

9

Cenários de Evolução da Demanda de Energia no Brasil até 2010.

Mauricio Tiomno Tolmasquim
Alexandre Salem Szklo
Claude Cohen¹

Programa de Planejamento Energético
da COPPE/UFRJ

ABSTRACT

This paper aims to present the evolution of energy consumption in the Brazilian industrial sector and energy efficiency potentials deriving from the analysis accomplished through a model developed by a group of researchers of the Energy Planning Programme of COPPE/UFRJ: the Energy Planning Integrated Model - MIPE.

The study starts by presenting the MIPE, which is a technical and economic parametric model conceived to foresee offer and consumption of energy through all economic sectors in Brazil, according to three scenarios. All scenarios will be shortly presented, since they were constructed following some specific assumptions.

Industrial sector was disaggregated in eleven subsectors: food and beverages, ce-

ramics, cement, ironsteel and steel, ferro-alloy, non-ferrous metals and others from metalurgy, chemicals, paper and wood pulp, textile and other industries. All these subsectors will also be presented as well as the results of scenarios forecasts. Results deriving from the forecasts come from very specific studies that analyse all process steps from each subsector in order to be able to propose energetic substitutions or efficiency improvements or structural production changes, that lead to important energy consumption reductions potential.

Last but not least, this paper will show the evolution forecasts deriving from the three scenarios constructed for a period of ten years and its contributions to Brazilian energy efficiency in the industrial sector.

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho apresenta os resultados da simulação da demanda de energia no Brasil, a partir da utilização do Modelo Integrado de Planejamento Energético (MIPE), desenvolvido no Programa de Planejamento Energético da COPPE/UFRJ (Tolmasquim, M. e Szklo, A., 1999). Assim, o MIPE foi elaborado para simular o mercado de energia no Brasil, que se divide entre os setores: energético, industrial, agropecuário, residencial, comercial, público e de transportes e projetar a matriz energética brasileira até 2010. Na projeção, enfatizaram-se os seguintes aspectos: os impactos sobre o setor energético do ritmo e do conteúdo do crescimento energético; a evolução de variáveis de cenário como os modos de consumo residencial, a distribuição modal dos transportes, a taxa de urbanização e outras, que, embora não diretamente relacionadas à previsão de demanda, afetam a análise; e, finalmente, o tipo de escolha tecnológica, de cuja decisão a variável energética é apenas uma integrante, associada a aspectos particulares da estrutura técnica e socioeconômica do país.

O MIPE é um modelo técnico-econômico de previsão, que se baseia na desagrega-

ção detalhada dos setores de consumo e transformação da energia, até o nível dos equipamentos de uso final de energia. O indicador básico de projeção é a energia útil demandada por cada equipamento de uso final analisado.

A utilização do modelo fundamenta-se em três procedimentos básicos: (1) a cenarização macroeconômica para todas as variáveis e fatores cuja evolução está ligada a escolhas e decisões políticas não necessariamente relativas ao setor energético²; (2) a análise detalhada da demanda de energia no nível das formas de utilização (destinação), em cada segmento de consumo; (3) para cada uso final da energia, o estabelecimento da demanda da energia útil, dos rendimentos de conversão de energia útil em final e, consequentemente, da demanda de energia final. Esses procedimentos são adotados em quatro módulos distintos:

- Módulo 1: Módulo Macroeconômico, onde se definem as variáveis de cenário e a distribuição do produto entre os setores de demanda.
- Módulo 2: Módulo de Demanda de Energia, onde se definem as variáveis de análise

se de cada segmento de cada setor, para obtenção das demandas de energia útil e final.

· **Módulo 3: Módulo de Consumo Final de Energia**, onde se agregam os resultados do módulo anterior e os resultados do consumo de energia do setor energético referentes ao módulo 4, obtendo-se tanto a energia final demandada pelos setores de consumo - inclusive o setor energético - quanto a parcela de eletricidade autoproduzida ou cogorada no setor de consumo.

· **Módulo 4: Módulo de Oferta**, onde se definem as variáveis de análise para a oferta de energia, obtendo-se tanto as quantidades ofertadas de energia primária e secundária quanto o consumo de energia do setor energético.

Para a elaboração dos parâmetros adotados na projeção, três cenários macroeconômicos foram estabelecidos.

Cenários Macroeconômicos

· O **Cenário 1**, de Crescimento Baixo, fundamentado no cenário de restrição externa do estudo do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES (1997), pressupõe um crescimento moderado do PIB, a 3,8% a.a., a partir de 2000, e uma evolução *tendencial* da estrutura econômica, sem choques e mudanças significativas. O cenário reflete os limites ao crescimento do PIB pela escassez de divisas e a necessidade de manter a dívida externa em uma trajetória administrável¹. Os valores considerados para o crescimento demográfico, nesse cenário, são os mesmos utilizados nos demais cenários: a taxa de crescimento da população atinge o valor de 1,3% a.a. no quinquênio 1995-2000, de 1,2% a.a. entre 2000 e 2005, e de 0,6% a.a. entre 2006 e 2010. Trata-se, portanto, de um cenário que assume hipóteses conservadoras e tendenciais quanto ao uso da energia e a evolução da economia brasileira no período.

· O **Cenário 2**, de Crescimento Alto, fundamentado nas projeções do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA (1997), pressupõe a promoção do crescimento sustenta-

do de longo prazo, a partir do ajuste das contas públicas⁴. O PIB cresce em média, a partir de 2000, a 5,6% a.a., sendo impulsionado pelo setor industrial, onde se destacam os segmentos produtores de bens de capital e consumo durável, os serviços industriais de utilidade pública e a indústria de construção. Verifica-se, portanto, que a composição do PIB se modifica ao longo do período e, entre 1996 e 2010, o Produto Industrial (PI) passa de 31,4% para 34,5% do PIB, o Produto do Setor Serviços (PS), de 57,2% para 61%, e o Produto Agropecuário (PA), de 11,4% para 9,7%. O setor industrial se volta para o mercado externo, o que acelera a busca de padrões internacionais de competitividade e incentiva a reestruturação dos chamados segmentos maduros. A concentração da população nas áreas urbanas, notadamente nas grandes cidades, deve continuar a crescer, ainda que a um ritmo mais lento.

· O **Cenário 3**, de Desenvolvimento Sustentável, utiliza a mesma taxa de crescimento do PIB do cenário anterior, mas introduz mudanças significativas na estrutura de demanda e oferta de energia, adotando um modelo de desenvolvimento alternativo. Considera-se não apenas a necessidade de ganhos de eficiência e competitividade nos setores produtivos brasileiros, mas também a busca de ganhos em medidas de conservação e economia de energia, tanto com o gerenciamento pelo lado da demanda quanto com a substituição de equipamentos com baixo rendimento de conversão de energia final em energia útil, quanto com a substituição de fontes energéticas, de acordo com critérios técnicos e ambientais. No setor industrial, incentivam-se as indústrias com maior sofisticação tecnológica ou com maior potencial de competitividade; cai a participação relativa de alguns produtos energointensivos, assim como cai a participação de produtos cuja linha de produção não seja potencialmente ou estrategicamente competitiva. A variável ambiental adquire importância direta na escolha de alternativas tecnológicas e de planejamento, com ênfase, na substituição inter-energéticos, em combustíveis menos poluentes e tecnologias mais efi-

cientes e de menor risco ambiental. A exemplo do Cenário 2, há um acréscimo na produção de bens de maior valor agregado. No caso da concentração da população, espera-se uma diminuição do êxodo rural, em função da aceleração do processo de reforma agrária, com investimentos em infraestrutura, incentivo à criação de pólos e cooperativas rurais e desenvolvimento de projetos de geração de energia com biomassa.

Deve-se ressaltar que os três cenários estabelecidos pressupõem trajetórias não excessivamente conturbadas para a economia brasileira, o que não se tem mostrado verdadeiro no final da presente década. A crise internacional afetou o Brasil num dos principais aspectos de sua estratégia de longo prazo: o uso de poupança externa para suprir um baixo nível de poupança doméstica. Com o aumento de juros (para evitar uma desvalorização do Real, e com o potencial de perdas acentuadas de reservas) e o ajuste fiscal, o impacto das medidas se fez sentir logo em novembro de 1997. O ano de 1998, por exemplo, apresentou forte redução da atividade econômica, os produtos industrial, agropecuário e do setor serviços, já decrescentes no último trimestre do ano anterior, apresentaram quedas significativas. Não obstante, as projeções abrangem um horizonte de médio prazo, fornecendo resultados que podem ser considerados médias pontuais de trajetórias não tão comportadas da economia brasileira. Essa é uma hipótese importante na aplicação dos cenários aqui estabelecidos.

A partir da simulação no MIPE dos cenários ora apresentados, procedeu-se à observação dos resultados do setor industrial, por fonte e subsetor, em anos selecionados.

Resultados da Simulação

Cenário 1

No Cenário 1 o consumo de energia do setor industrial em 2010 é 55% maior do que em 1995, crescendo à taxa de

2,98% a.a., no período, que é um pouco maior do que aquela apresentada entre 1980 e 1995, que foi de 2,77% a.a. (Tabela 1). A intensidade energética, nesse ano, calculada em relação ao produto industrial, é igual a 304,5 mil tEP/10⁶ US\$-1995⁵.

O gás natural tem a sua participação aumentada de 2,5% em 1995 para 3,1% em 2010, em relação ao consumo total de energia do setor, crescendo no período em torno de 4,4% a.a., já que se procede a uma pequena substituição de óleo combustível por esse energético, basicamente nos subsetores Alimento e Bebidas e Química. A eletricidade mantém-se como o energético mais consumido no setor, correspondendo a cerca de 48% do consumo total, embora o seu crescimento no período esteja abaixo daquele apresentado no período 80/95, que foi de 4,27% a.a., devido a pequenos ganhos de eficiência efetuados. A lenha sofre um ligeiro decréscimo em sua participação no consumo total de 6,6% para 6,0%, o que não chega a ser significativo e demonstra um certo conservadorismo desse primeiro cenário, onde não ocorrem relevantes mudanças estruturais no consumo de energia da indústria.

Esses resultados são reflexo das hipóteses conservadoras adotadas para esse cenário de crise, que apresenta as menores taxas de crescimento da economia, e onde não há significativas inovações tecnológicas, tanto em relação aos produtos quanto aos processos, uma vez que não ocorrem mudanças importantes no consumo específico de energia dos principais processos industriais ou dentro dos

Tabela 1: Demanda de Energia do Setor Industrial - Cenário 1 (1000 tEP)

	1995	1998	2000	2003	2006	2008	2010	(% a.a.)
Gás Natural	1352	2302	2508	2842	3145	3414	3723	4,40
Carvão Vapur	764	911	1004	1016	1111	1180	1253	3,35
Carvão Metalúrgico	286	321	346	386	403	434	466	3,32
Lenha	5072	5395	5692	5980	6461	6829	7198	2,36
Prod. Quím.	7312	7835	8671	8963	10659	10862	11790	3,20
Outros Prim.	2049	2253	2424	2669	2949	3153	3372	3,18
Outros Secund.	390	454	483	514	559	594	630	3,25
Óleo Combustível	7235	8786	9403	9942	10703	11288	11911	2,92
GEP	363	380	405	444	482	506	532	3,58
Querosene	19	55	56	60	66	70	75	9,62
Gás	1070	1319	1452	1586	1692	1710	1852	3,99
Saque C. Min.	6800	7617	8203	9126	9551	10258	11018	3,27
Eletricidade	37251	40709	43432	46922	50514	53621	56946	2,81
Carvão Vegetal	4530	5897	5512	6897	6176	6610	7072	3,02
Outros Sec.	1520	1573	1680	1863	1774	1858	1936	1,54
Outros Prim.	1770	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2,50
Total	77081	85665	91311	98329	105354	112382	119719	2,98

setores de consumo de energia do sistema energético nacional, ao longo do período de projeção.

Ademais, a composição do Produto Industrial permanece constante ao longo da projeção, equivalente à observada no ano de 1995, indicando que na variação da energia final consumida, por cada fonte, não há interferência da variação da composição do produto industrial no consumo de energia final. Desse modo, a variação do consumo de energia final se deve em sua maior à variação da atividade econômica. No caso específico do setor industrial, cumpre ressaltar ademais que: predominam produtos com menor valor agregado no perfil da produção e o valor agregado por tonelada de produto apresenta comportamento constante ou decrescente de forma genérica entre os subsetores, dada a predominância de produtos menos elaborados.

Assim, verifica-se que as variações percentuais na estrutura do consumo industrial são pequenas nesse primeiro cenário (Figura 1). O subsetor Papel e Celulose mantém sua participação no consumo industrial total de 1995 em 2010, enquanto Cerâmica, Ferro-Ligas, Mineração e Pelotização experimentam em 2010 um decréscimo de 1% na sua participação em relação a 1995. A participação da Química desce de 2% em 2010 relativamente a 1995. Ferro-Gusa e Aço tem sua participação no consumo total industrial acrescida de cerca

de 2% no período da análise, assim como Cimento, Alimentos e Bebidas, Outras Indústrias e Não-Ferrosos e outros da Metalurgia têm sua participação aumentada em 1%.

Cenário 2

Nesse cenário, a demanda total de energia em 2010, de 150.492 mil tEP, é 25,7% maior do que a do cenário anterior, crescendo a 4,6% a.a. (Tabela 2). A intensidade energética nesse ano, calculada em relação ao produto industrial, é igual a 290,4 mil tEP/10⁶ US\$-1995 (mais do que 4% inferior ao valor obtido no Cenário 1).

O gás natural tem a sua participação no consumo total industrial acrescida de 2,54% em 1995 para 3,30% em 2010, o que revela maior penetração desse energético na indús-

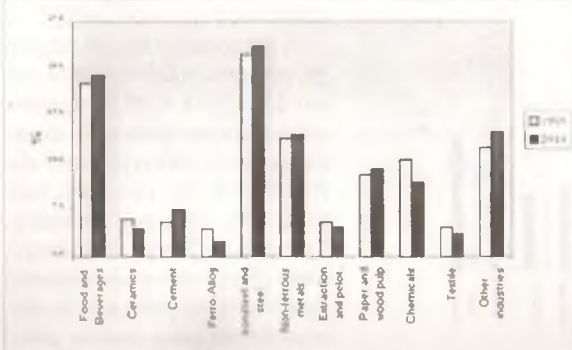
Tabela 2 Demanda de Energia de Setor Industrial - Cenário 2 (1000 tEP)

	1995	1998	2000	2003	2006	2008	2010	(%a.a.)
Gás Natural	1952	2315	2560	3036	3640	4215	4951	6,40
Carvão Vápor	764	903	990	1025	1213	1360	1551	4,83
Carvão Metalúrgico	286	321	348	403	459	531	615	5,24
Lenha	5072	5365	5565	6084	7150	8111	9174	4,03
Prod. Cana	2312	2769	3016	3432	4144	4326	5357	5,67
Outras Prim	2049	2198	2343	2636	2939	3365	3854	4,30
Óleo Diesel	390	457	489	546	630	711	804	4,94
Óleo Combustível	2735	3799	3448	4038	4204	4745	5279	4,64
GLP	363	381	408	466	549	619	699	4,47
Querosene	19	54	55	60	70	80	92	11,13
Gás	1030	1319	1432	1652	1820	2091	2437	5,91
Coque C. Min.	6800	7621	8263	9527	10817	12481	14405	5,13
Eletrodutos	17251	20970	23261	28391	33412	38276	43890	4,28
Carvão Vegetal	4530	5094	5336	6219	6892	7892	9056	4,73
Outras Sec. Pet. / celulose	1529	1606	1692	1776	1909	2141	2329	2,84
Total	77081	85171	90406	101640	113052	126212	150492	4,56

tria, em relação ao cenário anterior. Isso se deve ao seu maior uso para gerar calor de processo no subsetor Alimento e Bebidas, para cogeração, a taxas maiores do que no cenário anterior. Similar fato ocorre no subsetor Química. Nesse sentido, vale observar também a maior taxa de crescimento do consumo desse energético para o segundo cenário. A participação da lenha cai para 6,10% em 2010.

O alto consumo de energia desse cenário deve-se ao fato de que apresenta as maiores taxas de crescimento da economia e possui inovações tecnológicas mais significativas que o cenário anterior. Além disso, observa-se modificação

Figura 1: Variação na composição do consumo energético industrial - Cenário 1



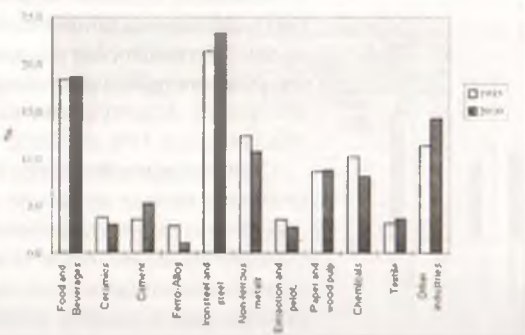
(*) Other Industries englobam todos os setores restantes.

do perfil produtivo do parque industrial brasileiro, com o aumento da participação de bens de maior valor agregado e quedas nos consumos específicos (tEP/tonelada de produto) entre todos os setores.

Nesse cenário, ressalta-se a queda da participação percentual dos subsetores Não-Ferrosos e Outros da Metalurgia no consumo industrial total, resultado bastante significativo, diante do alto consumo de eletricidade da indústria de alumínio, refletindo-se, inclusive, na participação da eletricidade no consumo total industrial, que cai de 48% em 1995 para 46% em 2010 (Figura 2). Outro subsetor que experimenta uma queda relevante, revelando uma tendência para a diminuição da escala de produção de certos segmentos maduros, nesse cenário, é o da produção de Ferro-Ligas. Isso é um reflexo da hipótese de que a composição do

Produto Industrial se altera ao longo da projeção: os subsetores Cimento e Outras Indústrias apresentam um aumento na participação do PI, enquanto que Ferro-Ligas, Mineração e Pelotização, Metais Não-Ferrosos, Química, Papel e Celulose e Têxtil diminuem suas participações. Alimento e Bebidas, Siderurgia e Cerâmica mantêm sua participação constante.

Figura 2: Variação na composição do consumo energético industrial - Cenário 2



(*) Other Industries engloba todos os outros subsetores não mencionados.

Cenário 3

No **Cenário 3**, o consumo total de energia em 2010 é de 140.694,4 mil tEP, crescendo a 4,1% a.a., sendo 6,5% menor do que o do cenário anterior, e 17,5% maior do que o do Cenário 1 (Tabela 3). A intensidade energética nesse ano, calculada em relação ao produto industrial, é igual a 271,5 mil tEP/ 10⁶ US\$-1995, sendo 6.8% inferior ao Cenário 2 e 10.8% inferior ao Cenário 1.

Isso se deve ao fato de que a taxa de

Tabela 3: Demanda de Energia do Setor Industrial - Cenário 3 (1000 tEP)

	1995	1998	2000	2003	2006	2008	2010	(% a.a.)
Gás Natural	1952	2357	2694	3238	4163	5079	6101	7,96
Cavalo Vapor	764	874	957	966	1008	1118	1236	3,26
Carvão Metalúrgico	286	321	335	343	342	360	378	1,87
Lenha	5072	5358	5515	6054	6809	7711	8657	3,63
Prod. Cana	7312	7879	8066	9619	12063	13972	16172	5,43
Outras Bram	2649	2199	2345	2642	2943	3371	3861	4,31
Óleo Diesel	390	453	471	496	552	620	694	3,91
Óleo Combustível	7735	8628	9231	9789	10742	11815	12932	3,49
GLP	463	761	380	426	495	557	627	3,72
Querosene	19	52	54	57	67	76	87	10,73
Gás	1030	1319	1426	1627	1706	2015	2324	5,58
Cokeq. Mun	6893	7611	7938	8126	8123	8561	8974	1,87
Eletricidade	37251	46731	42422	45884	50526	56695	63390	3,61
Carvão Vegetal	4530	5074	5736	7217	8825	10730	12995	7,28
Outras Sec. Pel. Alcaução	1529	1594	1664	1710	1870	2032	2236	2,47
Total	77081	84810	89142	98193	110293	124713	140694	4,09

crescimento do PIB adotada é a mesma do Cenário 2, mas há mudanças tecnológicas e substituição de energéticos menos eficientes e mais poluidores por outros mais limpos e mais eficientes. A variação da composição do Produto Industrial segue, em linhas gerais, a do Cenário 2. As maiores diferenças são provenientes dos setores de Mineração e Pelotização, Siderurgia e Têxtil, que apresentam menor participação nesse cenário do que no Cenário 2.

A participação do gás natural no consumo total industrial vai em 2010 para 4,4%, refletindo um acréscimo significativo desse energético (crescimento de 7,96% a.a. no período) nos subsetores Cimento, Cerâmica, Química e Outras Indústrias. Além disso, houve um aumento significativo na participação dos produtos da cana, devido, principalmente, à consideração da

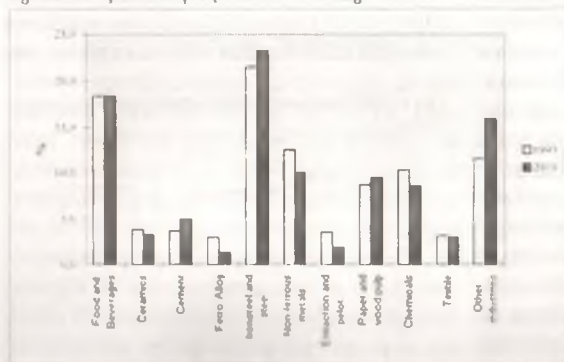
coeração no setor de Alimentos e Bebidas, já que esta é feita na indústria sucro-alcooleira, utilizando o bagaço para coeração.

Resaltam-se, ainda, a queda na participação percentual do coque de carvão mineral e o aumento na participação do carvão vegetal, demonstrando a substituição entre esses energéticos, por ser o carvão vegetal uma fonte renovável.

Já a eletricidade cresce a taxas inferiores às do cenário anterior, o mesmo ocorrendo com o carvão metalúrgico e com o coque de carvão mineral, indicando, no primeiro caso, ganhos de eficiência energética, em especial na Indústria do Alumínio (**subsetor Metais não-ferrosos e outros da metalurgia**), onde há a substituição gradual de plantas que utilizam processo com Pasta Söderberg por plantas que empregam anodos pré-cozidos, e, no segundo caso, na substituição no processo de produção de ferro-gusa e aço de alto-fornos a coque de carvão mineral por alto-fornos a carvão vegetal e, no subsetor Cimento, através do aproveitamento dos gases de exaustão dos fornos.

Verifica-se, assim, o decréscimo considerável da participação do subsetor **Não-Ferrosos e Outros da Metalurgia**¹⁰ no consumo total de energia (Figura 3). Isso se reflete na participação da eletricidade no consumo de energia do setor industrial, que cai de 48% em 1995 para 45% em 2010.

Figura 3: Variação na composição do consumo energético industrial - Cenário 3



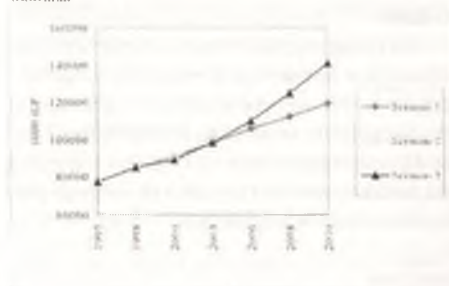
(*) Other Industries inclui todos os subsetores restantes.

Sumário Comparativo dos três Cenários

Energia Final Total

Como se nota, a partir dos resultados apresentados, a distinção entre os três cenários ocorre principalmente a partir do ano 2000 (Figura 4), quando se observa um menor consumo de energia do Cenário 3 em relação ao 2, que se deve principalmente a :

Figura 4: Energia Final Total para os 3 cenários elaborados - Setor Industrial



- substituição de processos menos eficientes por processos mais eficientes na conversão de energia final em energia útil, basicamente na indústria do cimento e na indústria do alumínio;
- substituição de equipamentos e de energéticos;
- ganhos de eficiência nos processos industriais;
- mudança do mix de produtos de uma indústria, como ocorre, por exemplo, na indústria de papel e celulose, priorizando-se a produção de bens de maior valor agregado e menor intensidade energética, como os papéis de alta qualidade;
- diminuição na participação de alguns setores energointensivos no produto industrial;
- uso de coeração mais acentuada nas indústrias química e de alimentos e bebidas.

Dada a importância do efeito de modificações de processos industriais, com ganhos de eficiência no consumo específico, e de substituições entre energéticos, comparam-se a seguir os resulta-

dos obtidos para três fontes energéticas selecionadas. As três principais fontes utilizadas no setor industrial correspondem a eletricidade (48.2%), óleo combustível (10%), bagaço de cana (9.2%), lenha (6.4%) e gás natural (2.6%) pela predominância de motores, acionamentos elétricos e processos térmicos no ano-base.

Participação de três fontes selecionadas: Gás Natural, Óleo Combustível e Eletricidade

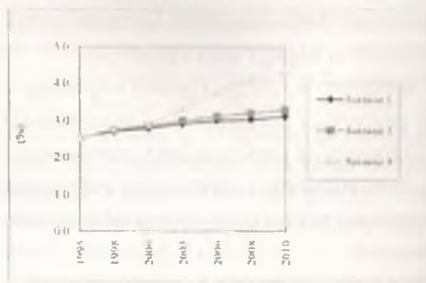
Na comparação entre os energéticos, optou-se por apresentar a evolução da participação no consumo industrial do gás natural, do óleo combustível e da eletricidade (Tabela 4), que mostra bem as distintas trajetórias de crescimento de consumo de energia para os três cenários elaborados.

Tabela 4: Taxas de crescimento das principais fontes, entre 1995 e 2010

Taxa de crescimento (% a a)	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Energia final	2,9	4,5	4,0
Gás natural	4,4	6,4	7,9
Óleo comb	2,9	4,6	3,4
Eletricidade	2,8	4,2	4,6

Nesse sentido, é expressivo o crescimento do **gás natural** no terceiro cenário (Figura 5). Verificou-se que o gás natural tem o seu consumo incrementado principalmente nas indústrias Química⁷ e de Alimentos e Bebidas⁸, em especial em centrais de cogeração e no setor industrial, em geral, na substituição do óleo combustível consumido em caldeiras industriais. A entrada do gás, portanto, pode deslocar o consumo de óleo combustível, embora essa substituição entre energéticos esteja condicionada por critérios econômicos e ambientais. No terceiro cenário, a ênfase na questão ambiental também explica a maior penetração do gás natural. No subsetor Outras Indústrias, o deslocamento da lenha por GLP e gás natural para uso em calor de processo para fins de cogeração é outro fator contribuindo para o aumento da participação do gás natural. No subsetor Cimento, o gás natural desloca parcialmente o óleo combustível no uso para aquecimento direto no forno de produção e, no subsetor Cerâmica, há importante deslocamento do uso da le-

Figura 5: Participação do gás natural no consumo do setor industrial



nha para o cozimento das peças.

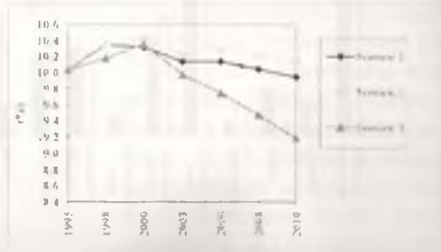
Analogamente, a participação do **óleo combustível** no Cenário 3 sofre um decréscimo acentuado, quando se lhe compararam as participações desse energético nos outros cenários. Tal asserção é particularmente significativa a partir do ano 2000 (Figura 6). No entanto, nem mesmo a substituição parcial do gás natural nas indústrias de Alimentos e Bebidas e Química destitui a importância desse energético no setor industrial. Ressalta-se o aumento de seu uso em aquecimento direto na indústria de Alimentos e Bebidas deslocando o uso da lenha.

O óleo combustível apresenta redução relativa de sua demanda devido, em grande parte, à conversão por tecnologias mais eficientes e pelo deslocamento por gás natural.

No Cenário 3, por exemplo, no subsetor Cimento - responsável por 16.1% da demanda no ano-base - a redução do consumo é gerada pelo ganho de eficiência de 13% atribuído à modernização das plantas e à maior produção de cimentos especiais com maior teor de adições.

Quanto à **eletricidade**, a partir do ano 2000, cai a sua participação no consumo industrial total dos dois últimos cenários, em

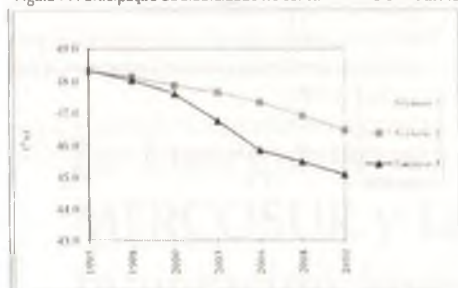
Figura 6: Participação do óleo combustível no consumo do setor industrial



função da substituição de processos nas indústrias de Cimento e Alumínio", e da diminuição da contribuição de indústrias eletrointensivas para o consumo total.

No Cenário 1, a demanda por eletricidade apresenta aumento de 2.8% a.a., inferior àque-la taxa observada no período 1980/1995 devida a pequenos ganhos de eficiência: a indústria de Não-Ferrosos, responsável por 22.4% da demanda de eletricidade no ano-base, não apresenta mudanças tecnológicas substanciais. No Cenário 2, ganhos de eficiên-

Figura 7: Participação da eletricidade no consumo do setor industrial



2. CONCLUSÃO

Como todo trabalho de elaboração de cenários, o presente estudo está sujeito a vulnerabilidades inerentes ao exercício de projeção, próprias da dificuldade de previsão das conjunturas econômicas a que se refere um período de 12 anos. No entanto, cumpre ressaltar que, por se tratar de um modelo extremamente desagregado, modificações conjunturais são, de certa forma, mais facilmente incorporadas, não anulando portanto o que foi estruturado.

Observou-se que a evolução do consumo de energia no setor industrial brasileiro está fortemente vinculada à composição do seu produto industrial, o que, em outras palavras, revela um laço entre a orientação da política industrial brasileira e o consumo de energia do país. De fato, na comparação entre os três cenários, observaram-se distintas trajetórias para a evolução do consumo de energia de acordo com a taxa de crescimento do PIB e a estrutura do produto industrial. O peso das indústrias energia-intensivas, em geral orientadas para o mercado externo, no

consumo total de energia do setor, confere a essas indústrias relevante papel na projeção. Para o Cenário 3, por exemplo, pode-se atribuir grande parte da redução do consumo de eletricidade do setor industrial à menor participação da indústria de alumínio (subsetor Metais Não-Ferrosos e Outros da Metalurgia) dentro do produto industrial. Não obstante, existem, independentemente da estrutura do produto industrial brasileiro, ganhos potenciais de eficiência energética a serem efetuados no horizonte até 2010. Entre eles, podem-se citar: a substituição de processos na conversão de energia final em energia útil, nas indústrias de Cimento e Alumínio; mudança do mix de produtos de uma indústria, como ocorre, por exemplo, na indústria de Papel e Celulose; e, finalmente, um maior aproveitamento do potencial de cogeração das indústrias Química e de Alimentos e Bebidas. Com efeito, conforme apresentado, essas medidas permitiriam uma redução da intensidade energética do setor industrial brasileiro de cerca de 6.4% até 2010¹¹.

NOTAS

- ¹ Os autores gostariam de agradecer a colaboração do grupo de pesquisadores que participaram da elaboração do MIPE e, particularmente, pela compilação final dos dados gerais do MIPE, à Jeferson Borgheti.
- ² Uma das metas do modelo elaborado é traduzir em cada setor considerado as variáveis dos cenários macroeconômicos, em termos de demanda de energia útil e demanda de energia final.
- ³ Além da necessidade inicial de conter a expansão da dívida externa, o que sacrificaria parte do PIB, podem-se aduzir outros motivos para um crescimento abaixo do esperado no produto interno bruto brasileiro: menor nível de investimento em produtos manufaturados com maior valor agregado; crescimento moderado na taxa de exportação de bens e produtos não-fatores, com aumento do déficit comercial e em conta corrente.
- ⁴ Pressupõe-se a aceleração das reformas do setor público de forma a redirecionar o Estado para novas funções - o "Estado-empresário" torna-se "Estado-regulador e provedor de serviços sociais.
- ⁵ Dólar constante de 1995.
- ⁶ A eletricidade representa cerca de 90% do consumo de energia da Indústria de Alumínio.
- ⁷ Substituição do óleo combustível no uso como calor de processo, principalmente na cogeração de eletricidade pelo regime *topping*.
- ⁸ Substituição do óleo combustível para calor de processo e aquecimento direto.
- ⁹ De fato, o consumo específico de eletricidade para produção de alumínio primário passa de 4.4 tEP/t para 4.3 tEP/t.
- ¹⁰ Diferença observada entre os Cenários 2 e 3, para os quais se utilizou a mesma taxa de crescimento do PIB.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- IBGE. Anuário Estatístico do Brasil, 1996. Rio de Janeiro. Brasil.
- IPEA. 1997. Brasil na virada do milênio: trajetória do crescimento e desafios do desenvolvimento. Brasília: IPEA. Brasil.
- MME. 1995. Balanço de Energia Útil - 1993. Brasília. Brasil.
- MME. 1998. Balanço Energético Nacional 1998. Brasília. Brasil.
- PINHEIRO, A.C., GIAMBIAGI, F., NAJBERG, S. 1997. Cenários Macroeconômicos e Setoriais para a Economia Brasileira - 1997/2002. Revista do BNDES, Rio de Janeiro. v.4, n.7, pp. 3-36. Brasil.
- TOLMASQUIM, M.T & SZKLO, A.S. (coord.) 1999. A Energia no Brasil na Virada do Milênio - A Matriz Energética Brasileira: 1998-2010. ENERGE/COPPE. Brasil.