam frequentemente de empréstimos e pagar juros por vários anos antes que uma usina elétrica esteja concluída e produzindo um retorno econômico. Investimentos em eficiência, por outro lado, tendem a ser incrementais e modulares, com pequeno tempo de retorno. Desse modo, é possível que a implementação de medidas de eficiência represente economia de energia e de recursos que amortizarão seus custos antes mesmo de uma usina ser construída. É um importante benefício, quando se considera a contribuição dos empréstimos contraiados pelo setor energético em relação às crises da dívida externa do Terceiro Mundo.

Mesmo quando os custos associados à eficiência são muito menores que aqueles de novas ofertas de energia, investimentos em eficiência e fontes renováveis são sempre mais difíceis de se financiar que as ofertas convencionais de energia. Uma característica simples mas essencial dessa relação é que os produtores de energia e os consumidores são dois grupos inteiramente diferentes, com prioridades de investimento e acesso a capital bastante distintos. Por exemplo, muitas medidas de eficiência em melhorias do uso-final de energia, que se pagam em dois anos ou menos, não conseguem atrair investimentos dos usuários de energia, que exigem um retorno muito mais rápido de seus investimentos. Outro fator é que tradicionalmente quem realiza investimentos na compra de equipamentos de uso-final é o consumidor, e quem investe na construção de uma usina elétrica é uma companhia ou governo.

Estes problemas sugerem políticas focadas no estímulo à inovação técnica e investimentos em melhorias de eficiência energética. Tais políticas incluem a aceleração do desenvolvimento e demonstração tecnológica, a transformação do mercado de produtos que consomem energia através de políticas de compra, a aplicação de padrões de eficiência para setores carentes em in- formação, o estímulo a programas de gestão da demanda de energia (DSM) nas companhias elétricas e, de maneira geral, encontrar caminhos para criar mercados para novas economias de energia, estimulando cada vez mais as

inovações e criatividade. Esforços para implementar muitas destas medidas já estão a caminho em alguns países industrializados, e é uma área que está evoluindo rapidamente.

Mecanismos para aumentar investimentos em eficiência energética (incluindo DSM) também começaram a ser implementados nos países em desenvolvimento, nas antigas economias planejadas da Europa Oriental e na antiga União Soviética. Numa perspectiva tecnológica, estes países são geralmente menos eficientes energeticamente do que os países industrializados ocidentais e, portanto, apresentam grandes oportunidades para melhoria de eficiência.

Embora países em desenvolvimento usem menos energia do que países industrializados, eles podem ainda se beneficiar de vantagens econômicas e ambientais se for adotado um modelo de desenvolvimento econômico que utilize tecnologias eficientes em estágios anteriores àqueles que foram utilizados pelos países industrializados. Isso evitaria que esses países repetissem o padrão dos países industrializados, a poluição associada e os custos futuros para reparar os danos ambientais. Apesar das muitas dificuldades, o DSM e outros mecanismos inovadores são introduzidos em alguns países em desenvolvimento e nas antigas economias planejadas. Quatro centros de eficiência energética foram abertos em 1991: na Polónia, nas Repúblicas Tcheca e Slovaca e na Rússia e, recentemente, outro centro foi aberto na China. Estes organismos têm encorajado a adoção do planeamento integrado de recursos para promover medidas de eficiência energética, desenvolvimento de programas de informação e legislação específica, e catalisam investimentos do setor privado e *joint ventures* em projetos. Outros exemplos de centros bem-sucedidos têm ocorrido no Paquistão e na Coreia.

O EGAT (*Electricity Generating Authority of Thailand*), que tem dificuldades em manter o crescimento explosivo da demanda de seus consumidores, comprometeu-se com um programa DSM de 5 anos, parcialmente financiado pelo GEF (*Global Environment Facility*). Espera-se que reduza a demanda de pico em 160 MW e sirva como um programa piloto para implementação de programas DSM mais ambiciosos no futuro. No Brasil, o governo e a Eletrobrás (Centrais Elétricas Brasileiras) começaram em 1985 o PROCEL, um programa nacional de eficiência em eletricidade. O PROCEL esteve envolvido com projetos de pesquisa, demonstrações, programas de informação e algumas medidas de economia de energia tais como iluminação pública com lâmpadas eficientes durante seus anos iniciais. Mais recentemente algumas companhias elétricas começaram a financiar programas DSM de economia de energia, tais como programas de eficiência energética em iluminação, em São Paulo e Minas Gerais. O México promove um

programa de iluminação eficiente (ILUMEX) para o setor residencial de US\$ 23 milhões e diversas outras iniciativas.

#### 1.1.4 A Necessidade de Novo Enfoque para o Planejamento

Os fatores mencionados acima começaram a exigir o suprimento das necessidades de energia da população de modo mais barato e com menor impacto ambiental. O contexto de planejamento em que essas iniciativas de eficiência energética podem ser implementadas mais efetivamente é chamado de *Planejamento Integrado de Recursos (PIR)*. O PIR é o desenvolvimento combinado da oferta de eletricidade e de opções de gerenciamento do lado da demanda (DSM) para fornecer serviços de energia a custo mínimo, incluindo custos sociais e ambientais. Esse tipo de planejamento incorpora o esforço de se contabilizar o potencial de recursos em melhorias do uso de energia com o mesmo rigor empregado para se inventariar os recursos de oferta de energia.

Embora a literatura existente sobre gerenciamento do lado da demanda (DSM) e planejamento integrado de recursos (PIR) seja considerável, não existe sobre estas questões material de ensino ou de treinamento destinado ao público dos países em desenvolvimento. É este o principal objetivo deste livro: *Os Serviços de Energia nos Países em Desenvolvimento – Ferramentas e Métodos para o Planejamento Integrado de Recursos*. Procura-se apresentar a metodologia de Planejamento Integrado de Recursos e as principais ferramentas de análise de uso-final de energia no contexto dos países em desenvolvimento. Este livro é destinado a estudantes dos cursos de pós-graduação em planejamento energético e ao pessoal que trabalha em Companhias de Energia (CEs).

Inicialmente o livro apresenta o panorama teórico para análises do uso-final da energia, as metodologias básicas usadas atualmente para projetar estratégias de integração das opções de oferta, com opções do lado da demanda, e ferramentas para explicar os custos econômicos, ambientais e outros custos sociais da conversão e uso de energia. O restante do presente capítulo conceitua e apresenta as principais definições empregadas em sistemas energéticos e Planejamento Integrado de Recursos. O Capítulo 2 introduz a metodologia de cenários tendo como objetivo sua aplicação ao PIR. O Capítulo 3 discute o papel da eficiência, fontes renováveis e maneiras de se avaliar e implementar essas iniciativas no contexto do PIR. O último capítulo apresenta os princípios do planejamento da oferta de eletricidade e como integrar as opções do lado da oferta e demanda conjuntamente dentro do PIR. O livro traz exemplos realistas, exercícios e estudos de casos, promovendo a prática e procurando desenvolver no aluno a capacidade de apreciar e

oferecer soluções a problemas relacionados com o planejamento energético em países em desenvolvimento. A maioria das planilhas utilizadas estão disponíveis via Internet, <http://www.wiem.unicamp.br/~jannuzzi/pir-livro1.htm>.

## 1.2 FUNDAMENTOS DO SISTEMA ENERGÉTICO

### 1.2.1 As Fontes de Energia, Vetores e Usos (Serviços de Energia)

O sistema energético compreende um conjunto de atividades que podem ser divididas em três níveis: a) produção e conversão de fontes em vetores energéticos; b) armazenamento e distribuição dos vetores; e c) consumo final. Cada nível inclui uma complexa rede de atividades com o objetivo de extrair energia das fontes encontradas na natureza e entregá-la ao ponto de consumo.

Fontes de energia são as formas em que a energia é encontrada na natureza. As várias fontes são processadas e convertidas em vetores que, por sua vez, são armazenados ou distribuídos para os consumidores finais. Dependendo das atividades nos setores de consumo, a energia é usada para operar máquinas, motores, lâmpadas, para transportar bens e pessoas, com o objetivo de satisfazer as necessidades de força motriz, iluminação, cocção, climatização, entre outras. Estas diversas funções são chamadas *usos-finais energéticos* (ou *serviços de energia*). A Tabela 1-1 exemplifica os componentes do sistema energético.

TABELA 1-1 - O SISTEMA ENERGÉTICO

FONTES	PETROLEO	CARVÃO	GÁS NATURAL	SOLAR	BIOMASSA
Extração, tratamento	poço de petróleo	mina de carvão	jazida		agrofloresta
Conversão tecnológica	refinaria	usina de energia	beneficiamento	célula volaica	agricultura
Vetores	gasolina, diesel, etc.	eletricidade	metano	eletricidade	etanol, metanol
Distribuição e Armazenamento	gasoduto, sistema de distribuição de derivados do petróleo	rede elétrica	rede de gás	rede elétrica / uso local	camifios, dutos
Consumo Final	automóvel	ar condicionado	fogão a gás	lâmpada fluorescente	automóvel
Serviços de energia	transporte	qualidade do ar / conforto térmico	cozimento	iluminação	transporte

As fontes de energia podem ser classificadas como fontes primárias ou secundárias, ou como fontes renováveis ou não-renováveis. As fontes primárias originam-se de processos naturais, e incluem petróleo, carvão, gás natural etc. (Tabela 1-2). Geralmente, a energia

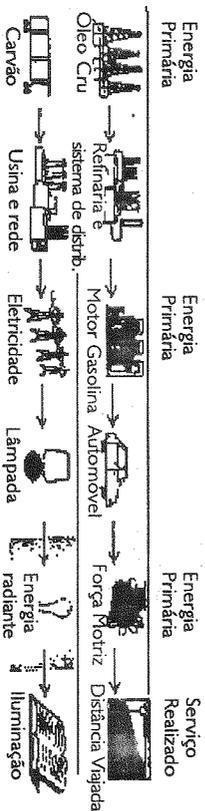
primária necessita ser transformada em *energia secundária* (ou *vetor*) como por exemplo eletricidade ou gasolina, para ser utilizada. Chamamos de *setor energético* o setor de nossa economia que se ocupa dos processos de conversão de fontes primárias em secundárias, como por exemplo refinarias, destilarias de álcool, usinas de produção de eletricidade etc. A classificação das fontes energéticas como renováveis ou não-renováveis pode ser controversa. A princípio nenhuma fonte pode ser considerada absolutamente inesgotável. Todavia fontes de energia são consideradas *fontes renováveis* se seu uso pela humanidade não causa uma variação significativa nos seus potenciais e se suas reposições a curto prazo são relativamente certas. Por exemplo, a energia solar é considerada renovável embora ela seja originada de reações de fusão nuclear que por sua vez são irreversíveis.

De maneira análoga, fontes de energia são consideradas *fontes não-renováveis* se suas reposições naturais levarão muitos séculos ou milênios sob condições muito particulares, tais como para o petróleo, e sua reposição artificial é absolutamente impraticável, envolvendo processos com gastos de energia igual ou maior que a quantidade de energia obtida, ou com custos proibitivos.

*Energia final* inclui algumas formas de energia, primária e secundária, que estão disponíveis para o consumidor, descontando perdas de armazenamento e distribuição. Esta energia é convertida em energia útil no ponto do uso-final. *Energia útil* é a energia realmente demandada pelo consumidor como calor, luz ou movimento mecânico. A quantidade de energia útil aproveitada de uma dada quantidade de energia final depende da eficiência da tecnologia do uso-final.

A energia é transformada através de uma cadeia de eventos. Energia primária existe na forma natural, por exemplo um combustível fóssil, que é extraído de um depósito sedimentar. Depois de uma série de transformações ela se torna disponível para o consumidor, que a converte em formas úteis que são os *serviços de energia* (Figura 1-1). Durante toda essa sequência de eventos existem perdas, cabendo ao planejador a tarefa

FIGURA 1-1: O FLUXO DE ENERGIA

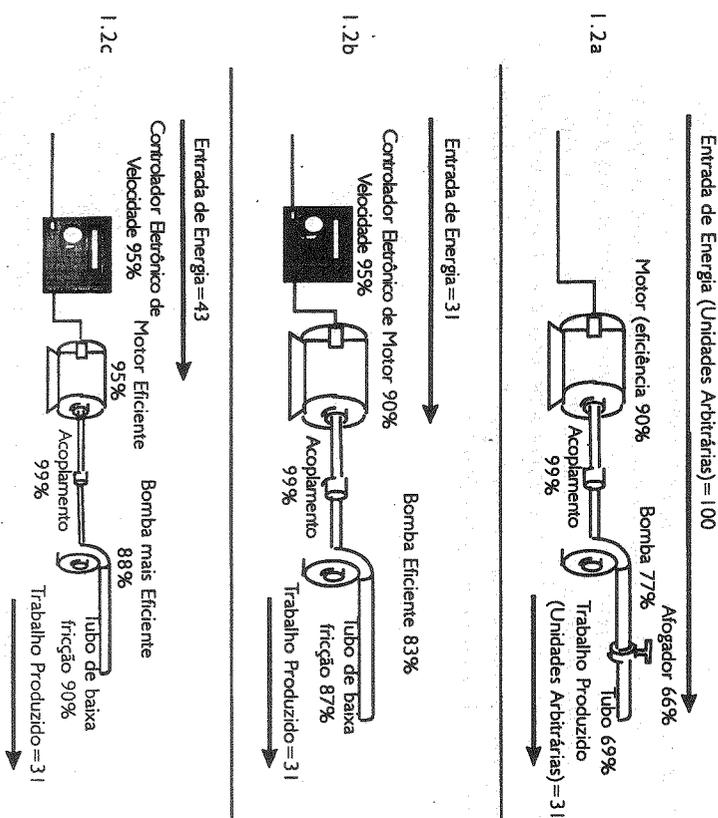


de idealizar um sistema que procure reduzir as de maneira economicamente interessante e ambientalmente mais segura. Portanto, a *energia útil* chega até o consumidor promovendo algum tipo de *serviço*. *Serviços de energia* incluem, por exemplo, cozimento, iluminação, conforto térmico, refrigeração de alimentos, transporte e manufatura de pro-

TABELA 1-2.- ALGUMAS CLASSIFICAÇÕES DE FONTES DE ENERGIA

FONTES	RENOVÁVEL	NÃO-RENOVÁVEL
Comercial	En. hidráulica, álcool e geotérmica	Combustíveis fósseis
Não-comercial	Lenha e resíduos	Desmatamento (uso de lenha)
Energia Primária	En. Hidráulica e lenha	Carvão, petróleo e gás natural
Energia Secundária	Vegetal hidroeletricidade e biogás	Gasolina, óleo diesel e termo-elasticidade

FIGURA 1-2.- EFICIÊNCIA DO USO-FINAL



Fonte: SCIENTIFIC AMERICAN, 1990.

duto. Enquanto geralmente se discute eficiência do uso-final energético com atenção à conversão de energia final para útil, realizada em um determinado equipamento, ela é na verdade tratada de uma maneira mais abrangente. Por exemplo, um ar condicionado relativamente eficiente pode reduzir a demanda de eletricidade de um prédio comercial, mas uma construção bem projetada poderia promover o mesmo serviço de energia (conforto térmico) sem ar condicionado. A Figura 1-2 ilustra o efeito das melhorias na eficiência do uso-final reduzindo os requisitos de entrada energética enquanto mantém o mesmo nível de saída de serviço para o caso de um motor elétrico (trabalho).

Melhorias técnicas podem aumentar a eficiência de um sistema típico de motor-bomba (1.2a da figura) de 31 para 72% e pode se pagar em dois ou três anos (ou menos contando os custos de manutenção economizados). Um controlador eletrônico de velocidade (1.2b da figura) ateta a eficiência dos outros componentes. Aqui o efeito final desse componente é uma economia de 21%, não contando perdas menores nos dutos. Um motor e bomba mais eficientes e melhor dimensionados para a finalidade, assim como melhores dutos, economizam ainda mais (1.2c da figura). A introdução de outras melhorias pode reduzir o consumo de energia em 40%.

### 1.2.2 A Dimensão Humana da Energia

A energia pode ser vista pela sociedade de várias formas, dependendo do nível de decisão, influência e necessidades inerentes dos diferentes grupos sociais. Entender essas diferentes percepções é relevante porque elas condicionam a maneira de se realizar o planejamento energético. A energia pode ser tratada como uma mercadoria (*commodity*), uma necessidade social ou um recurso estratégico ou ecológico. À parte dos aspectos técnicos, a tomada de decisão energética é mais influenciada pelo modo como ela é compreendida pelos agentes que participam desse processo.

A visão da energia como *mercadoria* (*commodity*) aparece em alguns setores importantes da economia, como os representados por companhias energéticas e os grandes consumidores. São agentes que dependem da produção, da venda ou compra de energia. Este ponto de vista reflete uma gama de valores baseada no relacionamento *comprador-preço-vendedor* e exclui em geral outros aspectos, não relacionados à transação comercial. Os grandes consumidores, tais como indústrias eletro-intensivas, também participam deste enfoque. Esse tipo de visão é dominante naquelas empresas de energia que somente consideram as vendas de kWh, ou barris de petróleo, como fonte de receitas. No caso do setor elétrico esta é a filosofia que tem influenciado as iniciativas de expansão da oferta e estímulos ao aumento do mercado de consumo.

Uma visão ecológica surgiu nos anos 70, quando as crises do petróleo obrigaram alguns países industrializados a usarem mais carvão e energia nuclear como fontes de energia. Diversos acidentes levantaram a questão da segurança nuclear aumentando os cuidados e investimentos nesse setor. Os conceitos de poluição ambiental, recursos renováveis e desenvolvimento sustentável têm sido introduzidos desde então, e foram disseminados por grupos e organizações que se caracterizam por fortes pressões para manter o controle sobre a expansão de atividades do setor energético. Esses grupos, apesar de não participarem diretamente e de maneira significativa no mercado de energia comercial (seja como produtor ou consumidor), sofreram ou se tomaram sensíveis aos efeitos da instalação nuclear, das grandes instalações hidrelétricas e de combustíveis fósseis com maiores impactos ambientais, e têm sido capazes de influenciar as decisões político-energéticas.

A energia também pode ser entendida como uma necessidade da sociedade moderna, já que seus serviços são agora considerados tão básicos como a infra-estrutura de provisão de água, saneamento, transportes, saúde pública etc. Em muitos países existem medidas para socializar seu uso, como por exemplo subsídios em combustíveis usados por grupos de baixa renda (como combustíveis para cocção, iluminação e calefação) ou para programas de eletrificação rural. Há setores da sociedade e órgãos públicos que são caracterizados por desenvolver atividades para manter o acesso de certos grupos de consumidores a serviços modernos de energia.

O aspecto estratégico tem sido determinado de acordo com a localização geográfica de certas fontes energéticas e da orientação política atual. Ele tem feito muitos países investirem na exploração de fontes domésticas ou procurar alternativas mais seguras, apesar de muitas vezes iniciativas envolverem altos custos iniciais. A energia se tornou uma questão de segurança nacional e tem contribuído decisivamente como justificativa de alguns países para intervenção militar em regiões produtoras, o que se evidenciou na guerra do Golfo Pérsico de 1991.

No caso de países em desenvolvimento, o agente mais importante nas decisões com relação ao setor energético nos últimos 20 ou 30 anos tem sido o governo nacional, que também foi o principal responsável pelas decisões econômicas nacionais. Assim, por exemplo, a energia tem sido vista pelo governo brasileiro como um elemento estratégico para promover o crescimento econômico através da industrialização e exportação de manufaturados (principalmente daqueles intensivos em eletricidade), como também ocorreu em muitos outros países em desenvolvimento. A infra-estrutura para prover energia foi uma importante parte da estratégia de desenvolvimento industrial brasileiro. Ao longo dos planos de desenvolvimento

e econômico o setor industrial teve preços preferenciais para combustíveis e eletricidade e algumas indústrias, como as exportadoras de alumínio, ainda pagam preços de energia que estão bem abaixo dos custos reais de produção.

No Brasil e na maioria dos países em desenvolvimento, a visão atual da energia tem sido influenciada por eventos externos importantes, tais como os choques do preço do petróleo, as pressões financeiras resultantes da dívida externa acumulada e em anos recentes pela maior preocupação com o meio ambiente. O preço do petróleo durante os anos 70 determinou maiores esforços do Brasil em termos da redução da dependência externa deste combustível, por exemplo, através da canalização de investimentos para exploração, produção nacional e maior uso de hidreletricidade. Programas de substituição de combustíveis foram iniciados durante aquela época, como o Programa Nacional do Alcool (PROALCOOL), com o objetivo de aumentar a produção doméstica de combustível como uma mercadoria estratégica. Este programa de produção de energia no Brasil estava entre os de maior sucesso e maior duração entre aqueles que se iniciaram nos anos 70. Problemas com a garantia de um retorno lucrativo sobre novos investimentos energéticos também contribuíram para a dificuldade em pagar os empréstimos contraiados e obter novos empréstimos. Alguns deles feitos por bancos multilaterais passaram a exigir crescentes investimentos em conservação de energia e proteção ambiental. No caso brasileiro, uma parte desses recursos foi destinada para a criação do Programa Nacional de Conservação de Eletricidade (PROCEL) em 1985. A partir de então as autoridades do planejamento energético nacional tinham que incorporar este novo componente nas suas projeções de demanda de energia e na preparação de políticas. O Procel é agora um importante componente do planejamento de eletricidade e capacidade de desenvolvimento do Brasil. O componente ambiental é também condicionante importante dos novos financiamentos e para a viabilização de empreendimentos energéticos (MAMMANA, 1994).

### 1.2.3 Contabilidade Energética

#### a) Balanço de energia e matriz energética

Um balanço de energia é um sistema de contabilidade que descreve o fluxo de energia através de uma economia (regional, estadual ou nacional) durante dado período, geralmente um ano. Este conjunto de informações é atualmente a mais completa fonte disponível de estatísticas de energia, oficiais sobre produção, conversão e consumo, assim como exportação de vetores de energia. O prin-

principal objetivo de um balanço energético é prover informação para o planejamento de investimentos nos diferentes setores do sistema. Ele também deve indicar onde realizar investimentos em pesquisa e desenvolvimento para usos mais eficientes, e mesmo modificações no mercado consumidor de energia.

O balanço energético pode ser feito através de uma matriz, também chamada de matriz energética,<sup>3</sup> na qual todas as formas de energia, suas conversões, perdas e usos em um dado período são registradas em uma mesma unidade de medida. Um balanço energético pode ser apresentado de outras formas, cada uma com suas próprias vantagens e proposições. A forma mais comum inclui colunas com quantidades de fontes ou vetores de energia usados e linhas com dados sobre as transformações energéticas (conversões) e setores consumidores.

#### b) Unidades e conversão

Existe uma variedade de quantidades físicas nas quais os fluxos de energia podem ser expressos, e muitas vezes essas quantidades não são necessariamente compatíveis entre si. Por exemplo, gasolina e etanol são geralmente medidos em litros, consumo de eletricidade em kilowatt-hora (kWh), carvão em toneladas, petróleo em barris etc.

É necessário expressar as diferentes formas de energia através da mesma unidade de medida. O conteúdo energético térmico de cada combustível é a forma usada para a contabilização das quantidades de energia, que podem ser expressas como *calorias* (cal), *joules* (J), *toneladas equivalentes de petróleo* (TEP) ou *toneladas equivalentes de carvão* (TEC), ou *terawatt-hora* (TWh).

O conteúdo térmico ou poder calorífico de um combustível é medido por meio de um calorímetro, que pode determinar o poder calorífico superior (PCS) quando se inclui a quantidade de calor liberada pela condensação do vapor d'água formado durante a combustão ou o poder calorífico inferior (PCI), quando este componente é excluído do poder calorífico. O PCS é a quantidade usada para estimar a quantidade de energia disponível para o usuário. Na maioria dos países das Américas do Norte e do Sul, o PCS é usado para as conversões necessárias nas contabilidades de energia nacional e nas tabelas do balanço energético. Na Europa, o PCI é mais usado. Para expressar o conteúdo térmico de um combustível, estabelece-se uma unidade de medida, mas é sempre de-

3. Alguns autores usam a expressão "matriz energética" se referindo a um "balanço energético" ideal que está sendo proposto pelos planejadores. Balanço energético se refere a uma contabilidade presente ou do passado.

sejaável indicar o valor em unidades no sistema SI. Por exemplo, quando se usa a unidade *toneladas equivalente de petróleo* (TEP) é apropriado notar que 1.0 TEP = 45 GJ.

O nome "balanço" se refere ao fato de que as quantidades de energia primária produzidas devem ser necessariamente iguais às quantidades consumidas, depois de contabilizadas por mudanças nos estoques, importações e exportações e o valor usado para a conversão em produtos de energia secundário, incluindo perdas:

$$P + I - X = L + CF + Cre + DS \quad [\text{Eq. 1.1}]$$

P = energia total produzida

I = importação

X = exportação

L = perdas e consumo no interior do setor de conversão energética

CF = uso total de energia nos setores de consumo final (residencial, industrial etc.)

Cre = consumos não-energéticos (i.e. gás natural como um produto petroquímico)

DS = diferenças líquidas nos estoques (aumentos são definidos como mudanças negativas)

A matriz é preenchida então por cada tipo de produto energético em uso. Os elementos P, I e X se referem ao setor de energia primária. L se refere à conversão das fontes de energia primária para energia secundária (vetores), incluindo a produção de derivados de petróleo, eletricidade, etanol etc., e as perdas resultantes dessas conversões. CF se refere aos setores de consumo final, os quais podem ser desagregados em subsetores e desmembrados de acordo com o tipo de uso final, tais como iluminação, energia motriz, condicionamento de ar, aquecimento da água, calor de processo etc.

TABELA. 1-3 - EXEMPLOS DE EFICIÊNCIA DA CONVERSÃO DA ENERGIA FINAL PARA ENERGIA ÚTIL EM EQUIPAMENTOS

Setor - Usos final	Energia final										
	elet. nat.	gás nat.	GLP	lenha	solar	diesel	carvão	bagago	etanol	gasolina	carvão vegetal
Resid.	Cozin.	45-80%	30-50%	10-20%							20-30%
	Aquec. Água	95%	80%		40%						
Com.	Ilumin. -Incand.	5-8%									
	Ilumin. -Alcand.	20-30%									
Indust.	Energia Matriz	90-95%				32%					
	Vapor de Caldeira	70-75%		45%		65-73%		30%			45%
Transporte		70%	22%			24-35%			33%	18-25%	

Um balanço de energia pode ser expresso em termos de energia útil, agregando dados referentes a eficiência do uso-final energético. Para calcular esta eficiência, é necessário distinguir dois passos no processo do uso-final energético. O primeiro ocorre quando o vetor energético é transformado em um vetor final de energia e o segundo passo se refere ao caminho do uso deste vetor energético para produzir bens ou promover o serviço desejado. Por exemplo, o combustível diesel pode ser usado para produzir vapor em uma caldeira, com uma eficiência de 60%, e o vapor produzido será distribuído para outras partes de uma indústria onde esta energia será usada. Este segundo passo pode ter uma nova eficiência relacionada com a forma na qual o sistema de vapor é projetado e operado. O exemplo apresentado na Figura 1-2 ilustra também este aspecto. Um balanço energético em termos de energia útil requer dados detalhados com relação às tecnologias de uso-final e como elas são usadas. Frequentemente utiliza-se a primeira lei da termodinâmica. Mais recentemente, discussões com relação ao problema de mudança climática global, resultante da contínua emissão de dióxido de carbono originário da combustão dos fósseis, têm levado ao uso de um balanço energético em termos de toneladas de carbono liberado na produção de energia e nos setores de consumo.

#### Exercício 1-1

Certo processo industrial requer o uso de 1 tonelada de vapor. O gerador de vapor opera com eficiência de 80% usando óleo combustível a uma taxa de 65,78 kg/hora. Considerando as diferentes possibilidades de combustíveis e tecnologias abaixo, calcule a energia necessária para ser fornecida por:

- óleo diesel, gerador de vapor com 85% de eficiência.
- gás natural, gerador de vapor com 88% de eficiência.
- lenha, gerador de vapor com 70% de eficiência.
- eletricidade, gerador de vapor com 95% de eficiência.

Nota: use os conteúdos energéticos dos combustíveis listados no apêndice. Qual é o sistema mais eficiente?

Considere que a eletricidade é produzida em uma termoeletrônica que utiliza gás natural, com uma eficiência de 40% para converter uma unidade de energia de gás natural em eletricidade. Calcule a quantidade de gás natural necessária para a produção de 1 tonelada de vapor. Discuta os resultados com aqueles obtidos anteriormente.

A partir da tabela abaixo calcule as emissões de carbono dos 5 sistemas: óleo combustível, óleo diesel, gás natural, lenha e eletricidade (termoeletricidade a partir do gás). Discuta os resultados indicando os que possuem menores contribuições para o aumento de emissões de carbono. No caso considerado, existe alguma relação entre sistemas energeticamente eficientes e aqueles com menores taxas de emissões de carbono?

TABELA 1-4: EMISSÕES DE CARBONO POR FONTES DE COMBUSTÍVEL

Combustível	Taxa de emissão (kg-C/GJ)
Carvão	23,8
Óleo Combustível	20,0
Óleo Diesel	19,7
Gasolina	18,9
Betano	16,8
Propano	16,3
Etano	15,5
Metano	13,1

Fonte: US SENATE, 1988.

#### Exercício 1-2

Considere a tabela abaixo:

TABELA 1-5: TECNOLOGIAS DE ILUMINAÇÃO E SUAS EFICIÊNCIAS  
(EM TERMOS DE LUMENS/WATT)

Tecnologias	Lumens/watt	tipos comerciais mais comuns (watts)
incandescente convencional	10	25, 60, 100
incandescente halógena	14	10
incandescente eficiente	12	10
	22	100
incandescente eficiente	13	54
	14	90
fluorescente convencional	67	20
	67	40
fluorescente eficiente	90	16
	90	32
fluorescente (compacta)	57	5
	65	13

Suponha que você queira substituir tecnologias ineficientes, encontre pelo menos 4 casos onde é possível utilizar outra tecnologia que mantenha tão próximo quanto possível o nível do serviço de energia oferecido – iluminação (mesmo número de lumens

produzidos), ou que a substituição realizada não diminua o número de lumens obtidos com a tecnologia anterior.

Supondo um uso de 3 horas diárias para cada substituição, calcule as economias anuais de energia elétrica.

### 1.3 SERVIÇOS DE ENERGIA E A OFERTA DE ELETRICIDADE

#### 1.3.1 A Energia como Mercadoria e o Planejamento

Nos anos 70, as projeções de demanda de energia eram feitas baseadas nas previsões macroeconômicas, que extrapolavam essencialmente as relações econômico-energéticas do passado para o futuro. Estas projeções indicavam inevitavelmente um crescimento muito alto da demanda de energia e levavam a nível internacional, por exemplo, a planos de grande expansão da capacidade de oferta de energia, especialmente para a geração de eletricidade nuclear e a de carvão. Entretanto, a demanda efetiva de energia não se desenvolveu de acordo com as expectativas, estimulando o trabalho de analistas para a compreensão das razões subjacentes.

Um dos principais resultados dessa análise foi a constatação de que os mercados de serviços de energia não se comportam como se supunha nos modelos usados, e conseqüentemente, as projeções baseadas nesses modelos não refletem a realidade. Estudos posteriores formaram as bases da metodologia *bottom-up* para análises energéticas, envolvendo modelos desagregados dos sistemas que fornecem serviços de energia. Esta metodologia considera tanto oferta de energia quanto alternativas de uso-final (lado da demanda) e os custos destas alternativas. Desta forma, o foco está sobre as medidas que promovem serviços de energia, em lugar de tratar a energia como uma mercadoria como era o caso nos modelos até a década de 70. Esta é uma visão mais ampla do que considerar o setor energético convencional que inclui somente a oferta de energia.

Este tipo de análise constatou que em geral muitos bens e serviços energointensivos estavam atingindo pontos de saturação nos países industrializados, e que muitas melhorias técnicas na eficiência do uso-final de energia estavam se tornando disponíveis. Esses resultados sugeriam que o crescimento econômico e o bem-estar material poderiam ser mantidos com uma oferta de energia e impacto ambiental significativamente menores que os indicados nas projeções até então existentes.

Durante a década seguinte, quase todos os países da OECD (*Organization for Economic Cooperation and Development*) revisaram suas projeções de demanda de energia diminuindo-as drasticamente. Mais recentemente, o potencial para o uso de energia eficiente como uma estratégia de desenvolvimento se tornou amplamente reconhecido nos países em desenvolvimento (GELLER, 1990). Principalmente, as análises *bottom-up* tornaram-se uma ferramenta de uso comum no panorama da demanda, nas agências do governo e no planejamento de programas de eficiência energética das CEs.

#### 1.3.2 Objetivos da Análise *Bottom-up*

O principal objetivo da análise *bottom-up* é criar uma descrição quantitativa da estrutura tecnológica da conversão e do uso da energia. Isto começa com uma estimativa atual da demanda desagregada por serviços de energia, tais como conforto e locomoção, e a partir dessa base são propostos cenários futuros, usando diferentes combinações de tecnologias para oferta e demanda de energia. Os cenários de demanda são baseados nos dados de quantidades físicas, que identificam tecnologias alternativas para cada uso-final, avaliando o impacto de seu desempenho e custos. A descrição física proporciona um panorama analítico para comparar tecnologias, seus diferentes desempenhos energéticos, custos e políticas que podem ser adotadas para influenciar suas taxas de desenvolvimento e uso.

A utilização de cenários é um caminho para se comparar diferentes combinações de alternativas tecnológicas com o objetivo de proporcionar o mesmo nível de serviços de energia. Este nível de serviços deve ser satisfeito através de uma combinação de melhorias de eficiência, e da oferta convencional de energia. É essencial definir um *cenário base* (ou *cenário de referência*) como ponto de partida para a análise das melhorias de eficiência energética. O Capítulo 2 tratará dessas questões.

O *cenário base* para níveis futuros de demanda de serviços de energia é sempre tratado à parte da análise *bottom-up* energética, por exemplo, ele pode ser representado pelas projeções oficiais do governo de crescimento de serviços de energia e da estrutura básica da economia futura. Entretanto, a perspectiva *bottom-up* pode revelar particularidades importantes com relação às perspectivas de saturação na demanda de alguns produtos energointensivos ou mudanças nos padrões de consumo (WILLIAMS et al., 1987).

Além de procurar identificar os potenciais tecnológicos, a análise *bottom-up* pode descrever as limitações e as barreiras do mercado, como taxas de reposição de equipamentos e requisitos de capital, que restringem a taxa de

implementação de eficiência energética. Sem mudanças políticas, as distorções do mercado e as barreiras institucionais impedirão o alcance de potenciais identificados. Então, cenários alternativos devem ser vistos como atingíveis sob a perspectiva de que os mercados são reformuláveis e as políticas são destinadas a remover as barreiras identificadas.

### 1.3.3 A Estrutura de Oferta de Eletricidade

A principal característica do processo PIR, como foi dito, é a análise de ações tanto no lado da oferta quanto no da demanda do sistema elétrico. Isto significa trabalhar tanto com a estrutura de oferta de eletricidade como com a estrutura da demanda. Como existem dificuldades para armazenar a eletricidade produzida, deve haver uma perfeita sincronia entre a demanda que vai ocorrendo durante o dia e a produção de eletricidade nas usinas. O PIR implica em se conhecer com detalhes tanto as características do mercado consumidor (tecnologias, hábitos dos consumidores etc.) como as características do sistema elétrico em operação e suas perspectivas de expansão. Apresentamos aqui algumas informações que são tradicionalmente utilizadas no planejamento da expansão do setor elétrico, e no Capítulo 4 adicionaremos outras noções que são importantes para melhor compreensão do PIR.

A demanda típica de eletricidade varia consideravelmente durante o curso do dia e do ano. Geralmente há umas poucas horas de demanda de pico (demanda máxima) a cada dia, quando os usos comerciais, iluminação pública e os residenciais se sobrepõem no final da tarde, restando diversas horas de baixa demanda durante a noite e início da manhã. Somando-se a isso, existe geralmente uma época do ano de demanda relativamente alta, devido à sazonalidade dos usos-finais de acordo com o tempo, tais como o uso de ar condicionado ou de calefação. É fundamental ter esse tipo de informação para escolher o tipo e dimensões das usinas a serem construídas para que quando colocadas em funcionamento atendam à demanda prevista.

A magnitude da demanda total de eletricidade de uma certa região em cada hora do ano pode ser analisada de acordo com sua frequência de ocorrência. A distribuição acumulada da frequência dos níveis de carga é mostrada na *curva de duração de carga* da companhia elétrica (Figura 1-3). Essa curva representa o número de horas no ano em que se registram níveis determinados de demanda. De maneira geral, ela mostra umas poucas horas de demanda típica de pico alto e então, uma redução gradual da carga com um aumento acumulativo da frequência.

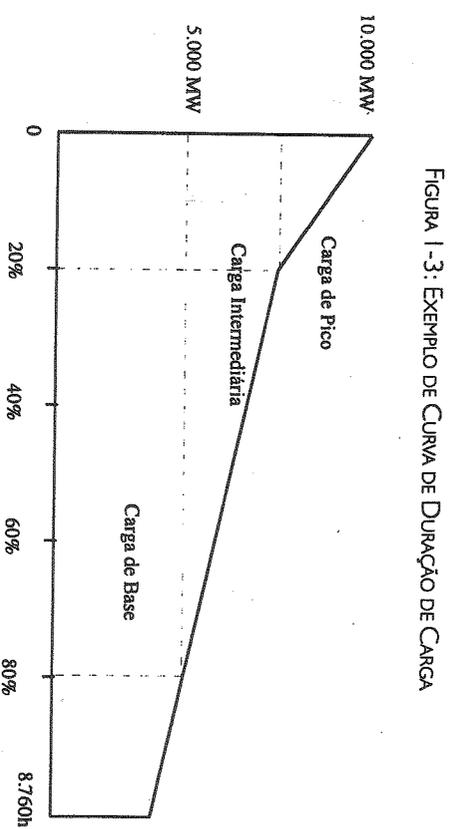


FIGURA 1-3: EXEMPLO DE CURVA DE DURAÇÃO DE CARGA

A curva de duração de carga pode ser dividida em três níveis, que indicam as diferentes categorias de operação dos recursos de oferta. Sobre uma curva de carga, a carga mínima é somente o nível mais baixo de demanda que a companhia deve encontrar e este define a carga que é atingida em 100% do tempo. Usinas de geração que funcionam aproximadamente todo tempo (> 80% do tempo) para atingir essa carga mínima constante são os insumos de *carga da base*. A *carga intermediária* é o nível de demanda que ocorre entre cerca de 20% e 80% do tempo e usinas que funcionam para esta fração do ano são recursos da carga intermediária. A *carga de pico* é o nível que é excedido em menos que 20% do ano e a carga máxima é somente o nível de mais alta demanda do ano. Usinas que trabalham somente durante estas horas de demanda máxima são recursos de carga de pico.

A frequência do uso de uma usina elétrica afeta tanto sua operação como seu desempenho econômico. Algumas usinas são capazes de operar acompanhando a carga, variando sua produção de acordo com o nível da demanda. Tais usinas são bem adequadas para aplicações de carga intermediária e de pico. Em outras usinas, pode ser difícil e caro mudar o nível de produção rapidamente, e assim são mais apropriadas para as aplicações de carga de base. Somando-se a isso, usinas com custos operacionais baixos são mais econômicas como usinas de carga de base, mesmo se seus custos de capital são altos, por causa do seu longo tempo de operação. Usinas com custos baixos de capital, por sua vez, são econômicas como usinas de carga de pico, sem levar em consideração seus custos operacionais, porque elas estão em funcionamento relativamente poucas horas durante o ano.

Freqüentemente é necessário conhecer curvas de carga diárias e fazer projeções futuras para se planejar corretamente a expansão e operação de um sistema elétrico. No Capítulo 4 esse tema é tratado novamente no contexto da integração das opções da oferta e demanda. A Figura 1-4 ilustra um exemplo de curva de carga diária mostrando a formação de um pico de demanda no final do dia.

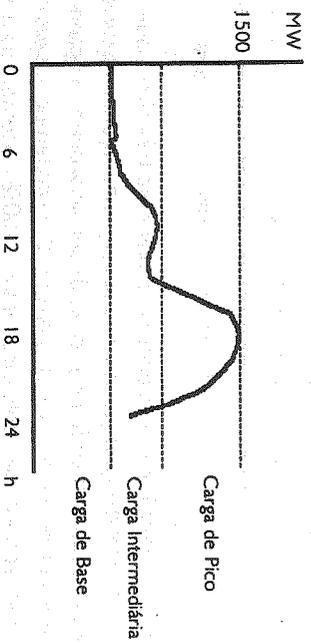


FIGURA 1-4: EXEMPLO DE CURVA DE CARGA

No Capítulo 4 mostraremos como relacionar o perfil de carga e de energia, na forma de um fator de carga e de uma curva de duração de carga.

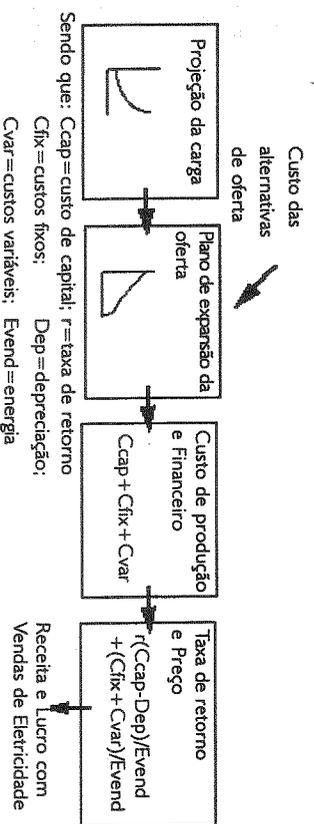
## 1.4 O QUE É PLANEJAMENTO INTEGRADO DE RECURSOS?

### 1.4.1 O PIR e o Planejamento Tradicional

O planejamento do setor elétrico moderno necessita contemplar múltiplos objetivos econômicos, sociais e ambientais, e requer para isso a aplicação de um processo de planejamento mais complexo que integre esses objetivos que se sempre conflitantes e, ao mesmo tempo, considere a utilização dos recursos energéticos alternativos e convencionais o mais amplamente possível. Ao desenvolver a elaboração e a avaliação de um processo de planejamento integrado de recursos (PIR) ao longo deste livro, espera-se mostrar métodos úteis para integrar as opções de eficiência energética e os aspectos ambientais no planejamento elétrico.

O planejamento elétrico tradicional tem procurado expandir os recursos de oferta com o propósito de atender ao crescimento de demanda futura com segurança e minimizando os custos econômicos desta expansão (ver Figura 1-5). Estes critérios somados com os aumentos das economias de escala na geração elétrica que foram sendo obtidos até recentemente, levaram a uma estratégia quase que universal de rápida expansão da capacidade e de promoção do crescimento da demanda com pouca consideração da necessidade ou eficiência do uso energético. Mais recentemente, entretanto, o aumento dos custos da oferta e as restrições ambientais têm sido suficientes para colocar em xeque esse conceito de planejamento do setor elétrico de expansão da geração a "custo mínimo" (*least-cost planning*). Em alguns países, inclusive, o conceito começou a ser completamente redefinido.

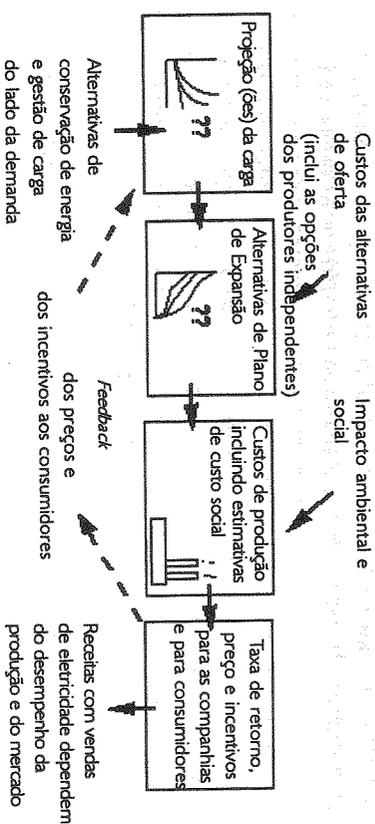
FIGURA 1-5: O TRADICIONAL MODELO DE PLANEJAMENTO ELÉTRICO A "CUSTO MÍNIMO"



O planejamento da CE moderna está evoluindo em direção ao PIR, e cada vez menos se pratica preferencialmente a expansão da oferta a custo mínimo (*least-cost planning*) (ver Figura 1-6). Isto significa integrar uma gama mais ampla de opções tecnológicas, incluindo tecnologias para a eficiência energética e a gestão de carga no "lado da demanda", assim como fontes de geração descentralizadas e produtores independentes. Também, isto significa integrar uma faixa mais ampla dos componentes do custo, incluindo custos ambientais e outros sociais, dentro da avaliação e da seleção das alternativas técnicas potenciais.

O resultado esperado das mudanças trazidas pelo PIR é o de criar um ambiente econômico mais favorável para o desenvolvimento e a aplicação de tecnologias de uso final eficientes, tecnologias limpas e tecnologias de produção de energia menos centra-

FIGURA I-6: UM MODELO INTEGRADO DE CARGA E CUSTO DE PRODUÇÃO ELÉTRICA A "CUSTO-MÍNIMO"



lizadas, incluindo fontes renováveis. O uso do PIR significa que estas opções serão consideradas, e com a inclusão dos custos ambientais significa que elas poderão parecer relativamente atraentes, comparadas com as opções de oferta tradicionais.

A dificuldade da implementação de tais mudanças na economia de mercado é que o valor da qualidade ambiental não possui uma conotação econômica clara, já que ela é um bem social comum e que os benefícios das tecnologias mais limpas e de eficiência energética não são captados pelo mercado, por causa de suas várias distorções e das barreiras institucionais que têm sido extensivamente documentadas (FISHER and ROTHKOPF, 1989). Assim, planejamento e regulamentação têm sido usados para corrigir estes problemas e dar incentivos para dirigir o mercado em direção às tecnologias de energia mais eficientes e menos poluidoras. Preços mais altos da eletricidade são frequentemente necessários para implementar os planos e as alocações de recursos resultantes do PIR, mas preços não são uma solução suficiente para um mercado de competição imperfeita e de informação incompleta.

O PIR é um processo que combina opções de tecnologias de oferta de eletricidade e de melhorias de eficiência energética, incluindo opções de gerenciamento do lado da demanda (DSM), para prover serviços de energia a menores custos (incluindo custos sociais e ambientais). A implementação do PIR requer, em geral, as seguintes etapas:

- 1) a coleta de dados confiáveis sobre padrões de uso-final de eletricidade e alternativas técnicas para melhorar suas eficiências energéticas ou perfil de carga (o tratamento da demanda deve ser mais em termos dos serviços de energia do que estritamente em kWh);
- 2) definição e projeção das demandas de serviços de energia;
- 3) o cálculo dos custos e dos impactos na curva de carga das alternativas do lado da demanda;
- 4) a comparação dos custos das alternativas do lado da demanda com os custos e os impactos ambientais das ofertas de eletricidade (alternativa e convencional);
- 5) a elaboração de um plano integrado de opções de oferta e ações no lado da demanda que satisfaçam critérios acordados de custos e qualidade ambiental; e
- 6) implementação do plano.

As duas etapas iniciais serão tratadas no Capítulo 2. A demanda total de eletricidade é desagregada por setor, por uso-final e por tecnologias, com o maior detalhamento possível a partir dos dados disponíveis. Em muitas situações, novas pesquisas são realizadas para levantamento de informações. Tomando como base essas informações e os cenários existentes de demanda elétrica podem ser feitas projeções desagregadas dos níveis futuros de serviços de energia.

Na terceira etapa, a ser tratada no Capítulo 3, as tecnologias para melhorar a eficiência do uso-final energético ou influenciar o modelo de carga são identificadas. Os impactos técnicos e econômicos destas alternativas são estimados, comparados e ordenados de acordo com seus custos. Baseados nestes resultados, os programas DSM e outras estratégias de eficiência energética são analisados em termos dos seus custos totais e taxas de penetração no mercado dentro do horizonte de planejamento.

Na quarta etapa, tratada no Capítulo 4, a análise do custo de alternativas de oferta de eletricidade existentes e novas é usada para ordenar essas alternativas de acordo com o custo marginal. Os resultados são comparados com os custos marginais das opções do lado da demanda, incluindo custos ambientais. Os dois conjuntos de opções são então comparados e combinados para produzir o plano de eletricidade "integrado" a mínimo custo.

A implementação efetiva de um PIR vai além do escopo do presente trabalho, embora algumas questões relevantes sejam discutidas em vários pontos dos capítulos seguintes. O plano integrado de eletricidade deve ser assunto para novos estudos de política energética, incluindo avaliação financeira, aná-

lise de sensibilidade e planejamento de implementação antes que o plano final seja completado. A incorporação destas questões deve ordenar a classificação de alguns planos integrados ou excluir certos recursos do plano. Em geral este passo pode ser visto como a "sintonia final" dos resultados do PIR por contar com questões específicas e opções inerentes no cenário nacional ou local.

#### *Incertezas do planejamento da oferta e da demanda*

Erroneamente tem se associado maiores incertezas ao sucesso de ações do lado da demanda quando comparadas àquelas associadas a medidas de expansão do suprimento de energia. Existem diversas dificuldades relacionadas com previsões de produção e custos de energia elétrica. As famosas economias de escalas associadas aos grandes empreendimentos de geração de eletricidade foram sendo derrubadas pelos fatos: incertezas com relação ao tempo de construção de grandes usinas, aliadas a variação de juros de financiamentos, resultaram na multiplicação dos custos das usinas projetadas durante as duas últimas décadas.

Certos impactos ambientais são difíceis de serem previstos antes da instalação de um empreendimento, e podem onerar ou mesmo inviabilizar a produção de energia após a conclusão da construção de uma usina hidrelétrica. Pregos de insumos, ou combustíveis também afetam o custo final da eletricidade produzida em uma termoeletrica e estão sujeitos a incertezas futuras. A própria operação do sistema elétrico possui incertezas, sejam climáticas (associadas a regime de chuvas em sistemas hidrelétricos) como do desempenho e manutenção dos equipamentos do sistema de geração, transmissão e distribuição.

Do lado da demanda, as maiores dificuldades estão relacionadas com a efetiva mensuração dos efeitos dos programas de eficiência, seja em termos de kWh e kW conservados como também nos seus custos. Ainda é necessário mais pesquisa para se entender com segurança fatores como participação do consumidor e persistência das medidas introduzidas.

### 1.4.2 Possibilidades do PIR

O PIR procura considerar de maneira explícita uma gama maior de opções de investimentos para expandir os serviços de energia. A seguir apresentamos algumas das principais ações a serem estudadas dentro de um PIR.

#### a) Ações de DSM e reduções de perda

Como foi dito, um elemento-chave do processo PIR é fazer a avaliação econômica e técnica da melhoria de eficiência energética nas mesmas bases da expansão da oferta. Nos EE.UU. e Canadá, a regulamentação estadual e federal tem feito deste tipo de avaliação uma rotina das atividades da companhia elétrica. Lá um fator que torna interessante esse tipo de análise para as companhias, é que muitas possuem em uma estrutura verticalmente integrada, e possuem portanto, atividades de geração, transmissão e distribuição de eletricidade. A regulamentação e fiscalização realizada pelas comissões das companhias elétricas públicas (PUCs) tem estimulado uma ampla aplicação e disseminação dos programas de DSM nas companhias elétricas, reduzindo a demanda de eletricidade sem comprometer as necessidades de serviços de energia do consumidor.

Os investimentos em eficiência energética são avaliados em um processo PIR usando a mesma taxa de desconto empregada para fazer investimentos do lado da oferta. Planejadores avaliam e hierarquizam as opções de oferta, programas de eficiência e outras medidas do lado da demanda que poderiam fornecer os serviços de energia necessários, começando pelas oportunidades de menor custo. O PIR requer que o governo ou uma entidade que oferta energia sejam capazes de escolher entre financiar eficiência energética ou pagar os custos marginais da nova eletricidade sobre bases relativamente iguais, uma vez que se entende que o sucesso da implementação das medidas de eficiência de uso-final não depende somente do critério econômico e da decisão dos consumidores de energia. As taxas de desconto implícitas aplicadas pelos usuários de energia para investimentos em eficiência energética, por exemplo, variam de 20 a 200%, comparadas com as taxas de desconto de 6-10% das CEs (RUDERMAN et al., 1987). Assim, não se pode esperar que impostos ecológicos e aumentos no preço da energia levem, por parte dos consumidores, a investimentos suficientes em tecnologias eficientes de energia. A necessidade de outras medidas para efetivamente promover a implementação da eficiência energética é justificativa para uma atuação governamental direta e para a criação de programas de companhias elétricas (tais como DSM). O processo PIR possibilita uma avaliação rigorosa entre essas medidas e as opções de oferta.

Um exemplo interessante de aplicação do processo PIR é o caso da Northwest Power Planning Council (NWPCC) nos Estados Unidos. A cada três anos, este Conselho produz cenários de projeção de demanda para os próximos 20 anos e cenários descrevendo os recursos existentes para atender à demanda de serviços de eletricidade.

O NMPPC fez duas mudanças importantes no planejamento energético para a região. Primeiro, os cenários energéticos consideram agora explicitamente a incerteza da demanda. Segundo, as melhorias de eficiência energética são tratadas como parte do recurso de oferta de eletricidade. Os cenários distinguem recursos de oferta de eletricidade existentes e novos, as oportunidades de eficiência energética já absorvidas pelos consumidores, pelos programas promovidos pelo Conselho e outros agentes, e também o potencial de eficiência energética projetado para o futuro. As estimativas do potencial futuro de eficiência energética levam em conta a penetração de mercado atingível no tempo projetado, os custos administrativos e as incertezas associadas com a implementação dos programas. O cenário mais recente identifica como recurso de custo mais baixo o potencial de economias de energia a ser conseguido através de programas de eficiência. Isto será suficiente para satisfazer toda a nova demanda nos cenários que assumem taxas de crescimento econômico baixo e médio (os cenários de alto crescimento requerem recursos adicionais de geração) (NMPPC, 1991).

A implementação de medidas de eficiência energética via DSM é a mudança mais comum, que se verifica com o uso do PIR. Entretanto, a estrutura de planejamento necessária para as atividades do PIR é projetada para acomodar não só opções de gerenciamento de carga e eficiência nos usos finais, mas também melhorias de eficiência do lado da oferta, produção independente, geração elétrica convencional e opções de distribuição. O PIR pode ser particularmente apropriado para países em desenvolvimento, onde sempre existem severas restrições ao capital e um potencial para redução de demanda ainda não explorado. Considerações ambientais representam hoje um papel maior nas decisões de planejamento também nestes países e estas características também podem ser captadas na estrutura do PIR.

#### b) Produtores independentes e co-geração

Em anos recentes tem-se visto em muitos países um abandono da estratégia de construção de grandes usinas de geração de eletricidade. Isto pode ser o resultado de duas tendências opostas. A primeira é uma adoção ampla do DSM, que foi o caso nos EE.UU. e Canadá, especialmente nos estados e províncias com agendas ambientais ambiciosas. Tal regulamentação não está presente em outros países, que têm encorajado a eficiência energética em seus vários graus através de informação, de preço, de regulamentação e de outras medidas políticas.

A segunda tendência, em vários países, é a desregulamentação do setor elétrico, tanto nas regiões industrializadas do mundo, como naquelas em desenvolvimento. Ainda

nos EE.UU., onde a influência da regulamentação a nível federal tem permanecido forte, a legislação do PURPA (*Public Utilities Regulatory Policy Act*) estimulou a ampla introdução dos pequenos produtores independentes (IPPs) na indústria de oferta de eletricidade. Esta mudança está direcionando para o advento de maior competição na produção de eletricidade e em uma desregulamentação mais geral do setor energético.

Em muitos outros países a ênfase está claramente na desregulamentação e/ou na privatização do setor energético, com pouca consideração nas implicações diretas pela eficiência energética e pelo DSM. As tendências assumidas por trás da desregulamentação são firmemente fundadas na teoria econômica (ANDERSON, 1993). As expectativas e premissas básicas são que os proprietários privados terão um desempenho de maior eficiência econômica que o setor público, e que a regulamentação é ineficiente e inerentemente custosa, porque reduz as escolhas disponíveis no mercado. Outra premissa é que a competição aumenta a inovação, por parte dos produtores e distribuidores de eletricidade privados. A implementação desse modelo, entretanto, é frequentemente baseada mais na ideologia do que em uma análise realista.

Estas tendências são, em parte também, resultados de fatores técnicos. As economias de escala que reduziram os custos de geração constantemente até cerca de 1970, determinaram os métodos de planejamento e as decisões na direção de grandes centrais de geração (HYMAN, 1988). Entretanto, as economias de escala nas tecnologias de geração têm sido bastante reduzidas. Opções descentralizadas, incluindo tecnologias DSM para eficiência energética e gerenciamento de carga, assim como tecnologias de geração renováveis e pequenas centrais a gás, especialmente aquelas envolvendo a co-geração de calor e potência, estão agora se tornando alternativas bastante competitivas com tecnologias convencionais. A tendência à desregulamentação poderá acentuar as vantagens dos recursos descentralizados, diminuindo o horizonte de tempo para planejar e aumentando o risco dos grandes empreendimentos, que podem ficar ociosos durante certo período (SMISHER, 1994a; WIEL, 1994).

4. O PURPA foi aprovado pelo Congresso dos EE.UU. em 1978 e referendado pelo Federal Power Act. Ele estabelece procedimentos e exigências para guiar as comissões reguladoras estaduais com respeito a tarifas e normas de atuação. O PURPA organiza o desenvolvimento da produção de energia por produtores independentes (IPPs) e promove a conservação de energia, o uso eficiente da capacidade existente e tarifas razoáveis para os consumidores. Uma ação importante do PURPA que teve impacto na indústria de eletricidade foi com relação à exigência de que as CEs fizessem interconexão e comprassem energia dos produtores independentes. Os tipos de IPP que qualificam o tratamento PURPA incluem pequenos projetos de energia renováveis tais como eólica e certos tipos de co-geração combinada de calor e potência.

Nos países em desenvolvimento, o alto crescimento das taxas em demanda por serviços de energia ainda requererá a expansão da capacidade de geração usando as tecnologias convencionais e centralizadas. Entretanto, o potencial da introdução de fontes de menor escala e descentralizadas, incluindo co-geração e produtores independentes, deve ser significativo em muitos países. Um objetivo do PIR é permitir a avaliação de tais fontes nas mesmas bases da expansão central da oferta.

#### c) Impactos ambientais e riscos

Como foi mencionado acima, os padrões ambientais são um dos fatores primordiais, motivadores da aplicação do PIR. Uma das principais razões para perseguir as melhorias de eficiência energética é que o consumo de energia conduz a consequências, variando da poluição local e de gases estufa global para riscos de segurança nuclear e de suprimento de energia, que não são refletidos nos custos de oferta de energia e nos esforços de planejamento. Por exemplo, o cumprimento de determinados padrões para controlar impactos ambientais de grandes hidrelétricas tem influenciado o sistema de planejamento em diversos países como Canadá, Índia, China e Brasil.

Questões ambientais provavelmente serão cada vez mais importantes no futuro, na medida em que é crescente a preocupação com a qualidade e com os padrões do ambiente global e regional, incluindo-se aqui ameaça potencial de mudança climática global, que se torna crescentemente séria. A produção e uso da eletricidade é geralmente uma das maiores fontes de emissões ambientais, tanto globais como locais. Para reduzir estes problemas com melhorias técnicas, iniciativas inovadoras de eficiência energética surgem como uma solução economicamente competitiva.

Os custos ambientais das emissões da produção de eletricidade devem ser considerados como parte daqueles evitados com programas de eficiência e DSM e com o uso de fontes renováveis. Os custos ambientais podem ser taxas cobradas por emissões e pagas pela companhia elétrica ou podem ser valores simbólicos, usados apenas para priorizar e selecionar opções de oferta e de programas de eficiência e DSM no processo PIR. A experiência nos EE.UU. e Canadá com tais valores mostrou que eles têm pouco efeito nos programas de eficiência e DSM mesmo sob uma estrutura de planejamento regulamentada (HASHEM et al., 1994). Sob uma estrutura desregulamentada, os custos ambientais teriam que ser de fato pagos pela companhia elétrica para ter algum efeito sobre suas prioridades na seleção dos recursos.

De qualquer maneira, independentemente de como os custos ambientais são calculados e quais são as tecnologias escolhidas para mitigar tais custos, a avaliação dos custos sociais e ambientais é uma meta importante do PIR como um dos critérios para determinar como a demanda por serviços de energia deveria ser atendida. As opções tecnológicas para reduzir os efeitos ambientais incluem eficiência energética via DSM e outros programas, substituição de combustíveis tanto do lado da oferta quanto da demanda, fontes renováveis, utilização de equipamentos de controle de emissão para usinas elétricas e compensação de emissões. Incluir os custos ambientais no processo PIR torna possível ponderar os possíveis benefícios ambientais dessas opções contra seus custos econômicos.

#### d) Perspectiva da energia como "recurso" público

Em muitos países, uma garantia de oferta de eletricidade é considerada um serviço público essencial. A expansão deste serviço para todos os cidadãos é um componente-chave no planejamento da infra-estrutura da maioria dos países em desenvolvimento conforme vimos anteriormente; assim como foi nos países industrializados no início deste século. Por causa deste aspecto de serviço público e por causa do "monopólio natural" produzido pelas fortes economias de escala em geração e em transmissão de eletricidade até recentemente, o planejamento da energia elétrica é conduzido geralmente com o objetivo do bem-estar social mais amplo que os interesses particulares e próprios das companhias de produção de eletricidade. Em alguns países, isso se verificou através da nacionalização das companhias elétricas ou através da manutenção do monopólio e da criação de concessões. Em outros países, as companhias elétricas privadas têm operado sob um regime de regulamentação que concede a elas um status de monopólio e ganhos garantidos na troca pela obrigação de servir a todos os consumidores. Nos EE.UU., este conceito tem sido modificado para incluir metas ambientais, em resposta a um reconhecimento de que os ganhos garantidos tendem a encorajar as companhias elétricas a superinvestir na capacidade de oferta.

Hoje, a era de nacionalização de companhias elétricas dá lugar à sua privatização e, na medida em que a desregulamentação remove os elementos principais que regiam os serviços de eletricidade, a perspectiva do serviço público pode ainda ser preservada através do PIR. Isso é feito através da seleção de tecnologias e programas para minimizar o custo total do serviço elétrico, incluindo os custos sociais e ambientais no critério custo. O PIR torna possível projetar um plano para opções de

eletricidade para satisfazer demandas futuras sem desperdiçar recursos naturais ou econômicos existentes. Companhias privadas que arcam com o ônus dos custos ambientais e são incentivadas a promover o uso eficiente de energia, responderão a estes sinais fazendo investimentos que vão ao encontro do interesse público.

Em muitos países em desenvolvimento, o governo é o principal responsável pelo gerenciamento do setor energético, e assim ele deve ser o agente a adotar a metodologia integradora para o planejamento energético. Para fazer isto, os governos necessitariam substituir o enfoque usual baseado no desenvolvimento da expansão da oferta para a eficiência com a qual todos os investimentos em recursos são usados. As vantagens econômicas e ambientais da melhoria da eficiência do lado da demanda e da oferta sob o PIR eventualmente acelerariam o movimento através de regulamentações transparentes, nas quais as companhias elétricas não somente desfrutariam de autonomia nas suas operações, mas também seriam responsáveis por atingir metas ambientais e de eficiência colocadas pela sociedade.

#### 1.4.3 Quem Executa a Análise do PIR?

O conceito do PIR foi desenvolvido dentro do contexto norte-americano dos monopólios das companhias elétricas privadas, reguladas a níveis estadual e federal. As companhias elétricas foram compelidas por suas comissões reguladoras a adotar o PIR para identificar e captar o potencial de melhoria de eficiência energética que poderia ser obtido a custos socialmente menores que os custos de geração. As medidas de eficiência são implementadas pelas companhias elétricas através de programas de gerenciamento do lado da demanda (DSM). Outras medidas de eficiência podem ser adotadas por outros agentes, conforme será visto no Capítulo 3.

Assim, PIR e DSM têm sido vistos como atividades de companhias elétricas e elas se identificam com o contexto norte-americano das companhias elétricas privadas regulamentadas (um contexto que está mudando). A maioria dos países, entretanto, possuem estruturas de companhias elétricas muito diferentes do modelo pelo qual o PIR foi desenvolvido originalmente. Alguns países têm órgãos nacionais que controlam o setor elétrico. Outros têm grandes companhias elétricas privadas, mas com menos regulamentação que no modelo norte-americano. Outros ainda, têm muitas companhias de distribuição locais pequenas comprando de uma companhia de oferta nacional e alguns destes países estão começando a introduzir a competição no setor energético.

Nestes outros casos, pode ser difícil criar incentivos para as companhias elétricas se engajarem no PIR e implementarem eficiência energética através de pro-

gramas DSM financiados pela própria companhia. Alguns países, tanto os industrializados como os em desenvolvimento, têm começado a experimentar novos modelos de PIR e DSM, mas estes esforços não têm sido muito ambiciosos até agora. Ao mesmo tempo, existem muitos outros tipos de políticas e de programas para implementar melhorias de eficiência energética, incluindo campanhas de informação, incentivos nos preços, padrões de regulamentação, políticas de compra etc. Tais instrumentos são geralmente aplicados pelas agências de governo.

Como fazer esses esforços se ajustarem com o PIR e com o DSM da companhia elétrica e como fazer o PIR trabalhar em um país sem incentivos para o DSM da companhia? Neste livro, nós damos uma visão relativamente geral do PIR. Nós nos dirigimos a todos os tipos de programas de eficiência energética, assim como ao do gerenciamento da carga e da substituição de combustível e, fornecemos ferramentas para comparar os custos e benefícios destes programas para a expansão da oferta de eletricidade. Assim, tentamos dar uma visão abrangente do PIR, na qual a composição ótima de recursos de oferta e demanda para atender às necessidades de serviços de energia pode ser identificada. Temos conhecimento que estas ferramentas não podem ser sempre aplicadas, mas a metodologia do PIR e as ferramentas aqui apresentadas deveriam auxiliar a melhorar as decisões de planejamento energético, ao invés de somente se considerar um conjunto parcial de soluções, como ainda se verifica.

É difícil dizer como companhias elétricas de um determinado país ou região devem conduzir um PIR e quando o DSM é uma opção para elas, no entanto, nós esperamos que a análise do PIR possa ser usada pelos planejadores das companhias, seguindo de perto o modelo norte-americano. Quando isso não for possível, mas se o governo tem um interesse em promover a eficiência energética para atingir as metas econômicas e ambientais, a análise do PIR poderia ser usada pelo ministério da energia ou do meio ambiente para priorizar programas e fornecer opções de políticas energéticas. Tais opções podem incluir aquelas a serem implementadas através de companhias elétricas, talvez como uma condição para a aprovação de novos projetos de expansão da oferta energética. Esta metodologia pode se tornar mais relevante à medida que os governos se esforçam em criar Comissões de Regulamentação e comitês com a finalidade de reduzir as emissões de dióxido de carbono e outras emissões do setor energético.

O PIR deve ser diferenciado de alguns dos conceitos de "planejamento energético nacional integrado" (PENI) que foram introduzidos em países em desenvolvimento por volta de 1980. O PENI é uma metodologia hierárquica para integrar os setores de demanda e oferta de energia com planejamento e administração da economia e

política de preços nacional (MUNASINGHE, 1990). Esse tipo de planejamento se tornou tão abrangente e tão interligado com outras prioridades político-econômicas nacionais que os processos PENI não foram implementados de maneira significativa e não resultaram em nenhuma diferença considerável em planejamento energético e decisões de investimento.

Embora o PIR, como descrito acima, seja mais abrangente que os planos tradicionais de oferta das companhias elétricas, ele está longe da limitação do grau de integração encontrado no PENI. Os conceitos do PIR são tão bem aplicáveis a nível nacional quanto em sistemas energéticos regionais ou municipais. Para pequenos países, o nível nacional e o sistema de companhia elétrica pode ser o mesmo, neste caso o PIR nacional faz sentido. Para grandes países, o PIR pode ser conduzido a nível nacional e/ou a nível local, mas muitas medidas deverão ser conduzidas através de estruturas relativamente descentralizadas. Embora o PIR possa e sempre faça uso de políticas de preços de energia, ele não é caracterizado tão-somente por isso.

#### LEITURAS SUGERIDAS:

- ANDERSON, D. "Energy-Efficiency and the Economics of Pollution Abatement", in *Annual Review of Energy and the Environment*, vol. 18, pp. 291-318, 1993.
- EPRI (Electric Power Research Institute). *Efficient Electricity Use. Estimates of Maximum Energy Savings*, EPRI/CU-6746, 1990.
- FISHERA.C. M.H., ROTHKOPF. "Market Failure and Energy Policy", in *Energy Policy*, pp. 397-406, August, 1989.
- MUNASHINGHE, M. *Energy Analysis and Policy*, Butterworths, London, 1990.

## CAPÍTULO • DOIS

### A ESTRUTURA TECNOLÓGICA DAS PROJEÇÕES E DOS CENÁRIOS DA DEMANDA DE ENERGIA

As projeções de demanda de energia elétrica e de carga possuem um papel importante no PIR, porque elas ajudam a avaliar a necessidade de novos recursos. Projeções feitas com grande nível de detalhe e baseadas em informações de qualidade ajudarão a determinar quais programas de eficiência ou DSM devem ser adotados nos momentos apropriados e quais usos-finais e setores de consumo devem ser priorizados. É importante ressaltar que as projeções de demanda realizadas durante o processo do PIR são de fato projeções de serviços de energia que levam em consideração as bases tecnológicas que provêm serviços de energia (e.g. o tipo de equipamento a ser utilizado para fornecer iluminação, aquecimento de água, força motriz, etc) no ano projetado, assim como os fatores socio-econômicos (população, renda, hábitos, por exemplo) que determinam os níveis de serviços de energia solicitados (nível de iluminação e temperatura em ambientes climatizados, por exemplo).

As projeções determinam o potencial de recursos existentes de energia "conservada". Esse potencial, como será visto neste capítulo, é a diferença entre os totais de demanda de eletricidade do cenário denominado de *cenário base* (ou *tendencial*) e outro cenário que considera a adoção de medidas de eficiência energética. O cenário base é também chamado de *cenário de eficiência congelada* e pode representar simplesmente o crescimento de serviços de energia, ou também pode incluir ainda a introdução natural de tecnologias novas e mais eficientes por parte dos consumidores de energia, como será visto mais tarde neste capítulo.