

TEXTO PARA DISCUSSÃO Nº 719

**O EFEITO ESTUFA E O SETOR
ENERGÉTICO BRASILEIRO***

Mário Jorge Cardoso de Mendonça**
Maria Bernadete Sarmiento Gutierrez***

Rio de Janeiro, abril de 2000

* Os autores agradecem a Ronaldo Seroa da Motta pelos valiosos comentários e sugestões feitos ao longo do trabalho. São também gratos a Octávio Tourinho, por sua contribuição à versão final, e a Roberta Mendes Neiva, pela coleta e processamento de dados.

** Da Diretoria de Estudos Macroeconômicos do IPEA.

*** Da Diretoria de Estudos Macroeconômicos do IPEA e da OCDE.

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO

Martus Tavares - Ministro

Guilherme Dias - Secretário Executivo



Presidente

Roberto Borges Martins

Diretoria

Eustáquio J. Reis

Gustavo Maia Gomes

Hubimaier Cantuária Santiago

Luís Fernando Tironi

Murilo Lôbo

Ricardo Paes de Barros

Fundação pública vinculada ao Ministério do Planejamento Orçamento e Gestão, o IPEA fornece suporte técnico e institucional às ações governamentais e disponibiliza, para a sociedade, elementos necessários ao conhecimento e à solução dos problemas econômicos e sociais dos países. Inúmeras políticas públicas e programas de desenvolvimento brasileiro são formulados a partir de estudos e pesquisas realizados pelas equipes de especialistas do IPEA.

TEXTO PARA DISCUSSÃO tem o objetivo de divulgar resultados de estudos desenvolvidos direta ou indiretamente pelo IPEA, bem como trabalhos considerados de relevância para disseminação pelo Instituto, para informar profissionais especializados e colher sugestões.

ISSN 1415-4765

SERVIÇO EDITORIAL

Rio de Janeiro – RJ

Av. Presidente Antônio Carlos, 51 – 14º andar – CEP 20020-010

Telefax: (21) 220-5533

E-mail: editrj@ipea.gov.br

Brasília – DF

SBS Q. 1 Bl. J, Ed. BNDES – 10º andar – CEP 70076-900

Telefax: (61) 315-5314

E-mail: editbsb@ipea.gov.br

© IPEA, 2000

É permitida a reprodução deste texto, desde que obrigatoriamente citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são rigorosamente proibidas.

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

1 - INTRODUÇÃO	1
2 - MEDIDAS DE SUSTENTABILIDADE CLIMÁTICA	4
3 - VISÃO PANORÂMICA DA QUESTÃO ENERGÉTICA	7
4 - DECOMPOSIÇÃO DA INTENSIDADE AGREGADA DE CO ₂	10
5 - RESULTADOS: UMA APLICAÇÃO AO CASO DA INDÚSTRIA NO BRASIL	15
6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	21
APÊNDICE	23
BIBLIOGRAFIA	24

RESUMO

Esta pesquisa teve como objetivo lançar luz em três direções distintas, mas integradas, de modo a avaliar o impacto da produção e do consumo de energia no Brasil na sustentabilidade climática.

Como pode ser observado, o bom desempenho dos indicadores climáticos, segundo o critério de Ayres (1996), se deveu preponderantemente à grande participação na matriz energética nacional das fontes renováveis — no caso a energia hidráulica para a produção de eletricidade — e à introdução da cana-de-açúcar como substituto do petróleo.

Foi abordada em seguida a questão da integração entre a emissão de CO₂, o consumo de energia e algumas variáveis macroeconômicas. A análise comparativa com outras economias mostrou que o Brasil apresenta uma situação confortável. Um fato importante diz respeito a sua taxa de crescimento populacional, que tem mostrado desaceleração. Assim, de acordo com a identidade de Kaya (1989), pode ocorrer que um aumento da intensidade energética seja compensado pela desaceleração da renda *per capita* e da população, fazendo com que haja diminuição da quantidade emitida de CO₂.

Por fim, foram identificados os diferentes focos de pressão que estariam induzindo ou não um aumento da intensidade agregada de CO₂ no setor industrial brasileiro. Conforme foi mostrado, ao longo do período 1970/90, o fator fundamental foi a contínua elevação da intensidade energética. A pouca atenção dispensada ao gerenciamento dos processos industriais visando à economia de energia talvez tenha sido causada por uma política continuada de preços pouco realista para os insumos energéticos, principalmente a energia elétrica. Não obstante, essa perda de eficiência parece ter sido compensada pela mudança estrutural na indústria e pela substituição das fontes energéticas.

A partir de 1990, observa-se uma modificação nesse cenário. As duas forças que foram capazes de compensar o aumento da intensidade energética não estariam atuando nessa direção. Embora o intervalo de tempo ainda seja curto, a abertura comercial parece estar induzindo para a deterioração da sustentabilidade climática na indústria. A perda de competitividade de setores nacionais menos intensivos no uso da energia estaria forçando uma realocação menos favorável. Além disso, existe a indicação de que o processo de substituição das fontes energéticas estaria se esgotando. Contudo, essa estagnação pode ser revertida se houver empenho na criação de incentivos que forcem a procura ou o uso de insumos energéticos mais limpos, ou até mesmo alternativos.

ABSTRACT

The main objective of this study is to shed light on the climatic sustainability related to the energy consumption and production in Brazil in three different and complementary lines.

The good environmental performance of the climatic indicators, according to the criteria proposed by Ayres (1996), is due mainly to the large participation of renewable sources of energy in the Brazilian energy matrix: the use of hydropower to generate electricity and the use of sugar cane as a substitute for oil.

Afterwards, an integrated approach was adopted to analyse the relationship between the CO₂ emissions, the energy consumption and selected macroeconomic variables. The comparative analysis with other economies shows that Brazil is in a comparatively good ranking position. An important aspect related to that is the deceleration of population growth. According to the Kaya identity (1989), it is possible that the increase of energy intensity, which, by its turn, would result in the growth of the aggregate intensity of CO₂, may be triggered by the deceleration of per capita income and/or population growth.

Finally, the last line along which this study has been undertaken concentrates on identifying the different sources of pressure on the CO₂ aggregate intensity in the industry caused by the continuing increase of the energy intensity between 1970 and 1990. This was due to the careless management of industrial processes, partly as a result of the unrealistic prices for the energy inputs. Despite that loss of efficiency, changes in the industrial structure and in energy source substitution seem to have partly offset that loss.

From 1990 onwards, the situation changes and those two forces stop being effective. The factors behind that change are: trade openness liberalization, which may affect the climatic sustentability of industry; the loss of competitiveness in the least intensive energy industrial sectors; completion of the energy substitution possibilities. However, that situation can be reversed if the appropriate measures are taken so that the demand for cleaner energy inputs is encouraged.

1 - INTRODUÇÃO

O *efeito estufa*, um dos principais riscos ambientais que o nosso planeta enfrenta, está intimamente associado à elevação do consumo de energia. Adquire, portanto, importância fundamental o estudo e a análise da futura utilização das fontes de energia. A temperatura média da Terra responde ao aumento da concentração de gases de efeito estufa, pois esses gases, embora não possuam a capacidade de absorver a radiação proveniente do sol, podem reter a radiação de retorno. Entre os exemplos mais conhecidos de gases de efeito estufa temos: o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄), o óxido nitroso (N₂O) e os clorofluorcarbonos (CFCs). No entanto, gases como os óxidos de nitrogênio (NO_x), o monóxido de carbono (CO), os halocarbonos e outros de origem industrial como o hidrofluorcarbono (HFC), o perfluorcarbono (PFC) também são exemplos de gases de efeito estufa.

A estabilização climática só pode ser obtida com a estabilização da concentração de gases de efeito estufa dentro de um nível de segurança a ser determinado considerando, ainda, a incerteza científica que envolve o fenômeno [IPCC (1995)]. Tomando isso como premissa, um nível de emissão antropogênica de CO₂ acima do nível de segurança seria incompatível com o crescimento sustentável, sendo este definido como aquele que seria suficiente para permitir aos ecossistemas se adaptarem naturalmente a mudanças no clima, garantir a segurança alimentar e, ainda, garantir o desenvolvimento econômico das nações [ver UNFCCC (1992)]. Assim, o padrão atual das emissões de gases de efeito estufa, tanto nos países desenvolvidos como naqueles em desenvolvimento, pode comprometer o ritmo da atividade econômica mundial na medida em que alterações no sistema climático, que serão percebidas num horizonte de tempo bem distante, poderão causar grandes impactos sobre a economia em decorrência da adaptação do meio ambiente diante do aquecimento do clima.

As emissões antropogênicas de dióxido de carbono (CO₂), principal gás causador do fenômeno do efeito estufa, são basicamente determinadas pela queima de combustíveis fósseis: carvão, petróleo, gás natural etc. Por outro lado, o nível nas emissões de CO₂ também está intimamente relacionado ao nível da atividade econômica. Ayres (1996) mostra que um modo possível de se observar o grau de pressão sobre a sustentabilidade, tendo em vista o critério da estabilização climática, deve se basear nas emissões antropogênicas de CO₂ em relação às emissões naturais e na importância relativa das fontes de combustíveis fósseis em relação às demais.

O objetivo desta pesquisa é introduzir indicadores capazes de mostrar se a produção de energia no Brasil apresenta ou não um nível compatível de sustentabilidade, restrita à ótica da estabilização climática.

Assim, na Seção 2, são introduzidas as medidas de sustentabilidade climática sugeridas por Ayres (1996). Conforme será visto, de acordo com os três indicadores propostos por esse autor, nada parece indicar que a produção energética no Brasil atue no sentido de contribuir para o aumento do problema

relacionado ao efeito estufa. Ao contrário da maioria dos países, o Brasil tem mostrado um grau bastante limitado de contribuição para essa forma de poluição global. Isso pode ser explicado pelo fato de que no Brasil a geração de eletricidade — principal forma de energia existente — tem 90% da sua produção calcados em base hidráulica, diferentemente do que ocorre em outros países em desenvolvimento, como a China e a Coreia do Sul, onde a participação da termoeletricidade a carvão é bastante acentuada.

Cabe no entanto ressaltar que o momento por que passa o setor energético brasileiro, no que diz respeito à produção de energia elétrica, pode indicar um cenário de transição. Por diversos motivos, o que se vislumbra a longo prazo é um aumento substancial da produção de eletricidade por geração térmica, principalmente pela utilização do gás natural. Esses motivos estão ligados à participação da iniciativa privada no setor, em que o investidor faria a opção por uma tecnologia de baixo custo irrecuperável e alta eficiência, até o esgotamento do potencial elétrico no país.

Portanto, no caso da prevalência desse último cenário, o que se verificará é uma deterioração no atual quadro de vantagem que o Brasil possui em relação à maioria dos demais países, elevando-se dessa forma as emissões de CO₂ pelo uso mais acentuado de combustíveis fósseis. Assim, é necessário ampliar o conhecimento acerca dos possíveis focos de pressão sobre a emissão de CO₂ no Brasil. Um resultado prático disso é a possibilidade de se encontrar outras formas de compensar esse aumento da emissão a partir da atuação sobre os canais que não seja apenas a produção primária de energia.

Na Seção 3, a análise é feita a partir de um ponto de vista integrado. Mostra-se que eficiência na produção de energia, o teor de carbono da energia, com algumas variáveis macro como a renda *per capita* e a população podem estar interligadas à questão da sustentabilidade climática. Assim, por exemplo, um aumento no teor de carbono da energia decorrente de um emprego maior de combustíveis fósseis pode ser compensado pela combinação do aumento da eficiência energética, pela diminuição da renda *per capita*, ou ainda pelo controle da população.

Por fim, na Seção 4, a partir do fato de que o setor industrial é um dos principais responsáveis pela emissão de gases de efeito estufa [Sathaye e Ketoff (1991)], o que se faz é levar a cabo, por meio de um índice denominado Divisia Paramétrico de Média Simples (DPMD), um estudo sobre a desagregação da variação da intensidade agregada de CO₂ na indústria brasileira para o período 1970/95. No entanto, a contribuição do setor de transportes nas emissões de CO₂ é ainda superior à apresentada pelo setor industrial; contudo, uma vez que o Sistema de Contas Nacionais brasileiro não apresenta o produto gerado por esse setor de modo desagregado, torna-se impossível aplicar o mesmo estudo para o Brasil.

Numa tentativa de conciliar a obtenção da máxima eficiência do método com a intuição econômica, tendo em vista que os resultados da decomposição se deterioram à medida que o intervalo cresce, o estudo foi repartido de modo a analisar separadamente cinco períodos de cinco anos. Cada um desses períodos

tem como propósito captar pontos importantes relacionados ao uso e à produção de energia no Brasil, sem esquecer que tais mudanças no direcionamento da política energética são muitas vezes impostas devido a fatores conjunturais ligados à condução da política macroeconômica no país.

Os resultados obtidos revelam vários fatos importantes. De 1970 até 1990, o principal fator de pressão sobre intensidade agregada de CO₂ é a intensidade energética. Isso quer dizer que, por exemplo, fatores como o uso ineficiente dos equipamentos, o desperdício de energia ou o emprego de técnicas inadequadas estariam contribuindo para a utilização e, conseqüentemente, para a produção de energia num nível além daquele realmente necessário. Pelo que foi constatado, no caso da indústria, também não parece haver nesse período indicação de uma concentração da indústria em setores mais emissores de CO₂. Pelo contrário, os resultados assinalam claramente que houve um direcionamento para setores menos emissores de CO₂. Além disso, quanto ao emprego das fontes energéticas, o que se observou nesse mesmo período foi um contínuo emprego de insumos energéticos mais limpos.

A partir de 1990, período marcado pela abertura comercial, os resultados mostraram uma mudança em relação ao quadro anterior. Embora se constate novamente um crescimento da intensidade energética, observa-se agora também uma pressão sobre a emissão de CO₂ devido a maior participação na produção de setores industriais mais intensivos no consumo de energia, e portanto mais emissores. Como se trata de um período ainda recente, não se pode afirmar se o que vai se estabelecer a partir de então é um quadro de deterioração quanto à sustentabilidade climática.

Somente consideramos aqui os efeitos ligados à emissão do CO₂. A intuição, por trás do fato de se trabalhar somente com o CO₂, recai em uma série de motivos. Primeiro, como já mencionado, o CO₂ é o mais importante gás de efeito estufa. Isso se deve tanto ao fato de sua produção antropogênica estar associada à produção e ao consumo de energia em termos globais quanto à sua permanência na atmosfera, que é bastante duradoura. Segundo, observa-se atualmente que, por força da inovação tecnológica, os gases de efeito estufa gerados especificamente a partir de atividades industriais, como é o caso dos CFCs, já estão sendo eliminados gradativamente. É importante ressaltar que os CFCs ocupam o segundo lugar na hierarquia dos gases de efeito estufa, devido ao seu alto potencial de aquecimento. Quanto ao metano e ao óxido nitroso, projeta-se que a contribuição para a elevação da temperatura global nos próximos 100 anos para esses dois gases seja, respectivamente, da ordem de 9,6% e 2,7%. Mesmo a longo prazo, nada parece indicar uma mudança na prevalência do CO₂ como principal protagonista do efeito estufa. Embora possam existir substitutos para os combustíveis fósseis no campo dos renováveis, as aplicações para esses últimos se mostram ainda muito localizadas. Uma mudança significativa nessa orientação parece ainda pouco provável devido a fatores ligados à escala e à viabilidade econômica.

2 - MEDIDAS DE SUSTENTABILIDADE CLIMÁTICA

Tendo em vista a importância do CO₂ no conjunto dos gases de efeito estufa, pode-se afirmar que a elevação da temperatura média está diretamente relacionada com a concentração desses gases na atmosfera.

Como ponto de partida, deve-se estabelecer as diferenças entre as fontes de energia, quanto a seus insumos, de modo a obter indicadores de sustentabilidade apropriados. A primeira clivagem importante é a diferenciação na utilização de fontes de energia não-renováveis em contraposição às fontes ditas renováveis. As fontes não-renováveis são baseadas em hidrocarbonetos (X_{hc}), podendo-se citar o petróleo, carvão, gás natural e linita. As fontes renováveis de energia (X_c) incluem a biomassa, a energia solar e a hidroeletricidade. As fontes térmicas não baseadas em carbono (X_{nc}) também renováveis têm como melhor exemplo a energia nuclear.

Uma vez tendo apresentado as diferenças entre as fontes primárias de energia, pode-se definir o total de insumos para a produção de energia, (T), como:

$$T = X_{hc} + X_c + X_{nc} \quad (1)$$

E, de modo semelhante, o total de insumos renováveis é dado por:

$$R = X_c + X_{nc} \quad (2)$$

A partir da quantidade total de insumos usados para produzir energia distribuídos por fonte não-renovável, pode-se obter o volume potencial de CO₂ emitido usando-se um fator de conversão (a_i) específico para cada fonte não-renovável (X_{hc}^i). Desse modo, o potencial de carbono C a ser emitido pode ser obtido por:

$$C = \sum_{i=1}^N a_i X_{hc}^i \quad (3)$$

Algumas medidas de sustentabilidade podem ser obtidas pelas variáveis descritas acima. As emissões de gases de efeito estufa são oriundas principalmente de fontes não-renováveis. Nesse caso, quanto maior a razão (R/T), menor a pressão sobre o ambiente natural em termos de elevação climática. Uma tendência crescente dessa relação para um longo período indica, de alguma forma, melhora na sustentabilidade do ponto de vista da mudança climática. Essa razão constitui a base para o critério 1.

Denotemos como P os insumos primários utilizados para a produção de energia elétrica e como E o produto gerado em termos de energia elétrica. Uma medida de interesse é a fração dos recursos térmicos primários usados para gerar eletricidade, razão expressa pelo *total de insumos primários utilizados para produzir eletricidade sobre o total de insumos usados para produzir a quantidade total de energia* (P/T). Um crescimento dessa razão ao longo do tempo significa

que a eletricidade ocupa uma proporção maior na energia de uso final. Uma vez que a eletricidade é a forma de energia mais conveniente, assim como “não-poluente” do ponto de vista do uso, espera-se um aumento gradual dessa fração no futuro. Uma evolução crescente de P/T pode refletir a convergência para uma sustentabilidade maior. Portanto, esse seria o critério 2. Por fim, tomando-se a razão E/P , que mede a *eficiência na produção de energia elétrica*, formamos o critério 3, que reflete a minimização na utilização de energia para produzir um dado produto.

As Tabelas 1 e 2 apresentam um panorama geral para o Brasil das fontes energéticas e dos indicadores antes mencionados, tomando o período 1979/95. A Tabela 1 mostra os principais insumos de energia primária consumidos no país, e sua apresentação tem como objetivo obter os indicadores propostos por Ayres (1996), além de indicar as alterações ocorridas na composição do consumo dessas fontes ao longo do tempo. A visualização desse último ponto pode ser melhor constatada na Tabela 2. Como pode ser visto a partir dos dados dessas tabelas, a produção de energia no país se enquadra nos critérios de sustentabilidade propostos por Ayres (1996). Pelo critério 1, que mede a participação dos renováveis no total de insumos, esse valor se mantém em nível elevado, em torno de 60%. A título de exemplo, nos Estados Unidos essa mesma relação esteve sempre abaixo de 8% no período 1960/90 [Ayres (1996)].

Contudo, embora o nível desse indicador para o caso brasileiro tenha sido observado desde o início do período em questão, a real configuração desse valor como indicador de um grau de sustentabilidade climática razoável só pode ser afirmada a partir da segunda metade da década de 70. A razão disso pode ser explicada tomando como base a Tabela 2. No início da década de 70, a matriz energética brasileira tinha 43% do consumo de fontes primárias de energia calcados na lenha, além de outros 34% baseados no consumo de petróleo. A obtenção de energia por meio dessas duas fontes energéticas é uma das principais formas de emissão de CO_2 .

Somente com o aproveitamento mais intenso do potencial hidráulico de energia — energia limpa — com a entrada em operação das hidroelétricas de Itaipu e Tucuruí a partir do final da década de 70 é que ocorre uma modificação qualitativa na forma de obtenção de energia. Também no início da década de 80 foi implantado o programa do álcool (Proálcool), responsável pela obtenção de álcool da cana-de-açúcar, tendo como objetivo a substituição parcial do petróleo importado. A introdução do Proálcool trouxe consigo dois efeitos benéficos para a sustentabilidade climática. Primeiro, o etanol é um combustível que apresenta menos teor de carbono, sendo assim menos intenso na liberação de CO_2 . Segundo, como a cana-de-açúcar é replantada, existe um efeito de mitigação sobre o CO_2 decorrente da absorção da biomassa.

Tabela 1

Dados Brasileiros de Energia Organizados para Ilustrar a Sustentabilidade Climática(Em 10³ TEP)

Ano	1970	1975	1980	1985	1990	1995
1. Energia Primária Não-Renovável	27.567	47.411	60.650	66.801	72.914	78.261
Petróleo	25.060	43.994	54.319	54.580	59.382	61.758
Gás Natural	169	571	1.123	2.949	4.147	5.167
Carvão Vapor	600	650	1.195	2.472	1.917	1.928
Carvão Metalúrgico	1.738	2.196	4.013	6.800	7.468	8.652
Urânio (U308)	0	0	0	0	0	756
2. Energia Primária Renovável	47.088	58.165	78.064	104.382	108.166	120.706
Energia Hidráulica	11.542	20.963	37.383	51.729	59.945	73.632
Lenha	31.789	32.739	30.607	32.513	28.180	22.971
Produtos da Cana-de-Açúcar	3.536	4.105	9.081	18.576	17.937	21.216
Outras Fontes Primárias Renováveis	221	358	993	1.564	2.104	2.887
3. Total (1+2)	74.655	10.5576	138.714	171.183	181.080	198.967
4. Geração de Energia Elétrica	13.265	22.891	40.421	56.168	64.618	79.924
5. Energia Primária para Eletricidade	12.306	21.722	38.571	53.568	62.059	76.487
Eficiência Térmica (4/5)	1,08	1,05	1,05	1,05	1,04	1,04
Renováveis (2/3)	0,63	0,55	0,56	0,61	0,60	0,61
Elétrico Primário (5/3)	0,16	0,21	0,28	0,31	0,34	0,38

Fonte: Balanço Energético Nacional.

TEP = tonelada equivalente de petróleo.

Tabela 2

Participação das Principais Fontes Primárias de Energia

(Em %)

Fontes	1970	1975	1980	1985	1990	1995
Petróleo	34	42	39	32	33	31
Energia Hidráulica	15	20	27	30	33	37
Lenha	43	31	22	19	16	12
Produtos da Cana-de-Açúcar	5	4	7	11	10	11

Fonte: Balanço Energético Nacional.

Portanto, tendo como base os critérios 1 e 2, a participação da energia hidráulica como meio de produção de energia elétrica, junto ao programa do álcool, resultou numa sensível melhora da produção sustentável de energia sob o ponto de vista da sustentabilidade climática. Isso pode ser atestado pela combinação dos dois últimos indicadores da Tabela 1. Como se vê na última linha dessa tabela, existe sensível melhora no indicador representativo do critério 2. Esse indicador progrediu continuamente ao longo do período analisado, saltando de 16% no início da década de 70 para 38% ao final do período. Nos Estados Unidos, essa relação tem se mantido um pouco acima de 30% ao longo do mesmo período [Ayres (1996)].

No caso da eficiência energética (critério 3), constata-se uma estabilização desse indicador.

3 - VISÃO PANORÂMICA DA QUESTÃO ENERGÉTICA

Tendo definido indicadores primários de sustentabilidade climática, desejamos propor uma análise que vise integrar a *performance* econômica de um país e os dados acerca da produção de energia e emissão de CO₂, com a finalidade de obter uma visão mais ampla da sustentabilidade climática e de sua relação com a economia.

A principal causa para a emissão de CO₂ é o uso de combustíveis fósseis para a obtenção de energia. Portanto, justifica-se o conhecimento mais aprofundado dessa questão: os estudos acerca de tendências e a quantificação das emissões não podem ser levados a cabo sem um maior conhecimento das formas de obtenção de energia de uma economia, ou seja, sem uma análise da estrutura do setor energético de um país. Para tal, torna-se necessário um estudo sobre o comportamento dinâmico da estrutura desse setor em termos da produção e do consumo final de energia. Esse estudo deve ser detalhado não apenas pela decomposição da produção e do consumo final de energia entre os setores da economia, mas também pela desagregação da energia decorrente de cada fonte energética consumida em cada setor. No caso da indústria, com ênfase no setor de transformação, a desagregação pode ocorrer nos subsetores, tendo em vista as variações advindas não apenas da intensidade energética, como também as decorrentes da modificação da composição desses subsetores, o que será feito na Seção 4.

Não obstante as considerações a respeito da importância do uso da matriz energética como instrumento de extrema relevância para entender o fenômeno da emissão de CO₂, vamos tentar analisar a questão de um modo mais geral. Numa perspectiva bastante ampla, pode-se a princípio afirmar que o grau de *intensidade energética*, medido pela razão entre o consumo total de energia e o produto da economia, poderia ser uma medida indicativa, ainda que numa perspectiva ampla, da tendência de crescimento ou não no padrão de emissão de CO₂. A explicação para isso pode ser obtida a partir da interpretação do próprio conceito de eficiência energética. Esta significaria a manutenção do mesmo tipo e nível de serviços adquiridos a partir de uma quantidade menor de energia. Portanto, um modo de mitigar a emissão de CO₂ poderia ser a produção de energia de maneira mais eficiente. Nos países em desenvolvimento, parecem existir muitas oportunidades para a implementação de programas destinados a melhorar a produção, conversão e uso final de energia. Por exemplo, no setor elétrico desses países as perdas por transmissão e distribuição são duas a quatro vezes maiores que os “bons níveis” de eficiência que ocorrem nos países desenvolvidos. Isso tem gerado uma perda freqüentemente acima de 20% do total de energia produzido [World Bank (1993)].

No Brasil ainda não existe a preocupação de associar a sustentabilidade climática à questão da eficiência energética no setor elétrico devido ao fato de a produção de eletricidade estar calcada preponderantemente em base hídrica. Contudo, esse não é um tipo de postura que deve permanecer, pois, de acordo com um cenário referencial traçado para os países em desenvolvimento, espera-se uma diminuição

dos investimentos em geração de eletricidade por meio de energia hidráulica devido ao elevado custo de implantação e a problemas ambientais. Ainda de acordo com esse cenário, espera-se no Brasil um deslocamento substancial para o gás natural. Isso é corroborado pela tendência de mudança gradual do controle antes exercido pelo aparato estatal para a iniciativa privada. Unidades menores do tipo ciclo combinado a gás começam a se mostrar economicamente viáveis na medida em que possuem um custo de capital bem mais baixo que as hidroelétricas, alta eficiência e menor período de construção da unidade.

Contudo, a despeito do potencial do aumento da eficiência energética como forma de atenuar o volume das emissões de CO₂ por unidade de produto, outros fatores podem se sobrepôr para elevar o nível dessas emissões. Em particular, são projetadas *altas taxas para o consumo de energia* nos países em desenvolvimento, principalmente na indústria e no setor de transportes. Além disso, o *crescimento da renda per capita e da população* desses países pode servir para contribuir ainda mais para o agravamento futuro da emissão de CO₂.

De modo a analisar a questão acerca dos limites da eficiência como instrumento para o controle das emissões, pode-se fazer uso da identidade de Kaya [Kaya (1989)]. Essa identidade é definida da seguinte forma:

$$CO_2 = (CO_2/E) \times (E/GDP) \times (GDP/P) \times P \quad (4)$$

onde E é o consumo de energia, GDP é o produto interno bruto e P a população. Pode-se facilmente deduzir que, para uma taxa de crescimento populacional e um nível futuro do produto determinados, um certo nível de redução de emissão de CO₂ pode ser alcançado pela redução do *teor de carbono da energia* (CO_2/E) ou pela redução da *intensidade energética do produto* (E/GDP). Naturalmente, quanto maior o crescimento do produto, da renda *per capita* e da população, maiores deverão ser os esforços para a redução das emissões a partir da melhoria da eficiência expressa pela diminuição da intensidade energética.

Sob uma perspectiva histórica, os dois indicadores citados apontam para uma tendência de declínio, devido às alterações nos padrões tecnológicos e às mudanças estruturais. A intensidade energética por unidade de valor adicionado tem caído a uma taxa de cerca de 1% desde 1860 na maioria dos países do Ocidente — 2%, caso se tome 1970 como ano-base — e aproximadamente 2,6% a partir de 1980 [Nakicenovic e Victor (1993)]. Entretanto, existe grande dispersão dessas medidas entre os países, tanto para o nível da intensidade energética como para a direção ao longo do tempo. Pode-se dizer ainda que, no caso dos países em desenvolvimento, as intensidades de carbono e energia estão em níveis bem superiores se comparadas às nações desenvolvidas no mesmo estágio. A Tabela 3 nos oferece alguma perspectiva quanto ao enquadramento do Brasil na questão da intensidade energética e emissão *per capita* de CO₂ quando comparado ao resto do mundo. Como pode ser observado, o Brasil tem um índice baixo de intensidade energética. O valor desse índice para o nosso país só fica acima da média dos países mais desenvolvidos, membros da OCDE. De 1980 a 1995, a intensidade energética do produto no Brasil variou de 0,29 a 0,37 TEP/US\$, enquanto para a

média das nações mais desenvolvidas essa variação foi de 0,34 a 0,29 TEP/US\$ para o mesmo período. No que diz respeito à emissão de CO₂ *per capita*, o Brasil apresenta um dos mais baixos índices do mundo, levando-se em consideração a dimensão de sua economia. Tomando-se como referência o ano de 1995, esse índice é de aproximadamente 1,66 tCO₂/hab. Essa medida está bem abaixo dos padrões atuais das nações mais desenvolvidas. No Japão, União Européia e Estados Unidos, os índices são, respectivamente, 9,15, 8,58 e 19,75 tCO₂/hab. [IEA (1999)]. Vejamos como esse indicador se comporta para uma pequena amostra de nações em desenvolvimento. Para o México, Índia e China, os volumes de emissões *per capita* para o ano de 1995 são, respectivamente, 3,46, 0,86 e 2,51 tCO₂/hab. [IEA (1999)].

Tabela 3

Intensidade Energética^a e Emissão *per capita* de CO₂^b

	Intensidade Energética		Emissão <i>per capita</i> de CO ₂	
	1980	1995	1980	1995
1. Países de Baixa Renda	1,11	0,91	0,90	1,40
2. Países de Renda Média	0,83	0,91	2,90	4,50
2.1 Baixa Renda Média	1,00	1,00	2,00	4,50
2.2 Alta Renda Média	0,59	0,67	4,60	4,60
3. Países de Renda Média	0,91	0,91	1,50	2,50
3.1 Ásia e Pacífico	n.d.	1,11	1,40	2,50
3.2 Europa e Ásia Central	n.d.	1,67	n.d.	7,90
3.3 América Latina e Caribe	0,45	0,50	2,40	2,60
4. Países de Alta Renda (OCDE)	0,34	0,29	12,00	12,50
5. Brasil	0,29	0,37	1,50	1,60

Fonte: World Development Indicators.

^a kg equivalente de petróleo/US\$ de 1987. ^b kg de CO₂/US\$ de 1987.

n.d. = não-disponível.

Outra medida importante se refere ao teor de carbono da energia. Para o Brasil esse valor é de 1,75 tCO₂/TEP contra a média de 2,41 tCO₂/TEP dos países da OCDE, tomando o ano-base de 1997 [IEA (1999)]. Esse resultado pode ser explicado em face da grande utilização da energia hidráulica no Brasil para produção de energia elétrica.

No que diz respeito ao produto *per capita*, a taxa de crescimento dessa variável para o Brasil foi negativa, igual a -0,8% a.a. no período 1985/95. Quanto à população, o Brasil é um dos poucos países do mundo que têm apresentado uma desaceleração na taxa de crescimento da população. Para o período 1980/96, essa taxa de desaceleração foi de 0,4% a.a. Para o período 1996/2010, estima-se que essa desaceleração chegue a 0,9% a.a. Portanto, como se pode perceber de acordo com os critérios apresentados pela identidade de Kaya, não parece haver para o caso brasileiro nenhuma indicação quanto ao perigo de insustentabilidade energética de acordo com os indicadores macro.

Não obstante a importância de se estudar as medidas gerais como a intensidade energética do produto e o teor de carbono da energia como forma de verificar uma

tendência em relação às emissões de CO₂, deve ser enfatizado que o controle sobre a quantidade de CO₂ emitida somente é possível por meio de mudanças intrínsecas do aparelho produtivo. Tomando-se como exemplo o caso do setor industrial, isso significaria um redirecionamento para uma menor participação da utilização de combustíveis fósseis, uma melhora na intensidade energética de cada ramo da atividade industrial e, ainda, maior participação de setores menos emissores de CO₂. Sem atentar para esses fatores não é possível implementar de modo racional qualquer política que tenha como meta a redução da quantidade emitida de CO₂.

4 - DECOMPOSIÇÃO DA INTENSIDADE AGREGADA DE CO₂

Como foi dito antes, é importante tentar entender as mudanças ocorridas dentro de um setor de modo a ter uma visão mais segura da sustentabilidade climática.

No Brasil, ao contrário do que ocorre na maior parte do mundo, o setor energético, responsável pela produção primária de energia, não é o que mais emite CO₂. Esse ônus recai basicamente sobre o setor industrial e de transportes, devido ao fato de no Brasil a produção de eletricidade ser fundamentalmente de base hídrica. Portanto, um estudo mais aprofundado desses setores quanto aos efeitos que induzem ao aumento ou à diminuição da emissão de CO₂ é fundamental no Brasil, de modo a dar subsídio à questão da mudança climática.

Um tipo de estudo aplicado em alguns países como forma de desenvolver uma análise intra-setorial do consumo de energia e da emissão de CO₂ consiste em decompor a variação da intensidade agregada de CO₂, expressa pela razão entre o CO₂ emitido e o produto da economia, nos diversos fatores que seriam responsáveis pela alteração dessa medida ao longo do tempo. Como foi salientado na introdução deste trabalho, essa técnica só será utilizada para o setor industrial, devido à inexistência apropriada de dados para analisar o setor de transportes. Por meio de uma técnica apropriada, é possível mostrar que existem cinco fatores. São eles: efeito produto, também denominado efeito escala, efeito intensidade, efeito estrutura, efeito ponderado e efeito conteúdo.

Eles representam, respectivamente, a quantidade dessa variação que se deve apenas à mudança na escala da produção (efeito produto); a quantidade que provém da mudança na intensidade energética (efeito intensidade); a quantidade que decorre de uma mudança estrutural (efeito estrutura); a quantidade que se deve às modificações decorrentes do emprego das diversas categorias de fontes energéticas (efeito ponderado); e, finalmente, a quantidade que pode ser creditada a alterações nos fatores de conversão responsáveis pela obtenção da quantidade emitida de CO₂ a partir da combustão de determinada fonte de energia (efeito conteúdo).

De modo mais detalhado, as interpretações de cada um dos efeitos citados podem ser dadas a partir das seguintes definições. Por efeito produto compreende-se aquilo que se deve apenas a mudanças na escala de produção. Por exemplo, o

crescimento da atividade gera por si só um aumento da emissão de CO₂, por causa do maior consumo de energia. Efeito estrutura são as alterações da emissão de CO₂ relacionadas a modificações no consumo de energia devidas unicamente a mudanças na composição do setor industrial. Efeito intensidade designa o quanto da emissão de CO₂ é decorrente apenas da mudança no nível do consumo de energia. Por exemplo, a obsolescência dos equipamentos pode levar a um consumo maior de energia, gerando desperdício no uso de determinado insumo energético e, conseqüentemente, uma emissão exagerada de CO₂. A introdução de novas tecnologias e a manutenção dos equipamentos também ajudam a diminuir ou atenuar o consumo de energia e, portanto, a emissão de CO₂. Existe ainda o efeito relacionado às modificações decorrentes do emprego das diversas categorias de fontes energéticas. A título de exemplo, esse efeito seria aquele ligado à substituição, dentro de um subsetor, de uma fonte de energia por outra. Por fim, há o efeito decorrente das características inerentes das fontes energéticas. Por exemplo, tipos diferenciados do mesmo insumo energético têm potenciais distintos de emissão de CO₂. Em termos práticos, esse fato tem pouca importância, como será visto adiante.

Um problema de ordem empírica, que aparece quando da efetiva aplicação de uma metodologia de decomposição, refere-se à existência de um outro componente, além dos já citados, denominado resíduo. Em geral, as expressões algébricas referentes a cada efeito são obtidas em condições ideais, que não são verificadas na prática. Assim, em vez de tomar a expressão em si, é necessário obter expressões equivalentes que possam ser operacionalizadas, isto é, formas algébricas discretas em que os dados observáveis possam ser empregados. O ponto de fragilidade aqui é que as expressões equivalentes não apresentam uma qualidade de ajustamento perfeita entre a medida que se deseja decompor e os efeitos decorrentes da decomposição. É desse modo que aparece o termo resíduo.

Diversos estudos referentes à decomposição do consumo de energia [Ang (1994)] apresentam metodologias que podem, com pequenas alterações, ser empregadas com o objetivo de extrair os componentes fundamentais mencionados anteriormente. O procedimento empregado aqui para a desagregação das quantidades relativas às variações da intensidade energética e aos impactos estruturais faz uso de um índice denominado Divisia Paramétrico de Média Simples (DPMS). Outros índices, como o Divisia Paramétrico de Laspeyres (DPL), o Divisia Paramétrico de Paasche (DPP), além do Divisia Paramétrico de Média Adaptativa (DPMA), aparecem constantemente na literatura. Na verdade, como mostraram Ang e Lee (1994), todos eles pertencem à mesma família de índices, sendo que cada um pode ser obtido por meio de uma substituição apropriada dos parâmetros por valores específicos. A escolha do DPMS se deu com base no critério do menor resíduo e da facilidade de manuseio. Os trabalhos empíricos têm mostrado que o desempenho do índice DPMS, se tomado o critério do resíduo, é sempre superior aos índices DPL e DPP, enquanto em relação ao DPMA não é possível estabelecer consensualidade acerca do melhor índice. No entanto, do ponto de vista da aplicabilidade, o mais prático é o DPMS, pois a obtenção da decomposição por meio dessa metodologia é conseguida com uma economia expressiva de operações algébricas.

Em geral, os trabalhos que tratam desse tema seguem a seguinte metodologia para a estruturação e aplicação dos dados: *a)* os dados são obtidos tendo em vista um determinado nível de desagregação setorial específico para o país a ser estudado; *b)* escolhe-se um método de decomposição tendo como referência um objetivo claro; *c)* ao método escolhido na etapa anterior são aplicados os dados referentes a *a)*; e *d)* por fim, é feita uma análise qualitativa dos resultados obtidos.

O estudo do caso brasileiro apresentado nesta seção segue de perto o que foi feito por Ang (1997) para o caso da Coréia do Sul. Na decomposição da intensidade agregada de CO₂, as emissões foram estimadas com base na metodologia do IPCC, multiplicando a quantidade consumida de insumos energéticos — lenha, carvão, eletricidade, petróleo, gás etc. — pelos respectivos coeficientes de emissão de CO₂. No nosso caso, parte-se da hipótese de que esses coeficientes se mantêm constantes ao longo do período analisado.

Naturalmente, não se pode afirmar que cada fonte de energia seja completamente homogênea. Vejamos, por exemplo, o caso do petróleo. O Brasil, principalmente a partir do segundo choque, começou a incentivar a produção interna desse combustível com o objetivo de diminuir o dispêndio de recursos com sua importação, substituindo o petróleo importado pelo produzido internamente. Sabe-se no entanto que, embora tais recursos — tanto o produzido no mercado nacional quanto o proveniente do exterior — sejam os mesmos, existem especificidades inerentes a cada um deles. Por exemplo, no caso do petróleo, um critério usado para medir sua qualidade é adotar a classificação entre petróleo leve e pesado. Essas duas denominações estão associadas da seguinte forma. Dizer que o petróleo é do tipo pesado é o mesmo que dizer que ele possui alta concentração de carbono e enxofre. Do contrário, diz-se que o petróleo é do tipo leve. Dessa forma, pode-se afirmar que o petróleo do tipo mais pesado, quando queimado, libera uma quantidade de CO₂ superior à do tipo leve, contribuindo portanto mais decisivamente para o agravamento da insustentabilidade climática. Assim, em termos de origem e fazendo uso do critério descrito anteriormente, o petróleo proveniente dos países do Oriente Médio é de qualidade superior ao produzido na América do Sul, pois é qualificado como sendo do tipo leve.

Tendo em vista essas observações, é razoável admitir que, mesmo para uma única fonte energética, seja possível aceitar coeficientes técnicos de conversão distintos, dependendo das diversas origens dessa mesma fonte. Contudo, existem grandes impedimentos de ordem prática que fazem com que os especialistas não adotem a distinção na conversão para uma mesma fonte de energia. A título de ilustração, alguns deles são descritos a seguir. Nos balanços energéticos da maioria dos países aparece apenas a discriminação entre a quantidade importada e a produzida internamente. Uma desagregação maior exigiria um intenso esforço de busca e análise. Mesmo no caso de uma fonte energética obtida no próprio país, pode existir distinção quanto à origem. Por exemplo, no caso do Brasil, o petróleo produzido na Bahia é superior ao produzido na Bacia de Campos.

Apesar da dificuldade de verificar as diversas origens possíveis de um insumo energético, essa não é a maior dificuldade para a adoção de coeficientes técnicos

distintos para a mesma fonte de energia. O principal obstáculo está no fato de que as fontes primárias de energia, como o petróleo, produzem fontes secundárias, como a gasolina, por meio da transformação. Como é praticamente impossível efetuar um controle posterior à etapa de transformação, a aplicação de coeficientes distintos à mesma fonte secundária torna-se impraticável.

A decomposição das emissões de CO₂ produzidas na indústria requer dados do consumo de energia obtidos a partir do consumo individual das diversas fontes energéticas para cada setor, de modo que o total de CO₂ emitido possa ser calculado. Além disso, é necessário utilizar um fator de conversão para cada fonte de energia de maneira a se obter a quantidade de CO₂ de emissão induzida. A técnica para se alcançar a quantidade emitida de CO₂ consiste apenas na aplicação direta da fórmula 3 da Seção 2 deste trabalho, ou seja, para se conseguir a quantidade emitida de CO₂ a partir da energia de determinada fonte energética, multiplica-se o valor da quantidade de energia pelo coeficiente técnico específico a essa fonte energética [IPCC (1995)].

Um ponto de dificuldade na elaboração desse tipo de trabalho consiste em compatibilizar o produto industrial desagregado, dado pelo Sistema de Contas Nacionais (SCN), e a discriminação feita no Balanço Energético (BE). Algumas exclusões e adições foram impostas com o intuito de tornar possível essa compatibilidade, já que o SCN aparece bem mais discriminado que o BE. O Apêndice mostra como foi feita essa agregação.

Uma vez feitas as principais observações acerca da metodologia proposta, o objetivo recai na efetiva aplicação desse método. A seguir são definidas as variáveis que serão utilizadas para o emprego desse índice:

E_t = total de energia consumida pela indústria no período t ;

$E_{i,t}$ = energia consumida pelo setor i , no período t ;

Y_t = total da produção industrial em t ;

$Y_{i,t}$ = produção do setor i em t ;

$y_{i,t}$ = participação do setor i na produção em t ;

I_t = intensidade energética agregada em t ;

$I_{i,t}$ = intensidade energética do setor i no período t ;

C_{ijt} = total de CO₂ emitido a partir do consumo de combustível j no setor i no período t ;

C_{it} = total de CO₂ emitido a partir da energia consumida no setor i em t ($= \sum_j C_{ijt}$);

C_t = total de CO₂ emitido a partir do consumo total de energia em t ($= \sum_i C_{it}$);

e_{ijt} = participação do consumo de combustível j no setor i em t ($= E_{ijt} / E_{it}$);

U_{ijt} = coeficiente de emissão de CO₂ do combustível j no setor i , expresso pelas emissões por unidade de energia utilizada; e

Z_t = intensidade agregada de CO₂ em t ($= C_t / Y_t$).

Pode-se definir Z , para qualquer período t , como sendo dado ainda pela expressão abaixo:

$$Z = \sum_{ij} U_{ij} E_{ij} / Y = \sum_{ij} U_{ij} (Y_i / Y) (E_{ij} / E_i) (E_i / Y_i) = \sum_{ij} U_{ij} y_{ij} e_{ij} I_i \quad (5)$$

Isso mostra que a emissão de CO₂ pode ser analisada a partir de quatro diferentes fatores que serão discriminados logo adiante. De modo a observar a variação da intensidade de CO₂, define-se então o seguinte índice:

$$D_{tot} = Z_T / Z_0 \quad (6)$$

A razão acima é denominada índice de intensidade agregada de CO₂. Pode-se demonstrar, com o emprego do método Divisia Paramétrico, que esse índice pode ser decomposto da seguinte forma:

$$D_{tot} = D_{emc} D_{str} D_{fsh} D_{int} D_{rsd} \quad (7)$$

onde:

$$D_{emc} = \exp \left[\sum_{ij} (1/2) (w_{ij,T} + w_{ij,0}) \ln(U_{ij,T} / U_{ij,0}) \right] \quad (8)$$

$$D_{str} = \exp \left[\sum_{ij} (1/2) (w_{ij,T} + w_{ij,0}) \ln(y_{ij,T} / y_{ij,0}) \right] \quad (9)$$

$$D_{fsh} = \exp \left[\sum_{ij} (1/2) (w_{ij,T} + w_{ij,0}) \ln(e_{ij,T} / e_{ij,0}) \right] \quad (10)$$

$$D_{int} = \exp \left[\sum_{ij} (1/2) (w_{ij,T} + w_{ij,0}) \ln(I_{ij,T} / I_{ij,0}) \right] \quad (11)$$

Aqui, $w_{ij} = C_{ij} / C$. As quantidades dadas nas equações (8) a (11) podem ser definidas da seguinte maneira. D_{emc} dá o efeito médio das mudanças associadas com os coeficientes de emissão de CO₂. Esse efeito é conhecido como efeito coeficiente. D_{str} representa a variação da intensidade agregada de CO₂ devido a mudanças na composição setorial da indústria. Valores menores que um para esse índice mostram que a indústria como um todo tem se deslocado em direção a setores menos poluentes em CO₂. O termo D_{int} indica o quanto da variação da intensidade agregada de CO₂ se deve ao efeito da intensidade energética. A interpretação do efeito intensidade está associada ao grau de eficiência na produção e no uso da energia. Assim, um valor maior que um indicaria perda de eficiência energética. Essa perda de eficiência poderia advir de várias maneiras. No caso da eletricidade, por exemplo, devido à ineficiência nos sistemas de geração, distribuição e armazenagem ocasionadas pela obsolescência e mau uso

dos equipamentos, a energia requerida está aumentando. Além disso, a contenção dos preços dos combustíveis e das tarifas de energia por parte do governo, como forma de conter a inflação ou subsidiar o setor privado, pode levar ao uso ineficiente da energia. D_{fsh} gera o efeito ponderado das mudanças nas participações setoriais das diversas fontes energéticas. Essa medida se relaciona com as participações relativas das diversas formas de combustíveis. Por fim, como admitimos que os fatores de conversão permanecem inalterados ao longo do período, D_{emc} será sempre igual a um.

5 - RESULTADOS: UMA APLICAÇÃO AO CASO DA INDÚSTRIA NO BRASIL

Uma vez definidos os aspectos metodológicos para aplicação do método Divisia, o objetivo agora recai em avaliar qualitativamente as principais considerações que irão conduzir a aplicação para o caso brasileiro. Naturalmente, um ponto que merece ser ressaltado se refere à escolha adequada dos intervalos de tempo com que iremos trabalhar. O período a ser analisado vai de 1970 a 1995. Contudo, praticamente todos os estudos que tratam da questão da decomposição — semelhante àquela com que se trabalha aqui — têm mostrado que os resultados se deterioram quando o intervalo analisado é “demasiado” grande. Naturalmente não existe método que possa inferir o intervalo ótimo, e portanto qualquer escolha do tamanho do intervalo ou intervalos está calcada em algum critério exterior ao método. A solução para essa questão é repartir o período inteiro em intervalos menores. Por trás dessa solução está também o apelo teórico em procurar fazer com que haja alguma correlação entre os intervalos escolhidos e as mudanças importantes que, porventura, existiram na matriz energética brasileira em decorrência de fatores exógenos ligados à energia; as que aconteceram no cenário internacional; ou, ainda, as importantes mudanças na economia do país que provavelmente tiveram certo impacto sobre a política energética.

Assim, os períodos foram repartidos da seguinte forma. O primeiro período, 1970/75, marca a etapa conhecida como período de energia barata. Durante os três primeiros anos da década de 70, o preço do petróleo, principal insumo energético, era bastante acessível. Considera-se aqui que o ajuste diante da alta do preço do petróleo, devido ao primeiro choque, não foi sentido na economia brasileira tão fortemente quanto na maioria das nações capitalistas. Isso se deveu ao fato de que, durante toda essa década, imperava a opção pelo crescimento e, portanto, o ajuste natural que se daria por meio de uma política contracionista para conter a inflação não aconteceu. O país adotou naquele momento uma estratégia de crescimento com endividamento. Essa opção, que evitava sacrifícios imediatos, foi possível graças à disponibilidade de recursos financeiros oriundos de bancos privados internacionais.

O período seguinte, 1975/80, dá continuidade à política desenvolvimentista seguida pelos governos militares. Esse período marca uma das etapas mais importantes da vida nacional. Nele se implantou o II Plano Nacional de Desenvolvimento (PND), que tinha como objetivo a instalação de um parque

industrial consolidado, de modo a assegurar o crescimento econômico numa base mais sólida. O II PND considerava prioritários os setores de bens de equipamentos, eletrônica, indústria pesada e bens intermediários.

No período posterior, 1980/85, tem início um processo firme de ajuste, deflagrado em consequência da crise econômica mundial gerada pela política de elevação da taxa de juros adotada nos Estados Unidos pelo Federal Reserve. O aumento das taxas de juros no mercado americano tinha como objetivo conter a retomada da inflação advinda do segundo choque do petróleo. Foi nesse período que entrou em operação o programa do álcool como alternativa perante a importação de petróleo. Paralelamente, também a partir de 1980, houve um crescimento acentuado da produção interna de petróleo. A combinação desses dois eventos, mais a queda da demanda interna, contribuiu significativamente para uma acentuada diminuição da dependência externa de petróleo nesse período. Isso pode ser constatado observando-se a razão entre o hiato da demanda e a demanda de petróleo e seus derivados, sendo esse hiato medido pela diferença entre a demanda e a produção interna — que era de 82,8% em 1979 e passou para 78% em 1980, caindo continuamente até alcançar 41,3% em 1985. Em 1986, a produção interna passa para 44%, mantendo-se em torno desse nível até os dias atuais. A longo prazo, contudo, com a queda contínua do preço do barril do petróleo, o programa do álcool foi diminuindo de importância em relação à expansão da oferta interna.

Também do ponto de vista macroeconômico esse período — mais notadamente a partir de 1982 — marca uma reviravolta no cenário da economia brasileira, principalmente tomando-se como base as contas com o exterior. Houve uma expansão muito grande das nossas exportações, sobretudo as advindas do setor de manufaturas. Para muitos especialistas, isso aconteceu porque o programa de implantação de uma indústria de base, que fora implementado pelo II PND, começou já naquele momento a apresentar os primeiros resultados.

Em termos da análise do ponto de vista energético, o período 1980/85 é particularmente rico. Nele coexiste o impacto de vertentes importantes, que podem ser discriminadas da seguinte maneira. Primeiro, há, concomitantemente, uma expansão da produção interna de petróleo e a entrada em operação do programa do álcool, ambos com o objetivo de substituir o petróleo importado. Segundo, dá-se também, nesse mesmo período, a consolidação da produção brasileira de energia hidrelétrica. Por fim, pode-se afirmar que a estrutura do parque industrial brasileiro se alterou substancialmente em decorrência dos efeitos advindos do II PND. Alguns estudiosos [Tolmasquim (1990)] em energia assinalam que o Brasil optou por produzir bens intermediários intensivos em energia, ao contrário de países como o Japão, que optaram por investir em setores de alta tecnologia, mas de baixa intensidade energética.

O período 1985/90, apesar de marcar o retorno à democracia, está ligado a um momento de alto desequilíbrio macroeconômico. Decorre daí que as metas de política econômica estavam voltadas basicamente para a solução de problemas conjunturais como, por exemplo, o controle da inflação. Todos os planos governamentais do período partilhavam desse objetivo, e nenhum teve uma

proposta de ação de cunho estrutural. Quanto ao setor energético, em nível mundial, é nesse período que se observa uma mudança na tendência de alta do preço do petróleo. No plano interno há a consolidação do programa do álcool e o aumento da importação de petróleo decorrente da recuperação do nível da atividade econômica.

O último período, 1990/95, apesar de conturbado no panorama político, pode ser relacionado, em termos puramente econômicos, com o momento que marca uma mudança de mentalidade em direção a um processo de abertura comercial da economia que se instalou a partir de 1990. Desse modo, é de se esperar que, na medida em que o processo de inserção da economia brasileira no comércio internacional se consolide, um novo paradigma se apresente. Assim, a reestruturação do setor industrial, tendo em vista o uso da energia, pode ter um efeito líquido em duas direções.

Primeiro, existem aqueles que advogam que, com a introdução de políticas de controle da poluição nos países mais desenvolvidos, muitas indústrias energéticas intensivas estariam transferindo suas atividades para economias periféricas, em que a política ambiental é menos rígida. Isso teria como possível consequência a degradação dos indicadores de sustentabilidade climática. Uma segunda opção para um possível resultado do processo de abertura seria que, para conseguir espaço no contexto internacional, a indústria brasileira teria que ser mais competitiva e buscar formas de aumentar a eficiência. Nessa procura pela maior eficiência, a indústria nacional teria de introduzir formas mais racionais de produção, resultando, no plano energético, num consumo menos intensivo em energia.

Tendo em vista as colocações feitas a respeito das principais etapas pelas quais passou a economia brasileira, sobretudo seus impactos no setor industrial e energético, será aplicada a seguir uma metodologia de decomposição a partir do índice DPMS para os períodos assinalados. A Tabela 4 apresenta os resultados da aplicação dessa metodologia.

Tabela 4
Resultado da Decomposição da Intensidade Agregada de CO₂ pelo Índice Divisia Paramétrico de Média Simples

	D_{tot}	D_{str}	D_{fsh}	D_{int}	D_{rsd}
1970/75	0,82	0,93	0,91	0,93	1,00
1975/80	0,95	1,00	0,90	1,04	1,01
1980/85	1,16	0,98	0,92	1,28	1,01
1985/90	0,99	0,95	0,94	1,09	1,02
1990/95	1,15	1,06	1,00	1,08	1,00
1970/95	1,03	0,96	0,71	1,46	1,04
1980/87	1,15	0,95	0,94	1,00	1,27
1980/94	1,30	1,00	0,86	1,17	1,29

NOTA: D_{tot} = índice de variação total da intensidade agregada de CO₂; D_{str} = índice de variação da intensidade agregada de CO₂ devido ao efeito estrutura; D_{int} = índice de variação da intensidade agregada de CO₂ devido ao efeito intensidade; D_{fsh} = índice de variação da intensidade agregada de CO₂ devido ao efeito fonte; e D_{rsd} = resíduo.

Como pode ser visto a partir dos resultados apresentados na tabela, o emprego da metodologia de decomposição mostrou-se bastante razoável. Observando-se a última coluna, dos resíduos, podemos notar que o índice de variação da intensidade agregada de CO₂ para cada período apresentou uma decomposição nos efeitos muito significativa em termos de qualidade. Em todos os casos o resíduo encontrado ou é um, ou se situa muito próximo a esse valor. Isso garante que a confiabilidade dos valores encontrados é bastante elevada. Em geral, não é comum para estudos que empregam a mesma metodologia encontrar um nível de ajustamento de padrão similar, como o mostrado na Tabela 4.

É provável que o bom nível dos resultados tenha sido consequência da partição de todo o período em intervalos apropriados, ou seja, pode-se afirmar com certa segurança que a técnica de repartir a amostra em intervalos menores chegou perto de alcançar eficiência máxima. Como forma de demonstrar essa hipótese, foi incluído nas últimas duas linhas o cálculo para dois períodos tomados aleatoriamente — mas todos eles de tamanho superior a cinco anos, que é o intervalo que temos empregado nesse estudo. Como se pode perceber, tomando o resíduo como critério de qualidade do ajustamento, os resultados apresentados não podem ser considerados fidedignos, pois os resíduos são bastante elevados quando comparados aos valores encontrados para os efeitos. Por fim, a sexta linha foi obtida a partir da multiplicação do mesmo efeito para cada intervalo: seu objetivo é obter a mensuração de cada efeito para todo o período 1970/95.

Ainda observando os resultados da Tabela 4, vários pontos merecem destaque nesse exercício. Os valores encontrados para o efeito ponderado mostram que ao longo de todo o período em questão tem havido — pelo menos no setor industrial — um deslocamento em direção ao uso de fontes energéticas menos emissoras de CO₂. Levando-se em consideração que a maior parte das fontes emissoras provém de recursos não-renováveis, nosso estudo mostra que o emprego das fontes de energia na economia brasileira tem se dado de modo sustentável. Isso se deve a dois motivos: em primeiro lugar, em virtude de ter havido um deslocamento ao longo do período em direção ao uso de insumos menos emissores e, em segundo, porque o uso das fontes energéticas está se deslocando para um menor emprego de recursos exauríveis.

Uma vez feitas as observações gerais, efetuaremos uma análise referente a cada período com o objetivo de tentar conciliar esses resultados dentro de cada contexto colocado para a economia brasileira. O período 1970/75 é onde todos os efeitos se mostram favoráveis. No caso do D_{fsh} , efeito relacionado à mudança das fontes energéticas, isso pode ser creditado ao crescimento da participação da energia hidráulica e da acentuada diminuição da participação da lenha (ver Tabela 2). Embora tenha havido também uma elevação do percentual do consumo de petróleo, isso não impediu que houvesse uma melhora quanto à composição do uso das fontes, já que para o setor industrial a energia hidráulica ocupa maior espaço que o petróleo como fonte de energia. Ainda nesse período, no que se refere à melhora da composição setorial da indústria, mostrada pelo valor encontrado para o efeito estrutura, podemos fazer uso da desagregação do período para explicá-la. Tomando como referência o estudo de Bonelli e Gonçalves

(1998), pode-se ver que, durante o período analisado, o ramo da indústria denominado “tradicional” apresenta uma acentuada diminuição do percentual ocupado na composição do setor industrial diante dos outros ramos denominados “dinâmica A” e “dinâmica B”. Ocorre que no chamado grupo “tradicional” estão incluídos três setores industriais intensivos no consumo de combustíveis emissores de CO₂, que são cimento, alimentos e bebidas, e cerâmica. Esses setores industriais são intensivos no consumo de lenha, óleo combustível e produtos de cana-de-açúcar. Por fim, o resultado positivo relativo à intensidade energética dado pelo valor do efeito intensidade pode ser creditado à introdução de novas técnicas de produção, notadamente as que lidam com o consumo de energia.

Para o período seguinte, 1975/80, o que se observa basicamente é o aprofundamento da melhoria na utilização das fontes energéticas, medido pelo efeito fonte. Fazendo novamente uso da Tabela 4, pode-se constatar que, mais ainda que no período anterior, houve uma congruência de fatores que contribuíram para esse acontecimento: a diminuição das participações do consumo de petróleo e lenha, e a ampliação do percentual da energia hidráulica para fabricação de eletricidade. Nesse período não existiu alteração nos padrões de sustentabilidade referentes à intensidade energética e à composição setorial. Esse último dado é explicado pelo trabalho de Bonelli e Gonçalves (1998).

Não obstante a tendência de melhoria na utilização dos insumos energéticos ter se mantido no período 1980/85, devido aos mesmos motivos mencionados para o período anterior, o principal ponto de destaque é o crescimento acentuado da emissão de CO₂ devido apenas ao aumento da intensidade energética, ilustrado pelo elevado valor encontrado para o efeito intensidade. A explicação para esse fato está necessariamente na perda de eficiência energética apresentada pelo setor industrial. O que mais contribuiu para isso foi a falta de uma mentalidade voltada para a implementação de técnicas que visassem à economia de energia no processo produtivo. Aliado a esse último ponto, existe ainda um outro motivo para se ter observado um valor tão elevado para o efeito intensidade nesse período. A maior parte dele foi marcada por uma profunda recessão econômica, principalmente na indústria. Mesmo com a retração da escala da produção, muitos processos industriais intensivos em energia devem ser mantidos em funcionamento. Assim, caso não se introduzam tecnologias com o objetivo de economizar energia, é natural um aumento da razão entre a energia consumida e a produção; o consumo de energia apresenta, desse modo, uma variação menos que proporcional à variação do produto.

De 1985 a 1990, apesar do aumento da produção industrial motivado pela retomada do crescimento econômico, o efeito total da intensidade agregada de CO₂ mostrou uma melhora, ficando abaixo da unidade. Os valores dos efeitos estrutura e fonte, tomados em conjunto, mais que compensaram a perda de eficiência energética, que por sua vez não foi tão acentuada quanto no período anterior. No caso do efeito intensidade, pode-se dizer que este parece estar no seu nível de tendência, que pode expressar a perda que estaria acontecendo a longo prazo com a eficiência energética no setor industrial, pois certamente já não existe

nesse período o componente de aumento na intensidade energética devido à “deseconomia” de energia para a manutenção dos processos industriais.

Um ponto que deve ser mencionado é que, nesses primeiros quatro períodos, ou seja, em todo o período que vai desde o “milagre” até uma etapa imediatamente anterior ao processo de abertura comercial, a indústria brasileira tem se caracterizado, ao contrário do que se poderia imaginar, pela participação de setores menos emissores em CO₂. Isso pode ser visto por meio da análise relativa ao efeito estrutural. A partir do último período nota-se, entretanto, uma deterioração acentuada desse índice. No período anterior seu valor foi de 0,96, alcançando 1,06 no último período. Dentre as possíveis explicações para esse fato estão a brusca diminuição do aparato tarifário com o Governo Collor e a sobrevalorização da moeda advinda do Plano Real, que serviram, pelo menos em seu período de transição, para enfraquecer as indústrias tornando o produto nacional menos competitivo tanto no mercado interno quanto no plano internacional. A maior perda de competitividade se deu naturalmente em setores de maior valor agregado, nos quais o uso da energia é menos intenso, o que teve como consequência, no período de abertura de mercado, uma ampliação da participação de setores industriais com maior poder de emissão de CO₂.

Não obstante ter se constatado uma degradação com a ampliação da parcela de setores industriais mais poluentes no último período da análise, pode-se notar com bastante nitidez que é na questão da eficiência energética que reside ou residiu o maior gargalo em termos de sustentabilidade. Com exceção do primeiro, todos os outros períodos estudados indicaram um aumento constante da intensidade energética, mostrado pelo efeito intensidade. O aparecimento de valores acima da unidade para esse efeito mostra que tem havido uma perda gradual da qualidade da utilização da energia pela indústria brasileira.

Numa análise geral, a última linha da tabela mostra que, ao longo do período analisado, não houve uma deterioração acentuada da intensidade agregada de CO₂ na indústria brasileira. Embora tenha havido um aumento acentuado da intensidade energética, essa foi compensada pelo efeito positivo causado pela mudança da composição setorial da indústria e pelo deslocamento continuado em direção ao uso de fontes energéticas menos emissoras de CO₂.

Entretanto, deve-se estar atento para a evolução futura desses indicadores. Embora seja prematuro afirmar tal coisa, o último período pode estar indicando a existência de uma quebra estrutural, isto é, uma alteração do estado que caracterizou os períodos anteriores. Isso sugeriria uma nova situação, na medida em que, pela primeira vez, observou-se o aparecimento de um valor acima da unidade para o efeito estrutural, além do fim de um ciclo de melhoria na substituição dos insumos energéticos, com valores menores que a unidade para o efeito ponderado.

6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve como meta lançar luz em três direções distintas, mas integradas, na tentativa de avaliar o impacto da produção e do consumo de energia no Brasil na sustentabilidade climática.

Como pode ser observado na primeira parte desta pesquisa, o bom desempenho dos indicadores climáticos, segundo o critério de Ayres (1996), se deveu principalmente à grande participação das fontes renováveis na matriz energética nacional, sobretudo a energia hidráulica usada na produção de eletricidade, e também à introdução da cana-de-açúcar como substituto do petróleo. Não obstante, a manutenção de um nível razoável para a sustentabilidade climática vai depender da capacidade dos gestores da política energética de encontrar formas de produção de energia — em face de uma demanda crescente — que possam substituir em escala a energia hidráulica. Isso se deve ao fato de o potencial desse tipo de energia limpa, tendo em vista a atratividade econômica, estar se esgotando no país. Os recursos remanescentes encontram-se bastante afastados dos grandes centros, localizando-se principalmente na região amazônica. O potencial encontrado nessa região não permite a exploração para uma produção em grande escala como a que se faz atualmente, pois os recursos hídricos são difusos, não permitindo a construção de usinas que não as de pequeno e médio portes. A ampliação do gás natural e, ainda, a introdução de fontes alternativas de produção de energia, como a biomassa, a energia eólica ou a energia solar, e também a co-geração, se apresentam a princípio como as soluções mais viáveis [Seroa da Motta, Young e Ferraz (1999)].

Na Seção 2 foi abordada a questão da integração entre a emissão de CO₂, o consumo de energia e algumas variáveis macroeconômicas, como o produto e a renda *per capita*. A análise comparativa com outras economias mostrou que o Brasil apresenta uma situação confortável, tendo em vista certos indicadores gerais. Um fato importante diz respeito a sua taxa de crescimento populacional, que tem mostrado uma desaceleração. Isso pode ser importante na medida em que pode indicar que essa taxa é determinada endogenamente no sistema, acompanhando assim a desaceleração do produto. Logo, de acordo com a identidade de Kaya (1989), pode ocorrer um aumento da intensidade energética que, por sua vez, faria com que o crescimento da intensidade agregada de CO₂ fosse compensado pela desaceleração da renda *per capita* e da população.

Por fim, a última e mais importante parte deste trabalho identificou os diferentes focos de pressão que estariam induzindo ou não o aumento da intensidade agregada de CO₂ no setor industrial brasileiro. Como foi mostrado, ao longo de todo o período 1970/90, o fator fundamental foi a contínua elevação da intensidade energética. A possível explicação para esse fato repousa certamente no seguinte motivo. A falta de atenção devida dispensada ao gerenciamento nos processos industriais visando à economia de energia. Isso talvez se tenha devido a uma política continuada de manutenção dos preços de alguns insumos energéticos abaixo dos que seriam praticados pela livre concorrência, como foi durante muito tempo o caso da eletricidade, o que levou forçosamente ao emprego da energia a

um nível abaixo daquele de eficiência. Não obstante, essa perda de eficiência parece ter sido compensada pela mudança estrutural na indústria e pela substituição entre as fontes energéticas.

A partir de 1990, observa-se uma modificação nesse cenário. As duas causas capazes de compensar o aumento da intensidade energética mencionadas antes não estariam atuando nessa direção. Embora o intervalo de tempo ainda seja curto para tecer uma consideração cabal, a abertura comercial, tal como foi colocada, parece estar induzindo para a deterioração da sustentabilidade climática na indústria. A perda de competitividade de setores nacionais menos intensivos no uso da energia estaria forçando uma realocação menos favorável. Além disso, existe a indicação de que o processo de substituição das fontes energéticas estaria se esgotando. Contudo, essa estagnação pode ser mudada se houver empenho na criação de incentivos que forcem a procura ou o uso de insumos energéticos mais limpo, ou até mesmo alternativos.

APÊNDICE

Discriminação dos Setores de acordo com o Balanço Energético e o Sistema de Contas Nacionais

A seguir é mostrado como foi obtida a agregação dos setores que compõem a indústria de transformação no Brasil. A desagregação do produto gerado na indústria de transformação segue o modelo de contas nacionais tal como publicado no *Anuário Estatístico*. A desagregação do consumo industrial de energia elétrica na indústria é obtida a partir do Balanço Energético Nacional.

De modo a compatibilizar o nível de desagregação encontrado no Sistema de Contas Nacionais (SCN) com aquele posto no Balanço Energético (BE), foi excluído desse último o consumo de energia elétrica dos setores de fabricação de cimento e de cerâmica. Assim, a unificação entre os dois sistemas de contas seguiu o seguinte formato:

Setores industriais:

1. Ferro-ligas/Ferro-gusa (BE)
 - 1.1. Metalurgia (SCN)
2. Não-ferrosos e outros metais (BE)
 - 2.1. Produção de minerais não-metálicos (SCN)
3. Química (BE)
 - 3.1. Borracha (SCN)
 - 3.2. Química (SCN)
 - 3.3. Farmacêutica (SCN)
 - 3.4. Perfumaria (SCN)
 - 3.5. Produção de materiais plásticos (SCN)
4. Alimentos e bebidas (BE)
 - 4.1. Produtos alimentares (SCN)
 - 4.2. Bebidas (SCN)
5. Têxtil (BE)
 - 5.1. Têxtil (SCN)
 - 5.2. Vestuário, calçados e artefatos de tecidos (SCN)
6. Papel e celulose (BE)
 - 6.1. Papel e papelão (SCN)
7. Outros (BE)
 - 7.1. Editorial e gráfica (SCN)
 - 7.2. Diversas (SCN)
 - 7.3. Fumo (SCN)
 - 7.4. Couros e peles (SCN)
 - 7.5. Material elétrico e de comunicações (SCN)
 - 7.6. Madeira (SCN)
 - 7.7. Mobiliário (SCN)
 - 7.8. Material de transporte (SCN)
 - 7.9. Mecânica
 - 7.10. Cerâmica

BIBLIOGRAFIA

- ANG, B. W. Decomposition of industrial energy consumption: the energy intensity approach. *Energy Economics*, v. 16, n. 3, p. 163-174, 1994.
- . Decomposition methodological in industrial energy demand analysis. *Energy*, v. 20, n. 11, p. 1.081-1.095, 1995.
- . Decomposition aggregate energy and gas emission intensities for industry: a refined divisia index method. *The Energy Journal*, v. 18, n. 3, p. 59-73, 1997.
- ANG, B. W., LEE S. Y. Decomposition of industrial energy consumption: some methodological and application issues. *Energy Economics*, v. 16, n. 2, p. 83-92, 1994.
- AYRES, R. U. Statistical measures of unsustainability. Amsterdam, *Ecological Economics*, v. 16, p. 179-190, 1996.
- BONELLI, R., GONÇALVES, R. R. *Para onde vai a estrutura industrial brasileira*. Rio de Janeiro: IPEA, jun. 1998 (Texto para Discussão, 540).
- IBGE. *Anuário Estatístico do Brasil*, vários números.
- IEA Statistical. *CO2 emissions from fuel combustion 1971-1997*. International Energy Agency, 1999
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). *Greenhouse gas inventories: IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Reference Manual*. Bracknell: United Kingdom Metereogical Office, Inglaterra, 1995.
- JEPMA, C. J., MUNASINGHE, M. *Climate change policy*. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.
- KAYA, Y. *Impact of carbon dioxide emission control on gnp growth: interpretation of proposed scenarios*. Intergovernmental Panel on Climate Change Energy and Industry Subgroup Meeting, Genebra, 1989.
- LIN, S. J., CHANG, T. C. Decomposition of SO₂, NO and CO₂ emissions from energy use of major economic sectors in Taiwan. *The Energy Journal*, v. 17, n. 1, p. 1-17, 1996.
- MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. *Balanco Energético*, vários números.
- MUROTA, Y. The possibility of a solution by accelerating development. *Energy Policy*, v. 24, n. 12, p. 1.061-1.077, 1996.
- NAKICENOVIC, N., VICTOR, D. Technology transfer to developing countries. In long term strategies for mitigating global warming, special issue of energy. *The International Journal*, v. 18, n. 5, p. 404-419, 1993.

- PEARSON, P. J. G., FOUQUET, R. Energy efficiency, economic efficiency and future CO₂ emissions from developing world. *The Energy Journal*, v. 17, n. 4, p. 135-160, 1996.
- SATHAYE, J., KETOFF, A. CO₂ emissions from developing countries: better understanding the role of energy in long term. *The Energy Policy*, v. 12, n. 1, 1991.
- SEROA DA MOTTA, R. Integrating Brazilian national priorities and policies in global environmental issues. *Nota di Lavoro*, n. 50.99, July 1999.
- SEROA DA MOTTA, R., ARAÚJO, J. L. Decomposição dos efeitos de intensidade energética no setor industrial brasileiro. Rio de Janeiro, *Pesquisa e Planejamento Econômico*, v. 19, n. 1, p. 113-131, 1989.
- SEROA DA MOTTA, R., YOUNG, C. E. F., FERRAZ, C. *Clean development mechanism and climate change: cost-effectiveness and welfare maximization in Brazil*, 1999, mimeo.
- TOLMASQUIM, M. T. La réaction brésilienne aux chocs pétroliers. *Cahiers du Brésil Contemporain*. Maison de Sciences de l'Homme, Centre de Recherche sur le Brésil (E.H.E.S.S.), 1990.
- UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change, FCCC, Secretariat, Bonn, 1992
- URIA, L. A. B. *Emissão de gases efeito estufa no setor de transportes e seu potencial de aquecimento indireto: o caso dos automóveis comerciais leves no Brasil*. UFRJ: Coppe, 1996.
- WORLD BANK. *World development report 1992: development and environment*. Oxford: Oxford University Press, 1992.
- . The World Bank's role in the electric power sector. *World Bank Policy Paper*, 1993.
- YOUNG, C. E. F., FERRAZ, C. Trade liberalization and industrial pollution in Brazil. *Growth, employment, and equity: Latin America in the nineties*. Eclac project, forthcoming, 1999.