



GPL/008
21 a 26 de Outubro de 2001
Campinas - São Paulo - Brasil

**GRUPO VII
PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ELÉTRICOS**

METODOLOGIA DE PROJEÇÃO DO MERCADO E CARGA PRÓPRIA DE ENERGIA ELÉTRICA

James Bolívar Luna de Azevedo *
Cláudio Gomes Velloso
Jorge de Oliveira Camargo
José Manuel David

ELETROBRÁS

RESUMO

O objetivo do presente trabalho é apresentar resumidamente a metodologia e ferramentas de análise da projeção do mercado e da carga própria de energia elétrica, que vêm sendo utilizadas pelo setor elétrico brasileiro.

PALAVRAS-CHAVE: metodologia de projeção, mercado e carga própria de energia elétrica.

1.0 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Ao longo dos anos, o setor elétrico brasileiro vem elaborando projeções do mercado e da carga própria de energia elétrica, atualizadas periodicamente, no intuito de subsidiar o planejamento otimizado da expansão do parque elétrico nacional e o planejamento da operação. Até 1999 a coordenação do planejamento da expansão estava a cargo do Grupo Coordenador do Planejamento dos Sistemas Elétricos – GCPS, órgão colegiado de que participavam as concessionárias do País.

Com as mudanças ocorridas nos últimos anos e aquelas ainda em curso no setor elétrico, vem-se adequando o planejamento ao novo contexto institucional e à nova configuração física e comercial do setor.

Nesse sentido, o Governo, através do MME e da Secretaria de Energia, assumiu diretamente a responsabilidade pelo planejamento, que passou a ser indicativo, no caso da expansão da geração, e determinativo para a expansão das redes de transmissão, no que se refere a obras consideradas inadiáveis para garantia das condições de atendimento do mercado.

Para isso, foi criado o Comitê Coordenador do Planejamento da Expansão dos Sistemas Elétricos – CCPE, diretamente vinculado ao MME e à Secretaria de Energia. Assim, o CCPE vem dando continuidade aos estudos de planejamento desenvolvidos ao longo de vários anos pelo GCPS, procurando adequar a metodologia de trabalho ao novo ambiente institucional, que se pretende comercialmente competitivo, do setor elétrico brasileiro.

Embora as projeções de mercado e carga própria, que subsidiam os Planos de Expansão e Operação, sempre tenham sido elaboradas com ampla participação das concessionárias do setor elétrico, o órgão coordenador do planejamento - anteriormente o GCPS e hoje o CCPE – através do Comitê Técnico para Estudos de Mercado - CTEM, tem procurado utilizar sistemáticas e metodologias de avaliação dessas projeções, com a finalidade de analisar a consistência dos resultados, dada a importância destes na orientação e definição das obras de expansão da geração e da transmissão.

Uma etapa prévia às projeções de mercado consiste na elaboração das denominadas premissas básicas que servem de sustentação para tais projeções. Essas premissas englobam o estudo das perspectivas com relação à evolução da economia (cenário macroeconômico), da população e domicílios (cenário demográfico), da conservação de energia, dos grandes consumidores industriais (em particular os eletrointensivos), da autoprodução de energia elétrica.

Participam deste processo consultorias da UFRJ e PUC-RJ e as equipes de mercado das concessionárias de energia elétrica.

No processo de elaboração das projeções, procura-se correlacionar o consumo de energia elétrica, desagregado por região e por classe, com variáveis que revelem boa explicação desse consumo - variáveis sócio-econômicas, demográficas, preços da energia. Várias abordagens têm sido testadas, no sentido de pesquisar e quantificar tais correlações.

Nesse âmbito, foram realizados estudos econométricos e desenvolvidos modelos estatísticos/econométricos pelo Departamento de Estudos de Mercado – DEM da Eletrobrás, CEPEL e consultorias contratadas, que vêm sendo atualizados e aprimorados.

2.0 METODOLOGIA DE PROJEÇÃO

Neste item, descreve-se resumidamente a metodologia de projeção do mercado de energia elétrica que vem sendo utilizada pelo CTEM/CCPE, com apoio do Departamento de Estudos de Mercado da Eletrobrás, e que está implementada em planilha Excel, permitindo a rápida simulação de diferentes projeções de mercado correspondentes a distintos cenários econômicos nacionais.

2.1 Premissas básicas

A elaboração de projeções de mercado consistentes exige o estabelecimento de premissas, através da cenarização de variáveis econômicas, demográficas e técnicas, que têm um impacto significativo no consumo de energia elétrica.

Neste sentido, destacam-se as principais variáveis que influenciam o comportamento do mercado de energia elétrica e que se tomam os elementos básicos de referência para a formulação das premissas:

- crescimento populacional, pelo seu impacto direto no consumo residencial, comercial, serviços públicos, iluminação pública e, indiretamente, no setor industrial;
- evolução da economia, pelo seu impacto geral sobre a renda e, conseqüentemente, sobre o consumo de energia elétrica nas diversas classes;
- indicadores sócio-econômicos regionais;
- indicadores sobre o comportamento das diversas classes de consumo vis à vis o comportamento da economia (PIB, renda, etc);
- perspectiva de expansão da produção dos setores industriais grandes consumidores de energia elétrica, seja por serem eletrointensivos (caso do alumínio) e/ou produtores em grande escala (cimento, por exemplo);
- evolução da autoprodução, entendida como a geração de energia elétrica para uso próprio da indústria, em virtude de seu impacto redutor sobre a parcela da demanda a ser atendida pelo sistema elétrico;
- evolução da conservação de energia elétrica, pelo seu potencial de deslocamento de consumo.

Assim, como ponto de partida para as projeções do mercado de energia elétrica, considera-se um cenário de população, baseado em estudos do IBGE, e diversos cenários econômicos alternativos.

A caracterização dos cenários econômicos vem sendo elaborada com o apoio do modelo macroeconômico utilizado pela Eletronorte, alimentado com as premissas estabelecidas para as principais variáveis que são *inputs* desse modelo.

O CCPE tem trabalhado com três cenários econômicos, tomando-se um deles, considerado mais provável, como cenário de referência. A cada um desses cenários é associada uma projeção de mercado e carga de energia elétrica, sendo o mercado de referência, para o planejamento da expansão do parque elétrico nacional, aquele associado ao cenário econômico de referência.

2.2 Projeção do consumo por classe

A projeção do consumo de energia elétrica é elaborada por Sistema e Subsistema Elétrico e por classe de consumo, distinguindo-se as classes residencial, comercial e industrial. O agregado das outras classes de consumo é projetado em bloco.

Em seguida descreve-se os critérios gerais utilizados na projeção do mercado para cada classe de consumo.

Procede-se ainda a uma calibração da projeção de curto prazo – ano em curso e ano seguinte – baseada na análise da conjuntura econômica e do mercado e respectivas tendências de curto prazo, bem como no acompanhamento da evolução recente do mercado por região e classe realizado no âmbito do Grupo de Trabalho de Estatística e Acompanhamento – GTEA do CTEM.

2.2.1 Classe residencial

Para projetar o consumo residencial de energia elétrica, projeta-se separadamente o número de consumidores residenciais e o consumo médio residencial. Do produto dessas duas variáveis resulta o consumo residencial.

O número de consumidores residenciais é projetado através de sua relação com população e domicílios, da forma indicada a seguir.

Verifica-se que historicamente a relação entre o número de consumidores residenciais (NCR) e a população (POP), NCR/POP, apresenta, em todas as regiões, uma evolução no tempo aproximadamente linear. Contudo, a evolução de longo prazo desta relação tenderá a saturar, como pode ser visto através da identidade:

$$\text{NCR/POP} = (\text{NCR/DOM}) \times (\text{POP/DOM})^{-1}$$

onde DOM denota o número de domicílios.

O parâmetro NCR/DOM representa a taxa de atendimento residencial e POP/DOM é o número médio de habitantes por domicílio. Como a taxa de atendimento satura em 100% e POP/DOM deverá saturar em torno de 3,0 habitantes por domicílio, de acordo com o padrão de países desenvolvidos, a relação NCR/POP atingirá seu nível de saturação em torno de 33%.

Projeta-se a relação NCR/POP, extrapolando sua tendência histórica linear, porém incorporando um amortecimento, traduzido por uma menor inclinação da reta projetada relativamente à reta de regressão ajustada no período histórico. A curva de saturação no tempo da relação NCR/POP é, assim, representada por aproximações lineares em intervalos de tempo.

A projeção do consumo médio residencial é feita através de sua correlação com o PIB per capita, utilizando como parâmetro de projeção a elasticidade do consumo médio em relação ao PIB per capita. A fim de extrapolar este parâmetro no futuro, analisa-se sua evolução histórica e leva-se em consideração as características e as perspectivas de evolução da renda.

2.2.2 Classe comercial

O consumo comercial é projetado com base na sua relação com o consumo residencial. A partir dos níveis dessa relação, observados no período histórico, que revelam uma certa estabilidade, projeta-se a evolução deste indicador, atendendo às especificidades da configuração do mercado de cada região. Os patamares da relação “consumo comercial/consumo residencial” variam de região para região do país, já que as diferentes regiões apresentam distintas características em relação ao perfil dos setores de comércio e serviços.

Dessa forma, os valores futuros da relação “consumo comercial/consumo residencial” constituem um dado de entrada da planilha de projeção.

Com o objetivo de consistir as projeções do consumo comercial, analisa-se à posteriori a relação desse consumo com o das restantes classes e com o consumo total, confrontando-se com a evolução histórica e procedendo a comparações inter-regionais.

Considera-se, ainda, a implantação de projetos especiais de porte, que tenham impacto significativo no consumo comercial, tais como grandes *shopping centers*, hipermercados, pólos temáticos, hotéis, hospitais, etc.

2.2.3 Classe industrial

A projeção do consumo industrial é elaborada desagregando-se o consumo da classe em dois grupos: grandes consumidores e indústria tradicional. A cada um desses grupos é dado um tratamento diferenciado. A projeção dos grandes consumidores leva em conta as séries históricas e as perspectivas de

evolução dos seguintes setores: alumínio, siderurgia, ferroligas, soda-cloro, papel, celulose e pasta de alto rendimento, petroquímica, cimento, cobre e pelotização. Para cada um desses setores, são analisadas as perspectivas de evolução futura da produção física, nível de exportação e importação e a demanda interna. Da mesma forma, são analisados os consumos específicos de energia elétrica desses setores (kWh por tonelada).

Para cada um dos setores grandes consumidores industriais de energia elétrica, são estabelecidas premissas relativas à demanda interna (consumo interno dos respectivos produtos) e aos níveis de exportação e de importação, expressos em unidades físicas (tonelada). A demanda interna é projetada com base em sua elasticidade-renda, que é um parâmetro de entrada da planilha de projeção. Os níveis de importação e exportação são estabelecidos através de outros dois parâmetros, que também são entradas da planilha, a saber: a relação Exportação/Produção (%) e a relação Importação/Demanda Interna (%). Já que esta última relação determina a importação a partir da demanda interna, a produção física resulta da seguinte equação:

$$\text{Produção Física} = (\text{Demanda Interna} - \text{Importação}) / (1 - \text{Exportação/Produção})$$

Os parâmetros elasticidade-renda da demanda interna, Exportação/Produção (%) e Importação/Demanda Interna (%), são projetados com base em seu comportamento histórico e considerações sobre suas perspectivas de evolução futura, apoiadas em informações das próprias indústrias e respectivas associações de classe.

Dessa forma, projeta-se a produção física de cada um desses setores industriais em nível de Brasil. Também se considera as perspectivas de ampliação da capacidade instalada, de forma que esta não se constitua em um gargalo para a produção.

Obtida a produção física de cada setor em nível nacional, são feitas hipóteses de regionalização da produção, em função de informações de instalação de novas unidades produtivas, ampliações anunciadas, e de uma avaliação em relação às tendências de cada setor, baseando-se nas condições de suprimento das principais matérias primas, aspectos de logística em relação ao mercado nacional e internacional, padrões de competitividade dentro do mercado globalizado, etc.

Com base na projeção regionalizada da produção de cada setor industrial grande consumidor e do correspondente consumo específico de energia elétrica (kWh por tonelada), projeta-se o consumo global de energia elétrica desse setor.

São feitas hipóteses de evolução dos valores históricos do consumo específico, baseando-se em perspectivas de evolução tecnológica e comparações com padrões internacionais.

Cabe destacar que, na formulação destas hipóteses, leva-se em conta as diferenças entre as unidades produtivas, caracterizadas pelo uso de processos/tecnologias diferentes num mesmo setor, ou pelo *mix* de produtos fabricados. É, por exemplo, o caso do alumínio em que as plantas do Pará e do Maranhão apresentam uma eficiência maior (menor consumo específico) do que as plantas da região Sudeste. Também é o caso do setor de ferroligas, cujo consumo específico é muito variável em função dos tipos de ferroligas produzidos.

A projeção da parcela do consumo industrial dos grandes consumidores a ser atendida pelo Sistema Elétrico (concessionárias) é obtida pela diferença entre o consumo global de energia elétrica desses consumidores e a respectiva parcela de autoprodução.

O cenário de autoprodução para os grandes consumidores industriais é elaborado através de pesquisa dos projetos de autoprodução dessas indústrias.

A projeção da autoprodução é baseada na hipótese de que sua evolução estará concentrada nos setores cujos processos permitem a utilização da cogeração, tais como: açúcar e álcool, papel e celulose, siderurgia, petroquímica e indústria de bebidas.

Neste conjunto, destaca-se a indústria de papel e celulose, que pelas suas características de processo, utiliza rejeitos de sua própria indústria como fonte de energia: o licor negro e ainda biomassa e cavacos.

Setores como alumínio, que realizaram nos últimos anos pesados investimentos em geração hidrelétrica, em empreendimentos próprios ou de forma consorciada, não são considerados como autoprodutores, nas projeções, pelo fato dessas usinas operarem integradas ao sistema elétrico interligado nacional.

Dessa forma, a autoprodução considerada, a ser abatida do mercado global projetado, inclui essencialmente cogeração de energia elétrica intramuros da indústria, isto é, cuja produção de energia elétrica é integralmente utilizada na própria indústria, e a geração hidráulica não integrada.

Por sua vez, o consumo industrial denominado tradicional é projetado através de sua elasticidade-renda com o PIB, baseando-se na premissa de que esta parcela do consumo variará, ao longo do tempo, de acordo com o comportamento da economia. Assim, um outro parâmetro de entrada da planilha é a elasticidade-renda do consumo industrial tradicional. Os valores projetados para essa elasticidade são definidos com base na observação de seus valores históricos e comparações inter-regionais.

2.2.4 Outras classes de consumo

O agregado "outras classes" (rural, iluminação pública, poderes públicos, serviços públicos e consumo próprio

das concessionárias) é projetado em bloco, com base na relação entre seu consumo e o da classe residencial, relação esta que apresenta historicamente certa estabilidade, com leve tendência de queda.

Adota-se como parâmetro de entrada da planilha, para projetar o consumo de outras classes, a relação entre esse consumo e o consumo residencial.

Projeta-se a relação entre o consumo de outras classes e o consumo residencial, analisando-se o seu comportamento histórico e atendendo às especificidades do mercado de energia elétrica de cada região.

Calcula-se, à posteriori, os valores resultantes da relação entre o consumo de outras classes e o consumo total, já que tal relação apresenta também um comportamento bastante estável no período histórico. Dessa forma, esta última relação constitui-se em mais um parâmetro de aferição da consistência das projeções do consumo das outras classes.

Para além disso, leva-se em consideração projetos que tenham um impacto significativo em alguma das outras classes de consumo, como são exemplos: projetos de irrigação, Programa Luz no Campo, Programa Reluz.

2.2.5 Projeções de mercado consolidadas

A partir das projeções do consumo por classe, para cada subsistema interligado, obtém-se, por soma, a projeção do consumo total de energia elétrica.

Considerando-se a projeção do consumo global de energia elétrica, incluindo autoprodução, calcula-se a elasticidade-renda desse consumo, correspondente ao cenário econômico ao qual está associada essa projeção de mercado. Analisa-se essa elasticidade resultante à luz de seu comportamento histórico, de comparações inter-regionais, e das perspectivas prováveis de sua evolução futura.

A expectativa é que as elasticidades-renda resultantes da projeção de mercado apresentem valores decrescentes, ao longo do tempo, e inferiores aos valores históricos, dados, não só o uso mais eficiente da energia elétrica, como o fato de se estar projetando cenários de crescimento econômico superior ao verificado nas últimas décadas no País. De fato, em cenários de baixo crescimento econômico, a elasticidade tende a ser elevada devido a uma certa inércia do consumo de eletricidade que, nesse caso, geralmente cresce a taxas significativamente superiores às da economia.

Contudo, por comparação com padrões internacionais, e dado o estágio de desenvolvimento do Brasil, é de se esperar ainda elasticidades significativamente superiores à unidade para os próximos anos, traduzindo um crescimento do mercado de energia elétrica superior ao da economia.

Caso se constate comportamento significativamente divergente do esperado para este parâmetro global, são simuladas novas rodadas da previsão, sensibilizando alguns dos *inputs* do modelo a pequenas variações, num processo iterativo de *feed-back*, até se convergir para resultados consistentes.

3.0 PROJEÇÃO DA CARGA PRÓPRIA

A partir da projeção do consumo de energia elétrica a ser atendido pelo Sistema Elétrico (isto é, o consumo sem autoprodução), procede-se à projeção da carga própria de energia (consumo mais perdas técnicas e comerciais), que representa o requisito total de energia necessário para atender o mercado.

Em seguida, projeta-se a carga própria de demanda, na ponta do Sistema, cuja variação dá indicação sobre o aumento da capacidade instalada de geração necessário para atender a carga total do Sistema Elétrico.

As projeções de carga própria também se apoiam em estudos e análises das séries históricas de carga, segundo os dados do acompanhamento da carga do Operador Nacional do Sistema – ONS.

Para a projeção da carga própria de energia, admite-se que, ao longo do período de projeção, haverá uma redução gradual nos índices de perdas (relação percentual entre as perdas e a carga própria de energia), em função do esforço das empresas na implantação de programas de redução do desperdício de energia, em particular investindo na instalação de medidores.

A fim de projetar a carga própria de demanda, faz-se uma hipótese sobre a evolução do fator de carga: relação percentual entre a carga própria de energia (em MWmédio) e a carga própria de demanda (em MW).

Os valores adotados para o fator de carga são estabelecidos com base nos valores históricos desse parâmetro e em considerações sobre eventuais alterações significativas do perfil de carga de cada Sistema Elétrico. Ressalta-se que, historicamente, o fator de carga não apresenta, de um modo geral, grandes variações, exceto quando ocorre entrada de algumas cargas industriais pesadas que tendem a elevar seu patamar.

A projeção da carga própria em base anual é posteriormente aberta mensalmente, utilizando-se sazonalidades históricas típicas, para cada um dos subsistemas elétricos interligados.

4.0 CONCLUSÕES

As simulações que vêm sendo feitas pelo CTEM/CCPE, com base na metodologia descrita, para projeção do mercado de energia elétrica e da carga própria de energia e de demanda, têm mostrado resultados consistentes.

Embora se trate de metodologia simples, ela tem a vantagem de permitir a rápida simulação de projeções alternativas do mercado e da carga, para diferentes trajetórias da economia, e testar a sensibilidade dessas projeções a variações nos parâmetros de entrada da planilha (*inputs* do modelo).

Sem prejuízo da utilização desta metodologia, o CTEM/CCPE reconhece a necessidade de continuar aprimorando as técnicas de previsão de mercado, incorporando análises mais detalhadas dos vários setores consumidores e adaptando os bancos de dados, os sistemas de informação do setor elétrico e as ferramentas de previsão à nova configuração institucional do setor elétrico brasileiro.

Nesse sentido, o CEPEL, conjuntamente com o Departamento de Mercado da Eletrobrás, contratou consultoria da UFRJ para o desenvolvimento, ainda em curso, de um modelo de previsão do mercado de energia elétrica que faz uma análise mais detalhada das diferentes classes de consumidores e aprofunda a análise econométrica.

Está também dentro dos objetivos do CTEM/CCPE desenvolver metodologia de projeção do mercado de energia elétrica por uso final e desagregar as projeções por Unidade da Federação e pelos grandes centros de carga/barramentos, o que é de fundamental importância para subsidiar os estudos do planejamento determinativo da transmissão.

Ressalta-se que a Eletrosul já vem utilizando uma metodologia de análise e consistência da repartição da carga por barramento, que deverá fornecer importantes subsídios na formulação de uma metodologia de previsão de carga por barra.

5.0 BIBLIOGRAFIA

- (1) ELETROBRÁS/CTEM/GCPS/CCPE. Premissas Básicas para Elaboração dos Estudos de Mercado de Energia Elétrica.
- (2) GCPS. Plano Decenal de Expansão.
- (3) CTEM/CCPE, Informação Técnica IT 03/00. Atualização das Projeções de Mercado e Carga Própria – Sistema Elétrico Brasileiro.
- (4) CTEM/CCPE, Informação Técnica IT 05/00. Projeção do Mercado e da Carga Própria de Energia Elétrica – 2000/2010 – Relatório Síntese.
- (5) CTEM/CCPE, Informação Técnica IT 09/01. Projeção do Mercado e da Carga Própria de Energia Elétrica – Base Mensal - 2001/2005”.
- (6) AZEVEDO, JAMES BOLIVAR L. de, et alli - *Projeção do Mercado de Energia Elétrica para o Plano Decenal de Expansão*, in XVI Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica - SNPTEE.

