

Agricultura e produção de energia: um modelo de programação linear para avaliação econômica do PROÁLCOOL *

OCTÁVIO AUGUSTO FONTES TOURINHO **

LÉO DA ROCHA FERREIRA **

RUDERICO FERRAZ PIMENTEL ***

O objetivo principal deste trabalho é a avaliação do Programa Nacional do Alcool (PROÁLCOOL) e de seus impactos econômicos. Com este intuito, utilizou-se um modelo de programação linear dinâmico para examinar os deslocamentos espaciais e temporais de culturas provocados pelo Programa, o "custo social" do álcool e seus impactos diretos no balanço de pagamentos do país.

Os principais resultados do modelo mostram que o PROÁLCOOL não acarreta custos domésticos substanciais na forma de elevação dos preços agrícolas e do próprio álcool e que seu impacto na balança comercial é positivo, variando de cerca de US\$ 500 milhões em 1983/84 a quase US\$ 1 bilhão anuais em 1993/94. O custo marginal do álcool mostrou-se bastante elevado, sendo da ordem de US\$ 89 por barril equivalente de gasolina no período 1987/96, e a viabilidade econômica do Programa fica na dependência da continuidade da evolução favorável da eficiência com que opera cada produtor, bem como da trajetória do preço internacional do petróleo.

1 — Introdução

Entre os esforços mobilizados pelo governo federal em resposta aos choques do petróleo de 1973 e 1979, o PROÁLCOOL é certamente um dos mais bem-sucedidos. Partindo-se de uma infra-estrutura preexistente de produção açucareira e contando com o apoio da indústria automobilística, gene-

* Esta pesquisa envolveu mais de 30 técnicos do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. (IPT), da Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz (FEALQ), do Instituto de Matemática Pura e Aplicada (IMPA) e do Instituto de Planejamento Econômico e Social (IPEA), entre 1980 e 1985. Nos três primeiros anos, em um esforço concentrado no IPT e na FEALQ, fez-se o levantamento dos dados e a construção do modelo e, nos dois últimos, o modelo foi aprimorado no IPEA, com a colaboração do IMPA. Aos autores deste artigo, cabe o privilégio e a responsabilidade de relatar os principais resultados do esforço daquela equipe numerosa.

** Do Instituto de Pesquisas do IPEA e da Faculdade de Ciências Econômicas da UERJ.

*** Do Programa de Pós-Graduação em Engenharia da UFF.

realizou-se por todo o país a mistura de álcool na gasolina e, em seguida, introduziram-se com sucesso os veículos movidos exclusivamente a álcool hidratado.

No período 1973/84, a cana-de-açúcar elevou de 8,0 para 12,2% sua participação no consumo nacional de energia primária. A produção de álcool na safra de 1985/86 atingiu cerca de 9,2 bilhões de litros, sendo que em 1984 o álcool atendeu cerca de 20,1% da demanda de energia para o transporte rodoviário. Com os projetos atualmente contratados, dever-se-á atingir a meta de 12,3 bilhões de litros na safra de 1986/87.

Se não há dúvidas a respeito do sucesso de implantação do Programa, várias questões têm sido levantadas envolvendo seus custos e impactos sociais. Trabalho elaborado por Melo e Pelin (1984) estima para o custo social do álcool hidratado valores na faixa de US\$ 79 a US\$ 90 (maio de 1981) por barril equivalente. A determinação destes números não é simples, e seu cálculo tem sido baseado em inúmeras hipóteses simplificadoras. Sua análise, na verdade, requer um exame detalhado das relações entre a produção de cana-de-açúcar e as demais atividades agropecuárias.¹

A questão dos custos sociais do PROÁLCOOL torna-se particularmente relevante à medida que se necessita tomar decisões quanto às perspectivas futuras do álcool combustível. Atualmente, devido a mudanças na demanda, há um excedente de álcool no mercado, o que tem implicado estoques crescentes deste produto. Por alguns anos mais, a implantação dos projetos já aprovados garante o suprimento de álcool para suas utilizações atuais. Com a expansão da frota de veículos a álcool, entretanto, áreas crescentes de produção de cana deverão ser mobilizadas, a menos que se reformule o esquema atual de uso de álcool como combustível.

No planejamento do papel futuro do álcool deve-se, por outro lado, levar em conta que os níveis possíveis de sua utilização são condicionados pelas possibilidades técnicas e por questões específicas de mercado. Quando o álcool (usado em sua forma pura) penetra um dado segmento do mercado de combustíveis, fornecido em condições favoráveis de preços, credíctias e tributárias, ele tende a expulsar o produto energético alternativo, fazendo com que sua utilização tenda a valores extremos, não podendo ser ajustada para valores intermediários. No momento está-se assistindo à expulsão gradual da gasolina como propulsor de veículos de passeio. A continuação deste processo tende a desequilibrar fortemente a estrutura de refino com grandes sobras de gasolina.

A definição do papel futuro do álcool na política energética brasileira deverá ser feita conjuntamente com a definição do papel dos derivados de petróleo, em particular da gasolina e do diesel. Se se desejar manter

¹ Para exemplos de conclusões semelhantes, ver, por exemplo, Barros *et alii* (1983) e Motta (1985), que indicam a inviabilidade do PROÁLCOOL. Por outro lado, ver os trabalhos de Borges (1980) e da CENAL (1983), que apontam a viabilidade do Programa. Uma discussão detalhada das diferenças metodológicas entre esses trabalhos é feita em Motta (1985, Cap. 2).

uma relação entre os consumos de gasolina e diesel compatível com as possibilidades de refino, sem se recorrer à importação ou exportação de derivados isolados, ter-se-á que pensar em modificações futuras da atual estrutura de atendimento à demanda de combustíveis líquidos. Neste caso, deverão ser examinadas possibilidades alternativas de expansão do álcool no mercado hoje atendido pelo diesel, ou, ao contrário, de redução da participação percentual do álcool, eliminando-se, por exemplo, o uso de álcool hidratado nos veículos de passeio e concentrando-o na frota mais reduzida de comerciais leves.²

Seja alterando a estrutura atual de consumo do álcool, seja procurando mantê-la, será necessário decidir quanto aos níveis e à localização de sua produção futura. Para isto é fundamental que se procure determinar da maneira mais completa possível seu custo social. Assim, a pesquisa aqui descrita concentrou-se na avaliação dos custos gerados para o país em virtude da substituição de derivados de petróleo por álcool, ou seja, dos custos diretos de produção e dos custos de oportunidade da terra. Chamaremos de "custo social" do álcool a soma destas duas parcelas. Os custos diretos de produção são compostos do custo de produção agrícola da cana-de-açúcar, do custo de implantação e operação das destilarias de álcool e do custo de transporte do álcool aos centros de consumo. Os custos de oportunidade são aqueles causados pela ocupação da terra com cana-de-açúcar e o conseqüente deslocamento de outras culturas, que pode gerar o aumento do custo de produção e transporte dos produtos destinados ao abastecimento interno, bem como a redução da competitividade internacional dos exportáveis. Na medida em que há limitações na expansão da área cultivada do país, podem também ocorrer, como conseqüência da implantação do Programa, reduções no volume de exportações agrícolas e incrementos no volume de importações, cujos reflexos afetarão os resultados da balança comercial.

A determinação destes custos requer, assim, que se utilize para o problema um enfoque global e integrado e, ao mesmo tempo, suficientemente desagregado, que seja capaz de considerar o equilíbrio e as inter-relações de oferta e demanda dos diversos mercados e de lidar de maneira detalhada com as diferenças regionais na produção e consumo não só de álcool, mas também dos demais produtos agropecuários.

Para atingir os objetivos da pesquisa, foi desenvolvido um modelo de programação linear dinâmico, com tempo medido como variável discreta.³ A programação matemática foi escolhida porque permite trabalhar, simultaneamente, com grande número de variáveis e, principalmente, porque propicia a análise de como se processaria a distribuição espacial e tem-

² Uma discussão mais completa destas questões foge ao escopo deste trabalho. Porém, uma análise de diferentes cenários de utilização futura de álcool como carburante pode ser vista em Rodrigues e Araújo (1984).

³ Para maiores detalhes sobre a formulação e especificação matemática do modelo, ver Tourinho *et alii* (1985, Apêndice B).

poral das atividades produtivas agrícolas caso fosse possível planejá-las de modo a reduzir o custo global do sistema. Adicionalmente, a técnica de programação linear permite incorporar, através da introdução de restrições na formulação do modelo e através de limites no valor das variáveis, as limitações físicas à reformulação do sistema de produção agrícola, restando, entretanto, alguma flexibilidade. Pode-se, assim, apreciar o efeito de programas como o PROÁLCOOL e avaliar o potencial exportador do setor agrícola, em um contexto de planejamento centralizado. O realismo da modelagem é assegurado pela riqueza de detalhes que pode ser considerada nos modelos de programação matemática. Finalmente, este tipo de modelo permite a derivação de funções de oferta de produtos, ou demanda por fatores, do setor, que são úteis para estudos de equilíbrio nos respectivos mercados.

A programação linear tem sido amplamente utilizada como instrumental de pesquisa e planejamento econômico na agricultura. Livros e artigos publicados nas últimas décadas mostram uma imensa diversidade de sua aplicação a problemas dos mais variados.⁴ No Brasil, a utilização da programação linear, no estudo de problemas relacionados com a agricultura, tem aumentado consideravelmente no decorrer dos últimos anos. Neste artigo, os resultados descritos referem-se ao estudo de quatro diferentes cenários de evolução da produção e uso do álcool carburante no país:

a) no primeiro, chamado de “cenário básico”, considera-se uma projeção da demanda de álcool compatível com a evolução recente do PROÁLCOOL, sendo fixados valores mínimos de produção de cana-de-açúcar, nas regiões para as quais se dispõem hoje de destilarias implantadas ou com sua implantação já aprovada;

b) no segundo cenário, mantêm-se os valores da demanda de álcool considerados no caso básico, mas a alocação da produção é feita livremente pelo modelo, sem que sejam impostos os limites utilizados no caso anterior (é o chamado “cenário normativo”); e

c) nos outros dois cenários, aqui chamados “sem PROÁLCOOL” e “auto-suficiente”, consideram-se hipóteses mais extremas para a evolução da demanda de álcool: no cenário sem PROÁLCOOL supõe-se que o Programa não foi implantado como tal, mantendo-se uma demanda de álcool carburante apenas para mistura na gasolina; e no cenário auto-suficiente supõe-se uma taxa mais acelerada de crescimento da demanda de álcool, definida para 1993 – de acordo com estudos recentes sobre auto-suficiência energética do Ministério das Minas e Energia (1984) – em 19,3 bilhões de litros, correspondente a uma penetração de álcool em outros usos automotivos, tais como o transporte de carga.

⁴ Uma evidência da abundância de artigos relacionados com a agricultura e publicados de 1940 a 1976 pode ser encontrada na exaustiva resenha organizada por Judge *et alii* (1977) sobre métodos quantitativos em economia agrícola.

O texto que se segue está organizado da seguinte forma: a metodologia empregada na modelagem e os principais dados utilizados no estudo são apresentados na Seção 2, onde se discutem as características gerais do modelo, a divisão do país em regiões, as atividades produtivas consideradas, os diversos custos envolvidos e as demandas de alimentos e álcool consideradas (no caso da demanda de álcool, são explicitados os valores adotados nos diferentes cenários); os principais resultados obtidos nos exercícios de simulação correspondentes aos diversos cenários são apresentados na Seção 3, onde se discute o deslocamento temporal e espacial de culturas, o custo social do álcool e os efeitos das diferentes hipóteses consideradas sobre o balanço de pagamentos; e a Seção 4 contém as conclusões do trabalho, bem como um conjunto de recomendações a respeito da continuidade da pesquisa.

2 — Metodologia

O modelo desenvolvido para o estudo dos impactos do PROÁLCOOL sobre o setor agrícola e as demais áreas da economia representa este setor através de um conjunto selecionado de atividades e produtos. O país é dividido em um conjunto de regiões de consumo, para as quais as demandas de produto agropecuário são fornecidas exogenamente. A cada região de consumo são associadas uma ou mais regiões de produção localizadas em sua área de influência, sendo que os custos e coeficientes tecnológicos de cada atividade considerada são particularizados para cada região produtora. A evolução do sistema no tempo é condicionada pelas disponibilidades de terra, sendo que as taxas de expansão e contração das atividades agrícolas são limitadas exogenamente.

O modelo determina, assim, os níveis de utilização de terra pelas diferentes atividades nas diversas regiões de produção, de modo a atender à demanda dada e maximizar a diferença entre as receitas e os custos globais do sistema em um horizonte de longo prazo. São consideradas também possibilidades de importação, de exportação e de transporte de produtos entre as regiões de consumo.

As receitas que foram consideradas provêm da comercialização no país dos produtos cuja demanda foi fornecida exogenamente e da comercialização externa dos exportáveis. Os custos incluem não apenas os custos agrícolas e industriais das várias atividades, mas também as despesas nas importações de alimentos para atender a demanda interna, quando necessário ou economicamente desejável.

A receita obtida no atendimento da demanda interna é de fato exógena ao modelo, pois este é condicionado a supri-la. Assim, este componente da função objetivo é uma constante que não precisa ser incluída no maximizando, pois seu valor não afeta as decisões do modelo.

Por outro lado, as decisões de comércio exterior de produtos agrícolas do modelo são endógenas e tomadas de modo a maximizar o saldo comercial, levando em conta simultaneamente o custo de produção de alimentos, exportáveis e energéticos.

Portanto, o maximizando do modelo pode ser interpretado, a não ser que haja uma constante, como o "lucro" máximo que pode ser obtido pelo setor agrícola, sujeito à condição de que a demanda interna seja atendida. Quando se fixam exogenamente as quantidades importadas e exportadas, esta formulação é equivalente à minimização de custos de produção.

O horizonte considerado no modelo é de 11 biênios a partir de 1979/80 e, como o problema foi formulado em um contexto intertemporal, foi necessário aplicar um fator de desconto aos valores futuros. O uso de biênios deve-se à necessidade de reduzir o tamanho do modelo a nível operacional. O ano de 1978 foi escolhido como ano-base porque à época do início da pesquisa era o mais recente para o qual as informações requeridas pelo modelo poderiam ser obtidas. Ele pode ser considerado um ano agrícola normal, de modo que não se acredita que esta escolha possa ter viesado os resultados. Os valores no estudo são expressos em moeda constante (Cr\$ de 1978) e a taxa de desconto adotada foi de 10% ao ano, em termos reais. Esta taxa pode ser considerada alta por alguns observadores,⁵ mas se aproxima das que o país tem pago por seus empréstimos externos recentemente, tendo sido muito utilizada em estudos de planejamento energético no Brasil.⁶

Mais especificamente, portanto, a função objetivo maximizada pelo modelo é o valor presente do fluxo das receitas de exportação dos produtos agrícolas menos os custos de alimentos eventualmente importados, custos de transporte de produtos agrícolas e álcool entre regiões, custos das culturas anuais e perenes, custos da cana-de-açúcar processada para a produção de álcool e açúcar e custo de aberturas de novas áreas.

A maximização está sujeita a dois grupos principais de restrições: a) as de demanda, que são as que obrigam o modelo a satisfazer a demanda pelos produtos de abastecimento interno e álcool nos centros de consumo, com a produção das regiões de produção associadas ao centro, ou com produtos transportados de outros centros; e b) as de flexibilidade, que têm por objetivo limitar a expansão e a contração relativas da área cultivada com determinada cultura entre dois períodos consecutivos.

⁵ Para uma discussão da questão de como estimar a taxa de desconto que deve ser empregada em modelos de energia, ver Lind *et alii* (1982). Ver também Ray (1984, Cap. 3), para uma detalhada discussão metodológica sobre diferenças entre conceitos de custos sociais difundidos na literatura, ou seja, custos estimados por preços internacionais e valoração social e custos de oportunidade a preço de mercado.

⁶ Ver Contador (1981, Cap. 6), para uma discussão sobre diferentes taxas de desconto usadas no Brasil, onde taxas mais altas são empregadas.

A seguir descrevemos em mais detalhe as principais opções de modelagem que foram feitas para incluir no modelo os elementos descritos acima. Fazemos também uma apresentação sucinta dos principais dados e parâmetros adotados, enfatizando aqueles que serão mais importantes para a interpretação dos resultados, que é feita na próxima seção.

2.1 — Regionalização

O país foi dividido em 15 regiões de consumo, associadas aos principais centros regionais, que concentram a demanda da população localizada na sua área de influência. Estas regiões, que podem ou não ser portos exportadores ou importadores, têm associadas a elas uma ou mais regiões de produção, dentro das quais a tecnologia agrícola é considerada homogênea.

O modelo aqui descrito contém 15 regiões de consumo e 29 regiões de produção (indicadas no mapa a seguir) que, de modo geral, respeitaram as divisões do país em mesorregiões homogêneas e unidades da federação, segundo o IBGE (1970c).

O nível de desagregação regional foi maior nas regiões Sul e Sudeste por duas razões principais: é nelas que se concentra atualmente a produção agrícola nacional e só nestas áreas a disponibilidade e precisão dos dados permitiram maior refinamento. Outro critério que também norteou a divisão mais rigorosa de algumas regiões foi a necessidade de maior detalhamento nas áreas onde a cana-de-açúcar tinha probabilidade de competição mais intensa com outras culturas. A divisão adotada não é, entretanto, definitiva e poderá facilmente ser alterada em versões futuras do modelo.

2.2 — Atividades

Nas regiões de produção desenvolvem-se várias dentre as 21 atividades produtivas consideradas no modelo, com parâmetros específicos para cada região. Estas atividades produzem um total de 18 produtos, cuja demanda é exogenamente especificada.

Algumas atividades implicam a produção de mais de um produto, e também alguns produtos são produzidos por atividades distintas. O critério adotado para decidir a inclusão de atividades no sistema de produção de cada uma das regiões foi escolher em ordem crescente de área ocupada aquelas que, somadas, fossem responsáveis por mais de 80% da área cultivada na região no ano-base de 1978. Este critério, entretanto, tem algumas

deficiências, pois levou em alguns casos à exclusão de atividades importantes a nível microrregional.

A tecnologia de produção predominante de cada cultura em cada região foi caracterizada através da especificação de produtividades e coeficientes de utilização de insumos, por unidade de área em cada região de produção. As produtividades médias e áreas ocupadas inicialmente com cada atividade foram levantadas a partir de dados do Censo Agropecuário do IBGE (1975), enquanto os coeficientes técnicos foram obtidos de fontes diversas, padronizadas de modo a assegurar a comparabilidade das atividades entre as regiões.

BRASIL: REGIÕES DE CONSUMO E DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA NO MODELO REDUZIDO



A Tabela 1 mostra a produtividade média nacional, e a sua faixa de variação entre as regiões do modelo, para as várias culturas consideradas. As variações mais amplas são para a pecuária, por motivos que discutimos adiante.

2.3 — Custos agrícolas

Os principais insumos considerados foram horas de máquina (tratores, colheitadeiras, etc.), mão-de-obra especializada e comum, fertilizantes, calcário, defensivos, herbicidas e sementes, cujos custos unitários foram levantados de modo padronizado para cada região de produção a partir de dados do Instituto Brasileiro de Economia (1979). Multiplicando-os pelos coeficientes técnicos descritos acima, e somando, obtiveram-se custos comparáveis para todas as atividades dentro de cada região de produção. Os custos considerados incluem depreciações e juros, mas não o aluguel da terra, um recurso restritivo cujo valor é determinado endogenamente ao modelo.

O investimento na formação de lavouras é considerado explicitamente apenas para as culturas perenes (café, laranja, algodão arbóreo, cana-de-açúcar), que tiveram um tratamento diferenciado no modelo para as fases adulta e em crescimento. A especificação de custos, produtividades e coeficientes técnicos distintos para as duas fases permite que se inclua o custo do plantio na fase de crescimento. Nas culturas anuais, o plantio é incluído no custo da atividade. A Tabela 2 mostra como estes coeficientes são distintos para o caso da cana-de-açúcar e dá uma idéia da variação espacial.

Os custos de transporte dos produtos da propriedade até o centro da região de produção, e desta até o centro de consumo, são também incluídos no custo das várias culturas. A metodologia para o cálculo destes custos é análoga à utilizada para os outros segmentos de transporte no modelo, como discutido adiante.

Os investimentos necessários em máquinas, treinamento e infra-estrutura quando se passa de um cultivo para outro — de pecuária para cana, por exemplo — não são explicitados na função objetivo, mas sua existência é levada em conta indiretamente nas restrições, como discutiremos adiante. Essa alternativa foi escolhida porque haveria dificuldades computacionais substanciais para associar custos fixos a todas as transições de culturas possíveis e porque seria muito difícil levantar os dados necessários.

Deve-se ainda destacar, quanto à descrição das atividades, que na versão atual do modelo a tecnologia foi considerada constante até o final do horizonte, para todas as culturas e regiões, o que excluiu de consideração os efeitos do progresso técnico sobre os coeficientes. Além disto, esta hipótese, quando conjugada à adoção de uma única tecnologia por atividade e região, não permitiu que se levasse diretamente em conta as mudanças na combinação ótima de insumos que ocorreria se, por exemplo, se alterassem os seus preços relativos.

TABELA 1

Atividades, produtos e produtividades considerados no modelo

Atividade e código	Área inicial (1.000 ha)	Produto 1			Produto 2				
		Nome e código	Produtividade (t/ha)		Nome e código	Produtividade (t/ha)			
			Máxima	Média		Mínima	Máxima	Média	Mínima
1. Pastagem B	122.252	1. Carne	46	29	12	2. Leite ¹	366	184	2
2. Milho	5.920	4. Milho	4.920	3.235	1.549				
3. Arroz	4.782	5. Arroz	8.000	4.820	1.640				
4. Feijão/Milho	6.739	3. Feijão	1.440	1.020	600	4. Milho	3.720	2.320	920
5. Soja	4.990	6. Soja	4.200	3.300	2.400				
6. Mandioca	1.651	7. Mandioca	30.000	19.500	9.000				
7. Algodão herbáceo	663	8. Algodão	3.570	2.075	580				
8. Fumo	207	9. Fumo	2.780	2.272	1.764				
9. Soja/Trigo	2.608	6. Soja	4.200	3.100	2.000				
10. Feijão/Arroz	109	3. Feijão	1.680	1.320	960	10. Trigo	2.280	2.040	1.800
11. Feijão/Feijão	216	3. Feijão	2.280	2.280	2.280	5. Arroz	3.000	2.700	2.400
12. Amendoim	67	11. Amendoim	6.214	6.214	6.214				
13. Mamona	211	12. Mamona	1.720	1.720	1.720				
14. Pastagem A	46.811	1. Carne	142	86	30	2. Leite ¹	1.284	647	10
15. Cana sem irrigação	2.552	13. Alcool ¹	96.000	73.000	50.000	14. Açúcar	143.571	111.786	80.000
16. Cana com irrigação	---	13. Alcool ¹	100.000	100.000	100.000	14. Açúcar	150.000	150.000	150.000
17. Café ²	2.613	15. Café	353	277	200	15. Café	4.091	2.486	880
18. Laranja ²	513	16. Laranja	0	0	0	16. Laranja	32.640	27.820	23.000
19. Algodão arbóreo ²	3.600	8. Algodão	460	430	400	8. Algodão	400	330	260

FONTE: DPEA -- Modelo de Biomassa.

¹Em litros.²Cultura perene.

TABELA 2

*Produtividade e custo de produção da cana-de-açúcar*¹

Regiões de produção	Produtos			
	Cana-de-açúcar sem irrigação		Cana-de-açúcar com irrigação	
	Produtividade (t/ha)	Custo ² (Cr\$/ha)	Produtividade (t/ha)	Custo ² (Cr\$/ha)
1. Maranhão/Piauí	—	—	—	—
2. Ceará	—	—	—	—
3. Sertão	—	—	—	—
4. Mata e Agreste	50,00	3.445,12	75,00	9.496,84
5. Salvador	68,00	4.596,39	75,00	6.368,28
6. Oeste Baiano	50,00	5.095,71	75,00	8.244,96
7. Belo Horizonte	55,00	4.847,23	75,00	8.319,89
8. Nordeste Mineiro	50,00	5.983,24	75,00	6.718,99
9. Espírito-Santense	50,00	6.280,41	—	—
10. Grande Rio de Janeiro	45,00	5.903,77	—	—
11. Grande São Paulo	—	—	—	—
12. Mantiqueira Paulista	75,00	7.380,24	—	—
13. Triângulo Mineiro	70,00	7.007,38	—	—
14. Campinas e Ribeirão Preto	70,00	7.511,34	—	—
15. Sudoeste Paulista	60,00	7.157,68	—	—
16. Oeste Paranaense	55,00	6.905,91	—	—
17. Norte Paranaense	72,00	5.138,40	—	—
18. Leste Paranaense	55,00	6.673,78	—	—
19. Santa Catarina	—	—	—	—
20. Planalto Meridional do Rio Grande do Sul	—	—	—	—
21. Leste/Oeste Gaúcho	—	—	—	—
22. Brasília	60,00	5.180,95	75,00	8.510,29
23. Norte Goiano	—	—	—	—
24. Sul Goiano	50,00	4.978,78	—	—
25. Cuiabá	58,00	6.982,14	75,00	8.845,87
26. Planalto Sul-Mato-Grossense I	58,00	6.998,73	—	—
27. Planalto Sul-Mato-Grossense II	58,00	5.627,76	—	—
28. Pantanal Mato-Grossense	58,00	7.042,90	—	—
29. Pará	—	—	—	—

FONTE: IPEA — Modelo de Biomassa.

¹Dados referentes à fase adulta da cana-de-açúcar.

²Dados em Cr\$ de 1978. Taxa de câmbio média: Cr\$ 18,069/US\$.

No caso do álcool, esta hipótese contraria a evidência de nítida tendência de custos decrescentes de produção ao longo dos últimos anos. De acordo com Borges (1984), a taxa média de redução de custos reais no setor foi de 4% ao ano, o que provavelmente viabilizou a gradativa eliminação de

importantes subsídios à produção de álcool, em especial os subsídios creditícios do custeio da matéria-prima, constatando-se na safra de 1984/85 sua total eliminação na região Centro-Sul do país.

Do ponto de vista do modelo matemático, toda a tecnologia agrícola comparece sob a forma do custo por hectare de cada atividade, em cada uma das regiões, incorporando todos os fatores acima. Uma questão que vem imediatamente à mente é a comparação dos custos implícitos dos produtos, que podem ser obtidos pela conjugação dos custos das atividades com as respectivas produtividades, com seus preços de mercado. Para cada cultura, quando esta comparação apresentou desvios grandes, o IPT fez um ajustamento no item "outros custos" para compensar os eventuais erros de medida.⁷

2.4 — Pecuária

Estas limitações na modelagem da tecnologia agrícola são particularmente críticas no caso da pecuária, onde se observa grande variabilidade de produtividade de carne e leite entre as regiões do país, quando esta é calculada com base nos dados do censo. Parte desta variância talvez possa estar ligada à deficiência de dados confiáveis sobre a atividade pecuária no Brasil, especialmente no que se refere à produção regional, área efetivamente ocupada com a atividade, tipo de exploração (tecnologia) e tamanho e tipo de rebanho (leiteiro, de corte, misto). Por outro lado, estes dados refletem em parte o contraste de sistemas de produção e estrutura fundiária que efetivamente existe no país, com regiões onde predomina o sistema extensivo e outras onde a pecuária é intensiva.

Na versão atual do modelo consideram-se apenas dois tipos de atividade pecuária: aquela exercida em solo de cultura e a de solos exclusivos de pecuária, tendo as produtividades sido obtidas dividindo a produção de carne e leite pela área *reportada* como de pastagem no censo do IBGE. A dificuldade de definir a área efetivamente ocupada, e de medição da produção, pode ter viesado para baixo os coeficientes obtidos. Além disto, a ausência de tratamento separado para os rebanhos de corte e leiteiro distorceu a produtividade da produção de leite nas regiões predominantemente de corte, e vice-versa. A fixação do coeficiente de produtividade por todo o horizonte, principalmente nas regiões da fronteira agrícola, pode ser uma hipótese particularmente forte no caso da pecuária, pois aparentemente nada impede que ela vá se tornando menos extensiva à medida que as regiões se desenvolvam e o valor da terra aumente.

Finalmente, cabe destacar que foi necessário adotar a hipótese de completa integração vertical das atividades de cria, recria e engorda na bovino-cultura para que fosse possível estimar a produção de carne. Isto corres-

⁷ Ver nota de rodapé n.º 1 anterior.

ponde a um tratamento estático, em termos de hectares explorados, de um fenômeno essencialmente dinâmico de evolução do rebanho.

2.5 — Industrialização

A cana-de-açúcar foi o único produto para o qual a fase de industrialização foi considerada no modelo, com a inclusão na função objetivo de um custo de Cr\$ 185 de 1978, por tonelada de cana-de-açúcar processada, o que incorpora a remuneração do capital investido nas instalações industriais.⁸

O modelo, ao incluir a industrialização do álcool e do açúcar, e excluir o beneficiamento de outros produtos agrícolas, tais como café, soja, etc., pode cometer erros de avaliação econômica. Por exemplo, um produto agrícola que possa ser beneficiado a custos baixos, e alcançar com este valor adicionado preços elevados no mercado externo, não tem essa possibilidade examinada pelo modelo. Deste modo, o valor adicionado por processos industriais de beneficiamento, tendo em vista possibilidades de exportação, devem ser considerados e eventualmente incorporados ao modelo.

2.6 — Disponibilidade de terra

Um estudo detalhado do potencial de utilização de terra no Brasil levou o IPT a classificar a aptidão agrícola dos solos segundo quatro categorias: Categoria A, terras mais indicadas para lavoura a nível de manejo desenvolvido; Categoria B, terras para pastagem a nível de manejo médio ou primitivo; Categoria C, terras para silvicultura a nível de manejo médio; e Categoria D, terras impróprias para agricultura e reservadas ao abrigo da flora e fauna silvestres. Para o modelo, tomou-se em conta apenas as áreas disponíveis com solos da Categoria A, capazes de serem utilizados para culturas e pastagens plantadas, e da Categoria B, para pastagem nativa.

A consideração de apenas dois níveis de aptidão agrícola é restritiva, mas não tanto quanto possa parecer à primeira vista, porque os coeficientes técnicos adotados para as atividades são os *médios* de cada região. A verdadeira limitação da classificação adotada é o seu caráter estático, que propaga para o futuro as escolhas tecnológicas do presente. Pelo menos em

⁸ A determinação deste valor baseou-se em Melo e Pelin (1984), que encontraram para o custo industrial do álcool, sem subsídios, valores variando na faixa de Cr\$ 14,45 a Cr\$ 15,42 de maio de 1981 por litro de álcool produzido. O rendimento considerado no processo de transformação da cana-de-açúcar em açúcar demerara foi de 94 kg/t e a produção de 11 litros de álcool (residual) resultado do reaproveitamento do melaço. O rendimento industrial da produção de álcool hidratado foi de 65 litros/t de cana-de-açúcar.

princípio, as terras de menor aptidão poderiam ser incorporadas à produção de culturas, com menor produtividade e maior custo, como também pastagens nativas podem ser transformadas em plantadas, com a modificação do nível de manejo. A incorporação de mecanismos dinâmicos ao modelo para captar estes efeitos é, entretanto, bastante difícil no estágio atual, devido ao porte avantajado do modelo.

Foram ainda realizados alguns ajustes de modo a atender as necessidades da modelagem, com a redução em 5% da área dos solos das Categorias A e B, admitindo que esta proporção corresponderia aos espaços ocupados por cidades, estradas, rios e lagos.

2.7 — Expansão da área cultivada e flexibilidade

A expansão da área cultivada total do país é limitada pelo modelo a uma taxa máxima anual que, nos casos estudados, foi fixada em 3,6%. Esta taxa de crescimento substitui restrições não incorporadas ao modelo, tais como disponibilidade de capital e mão-de-obra a nível nacional. O valor fixado corresponde à taxa média efetivamente observada nas últimas décadas.

Quanto à expansão da área cultivada em cada região produtora, o modelo considera limites globais nas regiões novas e limites individualizados por cultura nas regiões tradicionais.

As chamadas restrições de flexibilidade, que condicionam a expansão e contração da área cultivada entre dois períodos consecutivos, são equações do tipo:

$$X^t \leq (1 + \alpha) X^{t-1} \text{ e } X^t \geq (1 - \beta) X^{t-1}$$

onde os parâmetros α e β são conhecidos como coeficientes de flexibilidade, sendo X^t a área plantada no período t .

No caso das regiões de colonização recente, onde a fronteira agrícola está se expandindo, estas restrições são aplicadas sobre a área total ocupada com culturas, e mesmo assim só depois de atingido, em expansão livre, um limite preestabelecido. Nos cenários estudados, considerou-se um limite de expansão máxima de 7% ao ano para estas regiões novas.

Nas regiões tradicionais, esses limites são introduzidos para expansão e contração de cada cultura existente na região. Seu objetivo primordial, nesse caso, é evitar que o modelo especialize excessivamente as regiões produtoras. Esta especialização não ocorre no sistema agrícola por força das variações de aptidão edáfico-climática dentro das propriedades e entre as propriedades de uma mesma dada região de produção. Além disso, há uma inércia natural à mudança de sistema de produção regional, seja por fatores culturais ou tecnológicos, seja por limitações na disponibilidade de capital, máquinas, equipamentos e mão-de-obra especializada. Outra motivação para a resistência à especialização seria a necessidade de diversifi-

cação de culturas por causa do risco de preços ou por fatores climáticos. Estes coeficientes de flexibilidade resumiram, portanto, a resultante dos efeitos listados acima e podem ser derivados empiricamente com base no comportamento passado das áreas cultivadas com as várias culturas. Admitese, assim, que os fatores que tenham operado na experiência histórica no sentido de evitar expansão e contrações excessivamente rápidas da área ocupada com determinada cultura continuem presentes no futuro.

A determinação dos coeficientes de flexibilidade para as diversas culturas, nas regiões tradicionais, deveria portanto ser realizada a partir da observação das variações máximas percentuais ocorridas no passado para cada cultura em cada região. Devido, porém, ao fato de a série temporal disponível, no nível de desagregação necessário, ser pequena, trabalhou-se não com as variações máximas, mas com a tangente do ângulo representativo das variações da área plantada de cada cultura. O uso da tangente é uma forma mais conservadora de estimar os coeficientes de flexibilidade do que as variações percentuais extremas.

O uso destas restrições para evitar a especialização excessiva das regiões tradicionais na verdade não é totalmente satisfatório e constitui uma das limitações do modelo. Na medida em que o modelo trabalha com os valores médios de custos e rendimentos para cada região produtora, as heterogeneidades existentes nas regiões não são captadas, fazendo com que o modelo tenda a optar por soluções especializadas, embora mais lentamente. As restrições de flexibilidade, evidentemente, não traduzem as diversidades existentes e apenas reduzem o impacto das simplificações efetuadas na modelagem sobre as soluções do problema.

2.8 — Custo de abertura

O Brasil é um dos poucos países do mundo que, devido, entre outras coisas, à sua vasta extensão territorial, apresenta imensas áreas agricultáveis fora do processo produtivo. Historicamente, o aumento da produção agropecuária em nosso país decorreu fundamentalmente do processo de incorporação de novas áreas à produção.

No modelo, a disponibilidade de áreas para serem abertas é computada a cada período, e para cada região de produção, como a diferença entre a área total disponível e a área já ocupada.

Os investimentos necessários para incorporar, em regiões tradicionais, novas terras ao processo produtivo foram classificados em três grandes rubricas: custos de infra-estrutura na propriedade, custos de desmatamento e custos de correção do solo. A infra-estrutura na propriedade inclui a construção de casas, armazéns, paióis, currais, curvas de nível, cercas e estradas internas, com custos da ordem de US\$ 46 a US\$ 200 por hectare. Os custos de desmatamento incluem não apenas a derrubada da vegetação, como também todas as operações posteriores de limpeza do terreno, e foram calculados em função do tipo de vegetação nativa de cada região, a

partir do total de horas de máquina requeridas para estas operações. Admitiu-se que a correção da acidez do solo exigiria a incorporação de 2 t/ha de calcário dolomítico, em média.

Nas regiões de fronteira são necessárias providências adicionais concomitantes com o crescimento da produção agropecuária, devido à completa ausência de infra-estrutura social. Devemos, portanto, levar em conta despesas ligadas ao estabelecimento de serviços de saúde, escolas, obras de saneamento, construção da rede básica de energia elétrica e de rodovias de acesso. Para caracterizar as regiões novas, admitiu-se que uma região seria considerada como tal quando menos de 50% da área geográfica estivessem ocupados por estabelecimentos agrícolas, e a participação das terras utilizadas com lavouras na área ocupada total fosse menor que 30%. Em algumas regiões outros indicadores foram utilizados, como, por exemplo, o índice de densidade demográfica.⁹

Para estimar o custo de infra-estrutura social nas regiões novas, tomou-se como referência um projeto de colonização do INCRA em Rondônia e adotou-se o valor de US\$ 33/ha.

2.9 — Custo de transporte

Entre as diferentes modalidades de transporte da produção agropecuária no Brasil, cabe maior importância ao transporte rodoviário, responsável por cerca de 80% do escoamento das safras agrícolas. Deste modo, considerou-se razoável admitir para efeitos do Modelo de Biomassa, pelo menos como primeira aproximação, que toda produção agropecuária fosse transportada por via rodoviária.

Levando-se em conta que uma região de consumo corresponde a um conjunto de regiões de produção, há quatro segmentos a considerar na análise do transporte da produção agrícola: da propriedade até a sede do município respectivo; desta até a sede da região de produção; daí até o centro de consumo respectivo; e entre centros de consumo. O custo nos dois primeiros segmentos foi incluído no custo agrícola. O do terceiro é calculado explicitamente e incluído no custo da atividade, como descrito abaixo, assumindo implicitamente que toda a produção é transportada ao centro de consumo antes de ser distribuída. O último segmento de transporte aparece explicitamente na função objetivo porque o modelo decide endogenamente quanto transferir entre as regiões de consumo.

Para determinação do custo de transporte por unidade de produto agropecuário entre regiões consumidoras, utilizaram-se as menores distâncias rodoviárias entre as sedes das regiões consumidoras fornecidas pelo

⁹ Este procedimento classificou como *novas* as seguintes regiões: Maranhão/Piauí, Oeste Baiano, Norte Goiano, Cuiabá, Planalto Sul-Mato-Grossense I, Planalto Sul-Mato-Grossense II, Pantanal Mato-Grossense e Pará.

Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER) e as tabelas de fretes fornecidas pelo Conselho Nacional de Estudos e Tarifas (CONET) e pela Associação Brasileira de Transportadores Frigoríficos (ABTF). Os fretes foram corrigidos para cruzeiros de 1978 com base na evolução do preço do óleo diesel publicado pela Fundação Getúlio Vargas.¹⁰

Para calcular o custo de transporte das regiões de produção para as respectivas regiões de consumo, utilizou-se uma metodologia análoga à apresentada acima, após estabelecer critérios para a definição das sedes de cada região de produção. Para isto, foram escolhidos os dois municípios mais populosos em cada uma das regiões de produção e foi calculada a média aritmética das menores distâncias rodoviárias entre elas e as sedes das respectivas regiões de consumo.

2.10 — Preços de importação e exportação de produtos agropecuários

Os preços dos produtos de importação e exportação utilizados (Tabela 3) foram as médias entre 1974 e 1979 dos preços CIF e FOB efetivamente observados nos portos brasileiros,¹¹ corrigidos para 1978 utilizando-se o índice do *Wholesale Prices* dos Estados Unidos.

Considerando que a exportação de produtos agropecuários *in natura* em geral é pequena, visto que o comércio internacional de *commodities* refere-se implicitamente a produtos beneficiados, e levando em conta os objetivos e a concepção inicial da pesquisa, onde a análise deveria se concentrar nos aspectos relativos à produção agropecuária, houve necessidade de compatibilizar a atividade de exportação com a de produção.¹² Para isto, foi eliminado do preço FOB de exportação a fração correspondente ao valor agregado pela indústria. Esta fração, estimada a partir da relação entre os preços domésticos da produção *in natura* e industrializada, é apresentada na Tabela 3.

Para os produtos onde o Brasil tem poder de influenciar os preços (açúcar, café e laranja), o modelo permite especificar uma demanda internacional elástica, através de uma aproximação em patamares. Nas simulações efetuadas, entretanto, este recurso não foi utilizado devido às dificuldades de obtenção de dados confiáveis sobre o comportamento da demanda internacional de exportáveis, que só puderam ser contornadas

¹⁰ A tabela de fretes utilizada foi a de carreiros autônomos que entrou em vigor em 17 de agosto de 1981.

¹¹ As fontes primárias de dados foram os anuários estatísticos da Carteira de Comércio Exterior (CACEX) do Banco do Brasil S.A.

¹² Exclui-se do procedimento o setor de álcool e açúcar, onde a atividade industrial também é considerada no modelo.

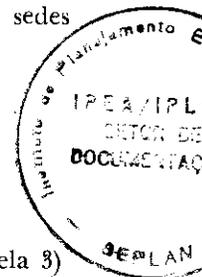


TABELA 3

Preço de exportação (FOB) e importação (CIF)

(Cr\$ de 1978/t ou m³)¹

Produtos	Margens agregadas pelo setor secundário	Preço FOB ajustado	Preço CIF ²
1. Carne	0,150	19.000,00	86.933,00* (14.473,00)
2. Leite	—	—	3.735,00* (1.247,00)
3. Feijão	—	—	8.760,00
4. Milho	—	2.660,00	**
5. Arroz	0,577	3.084,00	5.186,00
6. Soja	—	4.720,00	**
7. Mandioca	0,130	590,00	2.820,00
8. Algodão	0,333	7.320,00	19.200,00
9. Fumo	—	26.120,00	41.580,00
10. Trigo	—	—	2.870,00
11. Amendoim	—	11.280,00	**
12. Mamona	0,283	3.780,00	**
13. Alcool ³	—	3.500,00	**
14. Açúcar ³	—	5.980,00	12.000,00
15. Café	—	56.180,00	100.000,00
16. Laranja ⁴	0,940	1.180,00 ^a 790,00 ^b 405,00 ^c 20,00 ^d	22.000,00

FONTE: Instituto de Economia Agrícola e anuários estatísticos da Carteira de Comércio Exterior do Banco do Brasil S.A.

¹Calculado com base no *Wholesale Prices* dos Estados Unidos, publicado no *Statistical Yearbook* da Nações Unidas e taxa de câmbio média de 1978 de US\$ 0,055/Cr\$ ou Cr\$ 18,069/US\$.

²Para os produtos com um asterisco (*), a tabela mostra estimativas do custo de produção no exterior, apresentando os valores observados para o preço CIF entre parênteses. Para os produtos com dois asteriscos (**), a importação foi inibida nesta versão do modelo.

³Produtos excluídos da imposição referente à remuneração ao setor agrícola mais o custo de transporte até o porto.

⁴O limite de cada faixa de exportação corresponde a 1.834.000 t de laranja. Os preços FOB correspondentes são indicados pelas letras a, b, c e d.

no caso da laranja, com a utilização da elasticidade-preço da demanda por suco concentrado brasileiro estimada por Moretti (1978).¹³

Para o preço CIF de carne e leite foi utilizada uma estimativa de custo de produção no exterior, ao invés dos preços ofertados, devido à reconhecida política de subsídios à exportação adotada pelo Mercado Comum Europeu. A hipótese é de que, na eventualidade de o Brasil demandar grande volume de importações, o subsídio seria gradualmente reduzido.

¹³ Os limites de preços que caracterizam os patamares da curva de demanda de exportação de laranja são também apresentados na Tabela 3.

Tratamento similar ao da laranja não pode ser adotado para o caso do açúcar e do café, também em decorrência dos acordos internacionais que regulamentam os mercados destes produtos, dos quais o Brasil participa. Deste modo, consideraram-se os preços FOB observados no período 1974/79, com a imposição de quantidades limites iguais às médias de exportação no período. Conseqüentemente, admite-se que os acordos internacionais prevalecerão no futuro com a mesma quota fixada para o Brasil e que não existirão ciclos de preços.

2.11 — Restrições de demanda

O modelo obedece a um conjunto de restrições pelas quais as demandas pelos produtos de abastecimento interno nos diversos centros de consumo devem ser atendidas, ao longo do horizonte em estudo.

Para a construção do cenário de demanda dos produtos considerados, com exceção do álcool, utilizou-se a metodologia proposta por Amaral *et alii* (1983). Estes produtos, por simplicidade de notação, serão referidos no texto como "produtos agropecuários" em contraposição ao álcool.

A sistemática de cálculo adotada supõe que as elasticidades cruzadas das demandas são nulas e admite que a quantidade demandada de cada produto, em cada região e a cada período, seja função da demanda inicial e do efeito ao longo do tempo do crescimento da renda *per capita* e da população regional.

As taxas de crescimento da renda *per capita* e da população regionais são dadas preliminarmente para um cenário de referência e depois ajustadas. O cenário de referência é baseado no comportamento histórico destas variáveis, e o ajustamento para compatibilizá-lo com cenários caracterizados por projeções agregadas de produto e população é feito através de uma correção proporcional na taxa de crescimento, como proposto por Amaral *et alii* (1983). Este procedimento permite que se possa gerar vários cenários de demanda sem que se tenha de fornecer todas as vezes as projeções regionalizadas de população e renda.

A determinação do consumo no ano-base foi feita multiplicando-se a população de cada região pelos respectivos consumos específicos dos produtos, expressos em quantidades físicas ao nível de fazenda. Tanto estes consumos *per capita* quanto as elasticidades-renda dos produtos foram levantados por Amaral *et alii* (1983) a partir de diversas fontes.¹⁴ Os resultados encontrados para as demandas dos diversos produtos e fornecidos ao Modelo de Biomassa estão relacionados, a nível agregado nacional, na Tabela 4.

¹⁴ O cenário econômico considerado admitiu taxas de crescimento da renda nacional de 4% em 1985/86 e de 5% daí em diante. Para o crescimento da população admitiu-se uma taxa de 2% ao ano.

TABELA 4

Demanda de produtos agropecuários e de álcool (cenário básico)

(Em 10³ t ou 10⁶ l)

Anos	Produtos															
	Carne	Leite	Feijão	Milho	Arroz	Soja	Mandioca	Algodão	Fumo	Trigo	Amei- doim	Mamona	Alcool	Açúcar	Café	Laranja
Taxa média	4,01	3,81	2,76	4,05	3,39	2,93	2,11	3,39	2,53	3,10	2,53	2,53	10,56	3,18	3,37	4,00
1979	2.539	8.502	2.673	21.329	9.140	5.427	26.120	1.894	245	5.226	234	104	2.317	5.534	470	3.754
1980	2.682	8.951	2.760	22.575	9.531	5.617	26.686	1.979	252	5.431	240	107	2.801	5.747	491	3.964
1981	2.686	8.986	2.809	22.556	9.652	5.715	27.325	1.998	258	5.501	246	110	2.677	5.833	496	3.981
1982	2.732	9.145	2.869	22.918	9.854	5.840	27.942	2.036	264	5.611	252	112	3.902	5.957	506	4.055
1983	2.711	9.107	2.915	22.674	9.933	5.928	28.640	2.044	271	5.660	258	115	5.447	6.026	510	4.088
1984	2.776	9.325	2.983	23.210	10.179	6.070	29.270	2.092	277	5.792	264	118	6.103	6.172	522	4.140
1985	2.876	9.648	3.061	24.061	10.497	6.238	29.882	2.158	284	5.959	271	121	6.641	6.351	539	4.292
1986	2.980	9.985	3.141	24.946	10.826	6.411	30.509	2.226	291	6.133	277	124	7.203	6.537	556	4.450
1987	3.107	10.388	3.229	26.029	11.207	6.600	31.132	2.304	298	6.329	284	127	8.828	6.745	572	4.640
1988	3.240	10.809	3.319	27.164	11.593	6.797	31.772	2.386	306	6.532	291	130	8.464	6.962	595	4.838
1989	3.390	11.279	3.415	28.443	12.020	7.006	32.418	2.476	313	6.752	299	133	9.189	7.196	618	5.039
1990	3.547	11.771	3.513	29.787	12.467	7.223	33.080	2.570	321	6.981	306	137	10.002	7.441	641	5.291
1991	3.713	12.288	3.616	31.202	12.933	7.449	33.739	2.667	329	7.218	314	140	10.904	7.697	665	5.536
1992	3.888	12.831	3.722	32.691	13.421	7.681	34.455	2.769	338	7.465	322	144	11.803	7.965	689	5.791
1993	4.071	13.400	3.832	34.257	13.931	7.924	35.168	2.875	347	7.722	330	147	12.964	8.245	715	6.060
1994	4.265	13.998	3.945	35.907	14.465	8.175	35.899	2.986	356	7.989	339	151	14.115	8.539	743	6.343
1995	4.469	14.625	4.063	37.643	15.024	8.436	36.649	3.101	365	8.266	348	155	15.337	8.847	771	6.640
1996	4.685	15.285	4.185	39.470	15.608	8.707	37.419	3.222	374	8.555	357	159	16.428	9.169	800	6.952
1997	4.912	15.977	4.311	41.305	16.221	8.988	38.208	3.347	384	8.855	366	163	17.690	9.507	831	7.281
1998	5.151	16.706	4.442	43.422	16.862	9.279	39.019	3.479	394	9.168	376	168	18.818	9.863	863	7.626
1999	5.404	17.471	4.578	45.558	17.534	9.582	39.850	3.615	405	9.493	386	172	19.878	10.236	896	7.989
2000	5.671	18.276	4.719	47.807	18.237	9.897	40.704	3.758	416	9.831	396	177	21.086	10.629	930	8.371

FONTE: IPEA - Modelo de Biomassa.

A demanda de álcool foi calculada como a soma de três parcelas, referentes ao álcool carburante, à álcoolquímica e ao álcool para outros fins (bebidas, indústria farmacêutica, etc.). Na realidade, a variável que se procura efetivamente estimar é a necessidade de produção de álcool, induzida pela demanda final. Assim, considerou-se ainda a variação de estoques requerida pelo aumento do consumo e o percentual de perdas entre a produção e o consumo.

A demanda de álcool carburante, para o cenário básico, foi determinada a nível nacional através de um procedimento baseado em Ramos (1983) e Barros e Ferreira (1982), admitindo uma produção de 500 mil novos veículos a álcool por ano. Este cenário de penetração do álcool no mercado de combustíveis automotivos era coerente com os que estavam sendo contemplados pelo MIC, e outros órgãos do governo, à época em que o estudo foi feito. Posteriormente, observou-se uma produção maior de veículos a álcool, assim como um crescimento do consumo mais rápido do que o contemplado aqui.

Para a demanda de álcool para álcoolquímica usou-se a hipótese do Ministério das Minas e Energia (1983) para os anos de 1983 a 1989 e supôs-se que fora desse período o crescimento seria de 3% ao ano. Esta demanda foi regionalizada dividindo-se a demanda nacional igualmente entre Rio de Janeiro, São Paulo e Salvador.

As variações de estoque e os percentuais de perdas são fornecidos como variáveis de cenário, permitindo assim a totalização da demanda de álcool, que é apresentada na Tabela 4.

Para o cenário normativo, a demanda de álcool é idêntica à do cenário básico. Já os cenários sem PROÁLCOOL e auto-suficiente supõem hipóteses diferentes de consumo de álcool carburante, resultando em demandas globais de álcool distintas, como mostra a Tabela 5. O cenário sem PROÁLCOOL supõe que o Programa tivesse sido limitado apenas à produção de álcool anidro (para mistura), enquanto o cenário auto-suficiente supõe sua expansão de modo a atingir a produção de 19,7 bilhões de litros em 1993. A evolução recente do consumo tem-se mostrado mais próxima deste último.

2.12 — Restrições de oferta de álcool

O cenário básico leva em consideração que as destilarias aprovadas no âmbito do PROÁLCOOL determinam uma oferta regional de álcool futura. Isto é modelado impondo limites mínimos nas áreas ocupadas com cana-de-açúcar nas várias regiões, uma vez que o modelo não contém variáveis explícitas para retratar a instalação de destilarias.

Para projetar esta oferta *mínima* de álcool no cenário básico, compilou-se uma lista de projetos aprovados na CENAL, incluindo localização, tipo de destilaria, data de enquadramento, capacidade autorizada e produção autorizada em 1984. A partir destes dados projetou-se um crescimento linear

TABELA 5

Demanda anual total de álcool

(Em 1.000 l)

Anos	Cenários		
	Básico/Normativo	Sem PROÁLCOOL	Auto-suficiente
1979	2.317.389	3.262.577	2.317.389
1980	2.800.757	3.118.628	2.800.757
1981	2.676.593	2.997.944	2.676.593
1982	3.901.788	3.003.886	3.901.788
1983	5.447.269	2.977.813	5.447.689
1984	6.102.516	2.975.186	6.194.496
1985	6.641.003	3.010.404	7.044.203
1986	7.203.373	3.078.180	8.010.613
1987	7.828.227	3.184.974	9.109.437
1988	8.464.032	3.328.153	10.359.072
1989	9.188.633	3.511.799	11.780.083
1990	10.002.446	3.735.772	13.396.151
1991	10.904.438	4.001.000	15.233.798
1992	11.892.695	4.309.279	17.323.610
1993	12.964.221	4.663.165	19.699.971
1994	14.115.138	5.065.910	21.221.433
1995	15.337.450	5.521.422	22.834.555
1996	16.428.448	6.034.284	24.337.888
1997	17.690.420	6.609.749	26.034.875
1998	18.817.839	7.253.780	27.621.249
1999	19.877.723	7.973.110	29.165.288
2000	21.085.538	8.775.283	30.883.928

FONTE: IPEA — Modelo de Biomassa.

de produção até atingir a capacidade autorizada em um horizonte que foi determinado *ad hoc* em cada caso, levando em conta fatores regionais, data de aprovação, tipos de projeto (instalação *vs.* ampliação), etc.¹⁵ Esta oferta regional de álcool foi convertida em área de cana-de-açúcar, levando em conta a distribuição da produção entre destilarias anexas e autônomas em cada região e a produtividade do solo da região na cultura de cana-de-açúcar. O cálculo dos limites de área por este procedimento corresponde aos dados da Tabela 6 a seguir.

No cenário normativo estes limites mínimos coincidem com os do cenário básico até 1989/90, mas foram mantidos constantes a partir daí, para deixar ao modelo a escolha de onde instalar as novas destilarias. Isto

¹⁵ As informações a nível de projeto, a agregação pelas regiões do modelo e o cálculo da oferta mínima de álcool encontram-se em Tourinho *et alii* (1985).

TABELA 6

Oferta mínima de álcool por regiões de produção(Em 10⁶ l)

Regiões de produção	Períodos			
	1983/84	1985/86	1987/88	1989/90
1. Maranhão/Piauí	42,4	93,5	144,9	184,4
2. Ceará	41,8	97,2	111,0	111,0
3. Sertão	—	—	—	—
4. Mata e Agreste	894,7	1.118,5	1.248,0	1.256,8
5. Salvador	1.267,6	1.544,8	1.617,4	1.617,4
6. Oeste Baiano	97,5	304,4	369,7	374,2
7. Belo Horizonte	63,2	149,5	196,8	223,8
8. Nordeste Mineiro	40,6	175,6	273,3	295,0
9. Espírito-Santense	582,7	789,0	843,7	845,8
10. Grande Rio de Janeiro	31,5	49,5	54,0	54,0
11. Grande São Paulo	—	—	—	—
12. Mantiqueira Paulista	340,9	372,6	372,6	372,6
13. Triângulo Mineiro	1.010,6	1.206,2	1.265,4	1.290,6
14. Campinas e Ribeirão Preto	5.693,9	6.256,6	6.394,4	6.399,6
15. Sudoeste Paulista	2.045,8	2.604,9	2.822,7	2.849,4
16. Oeste Paranaense	104,8	182,0	201,2	201,2
17. Norte Paranaense	781,0	1.217,9	1.297,6	1.297,6
18. Leste Paranaense	36,0	36,0	36,0	36,0
19. Santa Catarina	82,8	92,6	95,2	95,8
20. Planalto Meridional do Rio Grande do Sul	3,3	6,6	6,6	6,6
21. Leste/Oeste Gaúcho	15,4	36,7	42,0	42,0
22. Brasília	175,9	236,8	236,8	236,8
23. Norte Goiano	91,8	237,1	255,4	255,4
24. Sul Goiano	302,5	837,6	924,4	924,4
25. Cuiabá	281,6	681,9	811,6	811,6
26. Planalto Sul-Mato-Grossense I	56,3	111,0	111,0	111,0
27. Planalto Sul-Mato-Grossense II	264,8	387,7	366,7	383,8
28. Pantanal Mato-Grossense	—	—	—	—
29. Pará	38,1	109,8	127,8	127,8

FONTE: Tourinho *et alii* (1985).

NOTA: Os limites mínimos foram mantidos constantes a partir de 1989/90.

permite avaliar, através da comparação do valor da função objetivo com o do cenário básico, em que medida a distribuição regional das aprovações poderia ter sido ineficiente. No cenário sem PROÁLCOOL, os limites mínimos são mantidos constantes já a partir de 1979/80, porque neste caso a demanda de álcool seria muito menor. Para o cenário auto-suficiente, os limites mínimos coincidem com os do cenário básico.

3 — Resultados

Os resultados apresentados em seguida referem-se aos quatro diferentes cenários de evolução da produção e uso de álcool carburante no Brasil, descritos anteriormente. Nesta seção serão discutidos os aspectos da questão relativos ao impacto do PROÁLCOOL sobre o deslocamento temporal e espacial das culturas, ao "custo social" do álcool produzido e aos impactos diretos do Programa na balança comercial.

3.1 — Deslocamento temporal e espacial das culturas

Discutimos a seguir como a alocação de terra entre as culturas se processa nos vários cenários. O cenário básico é analisado com mais detalhes primeiro, seguindo-se a discussão dos outros.

3.1.1 — Cenário básico

O Gráfico 1 mostra a evolução da área ocupada com culturas para a simulação do cenário básico.

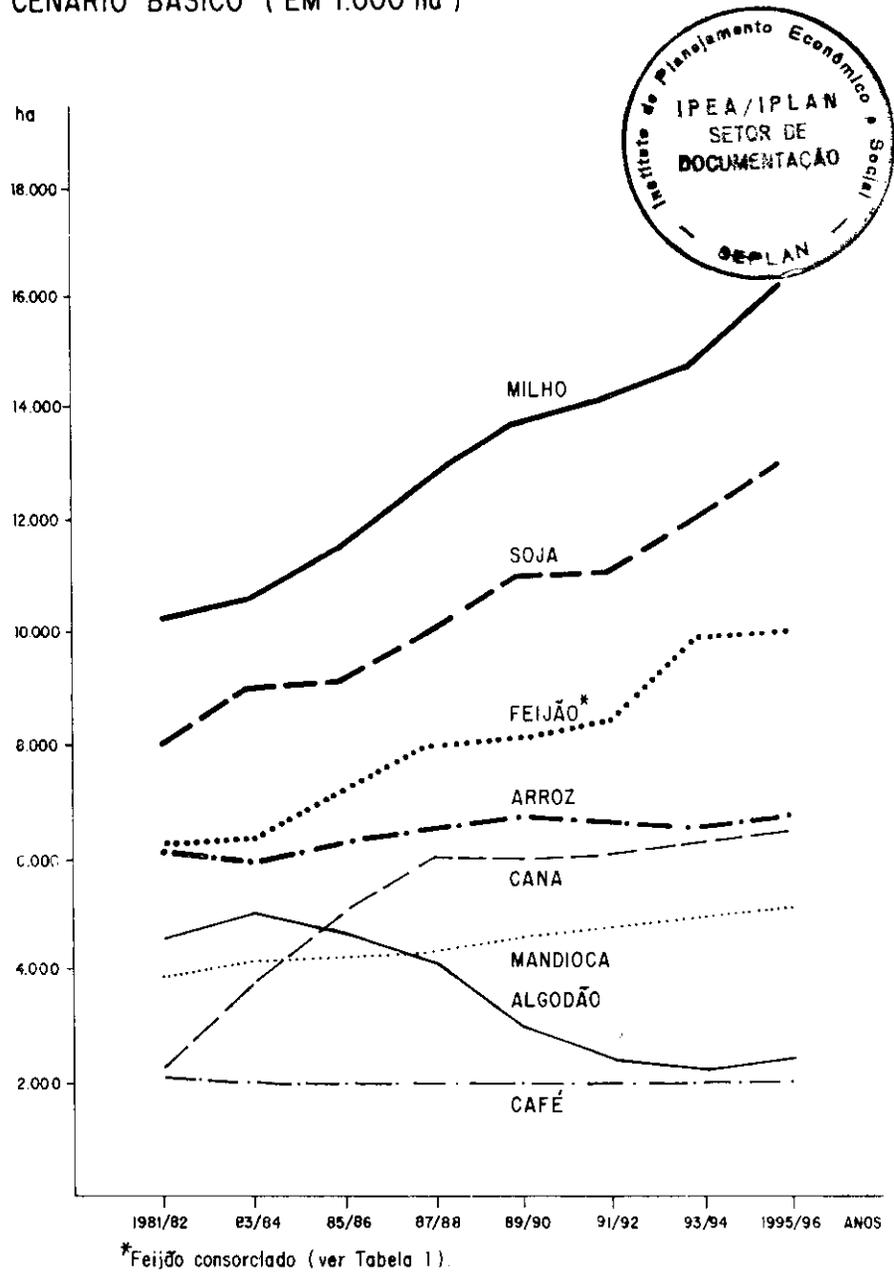
A maior queda de área ocupada com culturas é a de algodão arbóreo. Ela ocorreu porque o modelo optou por reduzir gradativamente as exportações de algodão, o que diminuiu as necessidades de produção e, conseqüentemente, liberou área para outras atividades. Dado que a maior parte da demanda de algodão é originária do Centro-Sul, houve uma gradual redução da área ocupada com algodão arbóreo no Nordeste e sua substituição por algodão herbáceo, reduzindo-se deste modo os custos de transporte.

Os maiores incrementos de área ocupada são creditados à cana-de-açúcar, consórcio feijão/milho, soja e milho. O aumento da área de cana-de-açúcar pode ser explicado pela excepcional taxa média de 10,6% ao ano de crescimento da demanda de álcool, a da soja em decorrência do seu potencial de exportação e a do milho pelo crescimento da demanda.

Apesar de o modelo que estamos apresentando ser de planejamento e não se prestar necessariamente à atividade de previsão, é instrutivo verificar que a alocação proposta pelo modelo no curto prazo é coerente com os resultados obtidos nas safras de 1984 e 1985, conforme comparação com os dados do IBGE apresentados na Tabela 7. A soma da área ocupada por soja com a do consórcio soja/trigo no período 1983/84 é equivalente à área colhida de soja em 1984 (9,4 milhões de hectares). A área ocupada com café em 1983/84 também se aproxima da área colhida em 1984 (2,4 milhões de hectares). A área ocupada com café em 1985/86 também se aproxima da área colhida em 1985 (2,5 milhões de hectares). A área colhida com cana-de-açúcar em 1984, da ordem de 3,6 milhões de hectares,

Gráfico 1

ÁREA OCUPADA POR ATIVIDADES SELECIONADAS NO CENÁRIO BÁSICO (EM 1.000 ha)



é semelhante àquela utilizada pelo modelo daquele ano. Contudo, em 1985 a área colhida prevista é de 3,8 milhões de hectares, inferior, portanto, aos 5,1 milhões de hectares alocados pelo modelo à produção de álcool e açúcar.

As discrepâncias maiores entre o planejado e o realizado se dão nas áreas ocupadas com as culturas de laranja e mandioca. No caso da primeira, a área colhida em 1984 é 44% superior à área alocada pelo modelo no biênio 1983/84. Com a mandioca ocorre o inverso, ou seja, a área colhida em 1984 e 1985 é cerca da metade daquela obtida pelo modelo (Tabela 7).

A expansão da área ocupada no modelo com as culturas de exportação, principalmente café e soja, é limitada por restrições impostas à quantidade exportável pelas condições de comercialização externa. Elas se aproximam das áreas observadas na medida em que aquelas restrições anteciparam corretamente a demanda por exportações.

A área ocupada com pastagens em solo A expande-se a uma taxa de 4% ao ano, até 1991/92, e depois se estabiliza. Nos solos exclusivamente de pastagens (solo B) a taxa média de expansão da área é de 1,6% ao ano. A conjugação destas taxas com o fato de que a produtividade marginal nesta expansão é inferior à média, pois ela se dá em regiões de fronteira,

TABELA 7

Comparação da área ocupada com atividades selecionadas segundo o IBGE e os resultados do cenário básico

(Em 1.000 ha)

Culturas	1984		1985	
	IBGE	Modelo	IBGE	Modelo
Algodão arbóreo	1.430	2.672	1.338	2.203
Algodão herbáceo	1.673	2.046	2.256	2.089
Amendoim	150	311	192	319
Arroz	5.356	7.861	4.754	8.051
Café	2.452	2.121	2.483	2.121
Caná-de-açúcar	3.660	3.720	3.822	5.153
Feijão	5.309	6.548	5.325	7.198
Fumo	285	414	268	424
Laranja	632	439	664	442
Mamona	412	135	495	142
Mandioca	1.815	4.182	1.875	4.341
Milho	12.205	17.125	11.798	18.725
Soja	9.417	9.117	10.150	9.710
Trigo	1.741	2.857	2.639	2.826
Área total	46.537	59.548	48.059	63.744

FONTES: IBGE (1985) e IPEA — Modelo de Biomassa.

leva a que surja um déficit de produtos da pecuária neste cenário, pois a demanda se expande à taxa de cerca de 4% ao ano. Assim, não há excedente exportável de carne, ocorrendo importações maciças de leite e carne no final do horizonte, como veremos adiante. O comportamento do modelo no que se refere a estes produtos é fortemente influenciado pelas hipóteses adotadas, como discutido anteriormente, e pode não ser inteiramente realista.

A estabilidade da área de arroz, em face de uma demanda que cresce à taxa média de 3,4% a.a., sugere melhoras na produtividade média nacional, através do único mecanismo que permite isto no modelo: o deslocamento para regiões de maior produtividade.

O Gráfico 1 também mostra que, do ponto de vista econômico, a produção de feijão conjuntamente com milho é preferível, dado o decréscimo progressivo da área com cultivo exclusivo de feijão. Vale a pena observar que esta última atividade fazia parte apenas do sistema de produção de Campinas e Ribeirão Preto.

A área do consórcio soja/trigo fica praticamente estável, enquanto a de soja se expande rapidamente, o que indica que a economicidade do cultivo de trigo no Brasil, com os parâmetros do modelo, é marginal. A expansão da produção de soja para a exportação não se faz acompanhar pela expansão do trigo, apesar do déficit no abastecimento interno deste produto. Isto pode, provavelmente, ser atribuído ao alto preço-sombra da produção doméstica com relação ao preço de importação.

O Modelo de Biomassa permite também analisar, no tempo, a evolução do balanço de área em cada região¹⁸ e da localização da produção de cada produto nas várias regiões. Por exemplo, pode-se verificar a especialização progressiva da região de Ribeirão Preto na produção de cana-de-açúcar, assim como o deslocamento de outras culturas para outras regiões. A tendência à especialização de cada região de produção em determinados produtos é, como já discutido anteriormente, uma característica do tipo de modelo empregado e que foi apenas suavizada com o emprego de restrições de flexibilidade.

3.1.2 — Cenários normativo, sem PROÁLCOOL e auto-suficiente

A evolução, no tempo, da área ocupada com culturas nos outros cenários segue, em linhas gerais, as mesmas tendências reveladas no cenário básico e mostradas no Gráfico 1. As principais diferenças são na área de cana-de-açúcar, cuja evolução é analisada mais adiante, e na área de pastagens, que surge como resíduo. A Tabela 8 ilustra as diferenças entre os cenários, mostrando as alocações da terra no período 1995/96. No cenário básico, a área total ocupada com culturas no período 1995/96 é superior às áreas

¹⁸ Um exemplo da análise dinâmica da distribuição espacial das atividades pode ser encontrado na seção subsequente, para o caso da cana-de-açúcar.

ocupadas nos cenários normativo e sem PROÁLCOOL e inferior à área ocupada no cenário auto-suficiente.

A redução na área ocupada, quando passamos do cenário básico para o cenário normativo, é o resultado líquido da contração da cana-de-açúcar (353 mil ha), do café (301 mil ha) e da soja (178 mil ha) e da expansão das culturas de feijão/milho (200 mil ha), soja/trigo (86 mil ha) e arroz (84 mil ha). As outras culturas não apresentam variações substanciais na área ocupada. A redução na área ocupada, quando passamos do cenário básico para o cenário sem PROÁLCOOL, é basicamente resultado da contração da cana-de-açúcar (cerca de 3,1 milhões de ha), do café (0,3 milhão de ha) e da soja (cerca de 0,2 milhão de ha).

Já no cenário auto-suficiente há apenas queda na área ocupada do consórcio soja/trigo (cerca de 0,1 milhão de ha). O incremento de área com

TABELA 8

Comparação da área ocupada com as atividades nos diferentes cenários considerados no período 1995/96

(Em 1.000 ha)

Atividades	Área inicial ¹	Cenários			
		Básico	Normativo	Sem PROÁLCOOL	Auto-suficiente
Milho	5.919	16.159	16.147	16.093	16.289
Arroz	4.782	6.912	6.996	6.911	6.977
Feijão/Milho	6.762	9.739	9.938	9.833	9.886
Soja	4.990	10.259	10.081	10.067	10.392
Mandioca	1.660	5.056	5.058	5.053	5.056
Algodão herbáceo	662	2.425	2.401	2.308	2.448
Fumo	205	536	524	519	538
Soja/Trigo	2.607	3.252	3.338	3.299	3.159
Feijão/Arroz	109	—	—	—	—
Feijão/Feijão	215	24	24	24	24
Amendoim	66	364	364	364	364
Mamona	210	164	182	153	183
Cana sem irrigação	2.552	6.540	6.187	3.441	8.681
Cana com irrigação	—	12	26	26	12
Café	2.611	2.028	1.727	1.727	2.026
Laranja	512	629	657	657	628
Algodão arbóreo	3.599	94	78	85	92
Subtotal	37.451	64.193	63.728	60.560	66.755
Pastagem "A"	47.063	67.274	67.832	70.998	64.797
Pastagem "B"	122.248	138.431	137.625	137.438	138.847
Total	206.762	269.898	269.185	268.996	270.399

FONTE: IPEA — Modelo de Biomassa.

¹Área colhida em 1978 (ano-base) segundo o IBGE.

relação ao cenário básico é devido ao substancial acréscimo da área ocupada com cana-de-açúcar (cerca de 2,1 milhões de ha) e das culturas de feijão/milho, soja, arroz e milho (cerca de 0,5 milhão de ha no conjunto). A redução da área ocupada com o consórcio soja/trigo é compensada pelo aumento da área ocupada com a soja isolada (0,13 milhão de ha) e pelo incremento das importações de trigo.

Já a pecuária em solos de culturas (Pastagem "A") apresenta, com relação ao cenário básico, um acréscimo de 0,5 milhão de hectares no cenário normativo, um acréscimo de 3,7 milhões de hectares no cenário sem PROÁLCOOL e uma redução de 2,5 milhões de hectares no cenário auto-suficiente. Desta forma, a pecuária em solos de culturas é deslocada das regiões de maior produtividade pela expansão da cana-de-açúcar.

3.1.3 — Evolução da cultura de cana-de-açúcar nos diferentes cenários

A área total ocupada com cana-de-açúcar no cenário básico entre 1985 e 1992 é superior em cerca de dois milhões de hectares à do cenário normativo. Este excedente de cerca de 50% ocorre apesar de ser idêntica a demanda em ambos os casos, e é devido à existência de limites mínimos para a área cultivada no cenário básico, impostos para refletir a implantação dos projetos de destilarias já aprovados.

A diferença de área ocupada entre os cenários básico e normativo evidencia que foi aprovado um número de destilarias superior àquele que seria necessário para atender ao cenário de demanda construído no INPES, cuja metodologia foi descrita anteriormente. Convém fazer algumas ressalvas: primeiro, o nosso cenário de demanda de álcool incorpora informações que não estavam disponíveis à época em que muitos destes projetos foram aprovados, *não* se podendo inferir, portanto, que a diferença se deva a algum erro crasso de avaliação; segundo, é possível que a metodologia utilizada na construção do nosso cenário de demanda de álcool esteja subestimando a demanda futura; e, terceiro, como estamos lidando com um modelo de planejamento, e o sistema agrícola real certamente não seria capaz de implementar a alocação ótima da produção propugnada no cenário normativo, a diferença de áreas deve ser interpretada como uma *superestimativa* da distorção alocativa gerada pela provável superestimativa da demanda implícita na produção aprovada.

A diferença de área ocupada entre os cenários normativo e básico pode ser atribuída ao fato de que, para os objetivos do modelo, teria sido economicamente vantajoso concentrar a produção de álcool em terras de maior produtividade agrícola. Esta é uma conclusão que depende criticamente dos parâmetros de custo e produtividade por região, não apenas do álcool, mas de *todos* os produtos, pois o modelo minimiza os custos do sistema agrícola como um todo. Com esta observação preliminar, o modelo indica que, desta perspectiva econômica, o uso de terra "nobre" para cana-de-

açúcar não é incorreto. Os argumentos de equilíbrio parcial ou sociológicos levantados por outros analistas do PROÁLCOOL não podem ser descartados ou confirmados pelo modelo, uma vez que seu contexto de análise é o equilíbrio geral (econômico) do sistema agrícola.

Tendo em vista a análise precedente, é no estudo da distribuição regional da área no cenário normativo que poderemos colher informações relevantes sobre as tendências na localização mais econômica das adições de capacidade de produção de álcool. Assim, verifica-se que as regiões com maior taxa de crescimento são Londrina e Salvador, que atingem uma área plantada de cerca de um milhão de hectares no final do horizonte. Isto significa que, para o modelo, é nestas regiões produtoras tradicionais que a expansão da cana-de-açúcar tem menores custos diretos e indiretos. A área ocupada com cana-de-açúcar em Ribeirão Preto fica aproximadamente constante ao nível de um milhão de hectares por todo o período de simulação, enquanto em Recife ela fica no nível de 600 mil hectares até o final da década, e depois começa a decrescer, refletindo a característica de especialização inerente à programação matemática.

No cenário normativo temos um padrão de pico nas regiões de Rio de Janeiro e Belo Horizonte: a área cresce aceleradamente até atingir o máximo nos períodos 1983/84 e 1989/90, respectivamente, e depois cai também acentuadamente. Isto sugere que estas regiões são utilizadas pelo modelo temporariamente para cobrir o déficit na oferta, mas são logo descartadas e substituídas por outras de custo mais baixo.

A área nas regiões novas (Brasília, Cuiabá e Campo Grande) fica aproximadamente constante até o final da década e sofre ligeiro aumento na primeira. Isto caracteriza claramente que, para o modelo, a produção de cana-de-açúcar lá não é, de modo geral, atrativa quando comparada às regiões de Ribeirão Preto, Londrina e Salvador. Entretanto, na próxima década a queda da área em Recife e Belo Horizonte são compensadas, em parte, no cenário normativo, pelo crescimento da área nas regiões novas.

A comparação dos cenários básico e normativo serve para ilustrar o efeito do PROÁLCOOL na alocação regional da produção de álcool. A área ocupada com cana-de-açúcar em Ribeirão Preto no primeiro cenário excede a do segundo em um milhão de hectares, o que dá suporte a algumas críticas de excessiva concentração na produção de álcool. Verifica-se também que a área em Recife é muito menor no cenário básico, e que nele não se observam picos de produção em outras regiões, pois no Rio de Janeiro a área cresce e se estabiliza em 300 mil hectares e em Belo Horizonte fica permanentemente baixa. O crescimento da área em Salvador é menor do que no caso normativo. Todas estas reduções de área de cana-de-açúcar no cenário básico com relação ao cenário normativo são a contrapartida do incremento em Ribeirão Preto.

A análise do cenário auto-suficiente mostra onde se dariam os acréscimos de área, relativamente ao cenário básico, para atender aos novos empregos do álcool. A queda na área em Recife é evitada, e as principais regiões para expansão marginal são claramente Brasília, onde ela é possível

devido à abertura de novas áreas, e Rio de Janeiro, onde ela se dá às custas do deslocamento da pecuária.

No cenário sem PROALCOOL a distribuição regional da área de cana-de-açúcar é análoga à do cenário normativo, correspondendo a uma contração em todas as regiões aproximadamente proporcional à razão nas áreas totais.

3.2 — Os preços-sombra

A análise dos preços-sombra¹⁷ pode nos fornecer informações valiosas sobre as tendências dos preços de mercado no futuro, caso o sistema descentralizado venha a reproduzir aproximadamente a solução ótima aqui apresentada. Verifica-se que, de modo geral, uma relativa estabilidade dos preços-sombra dos produtos no modelo é a ocorrência mais comum, como ilustrado no Gráfico 2, que mostra o perfil dos preços do álcool.

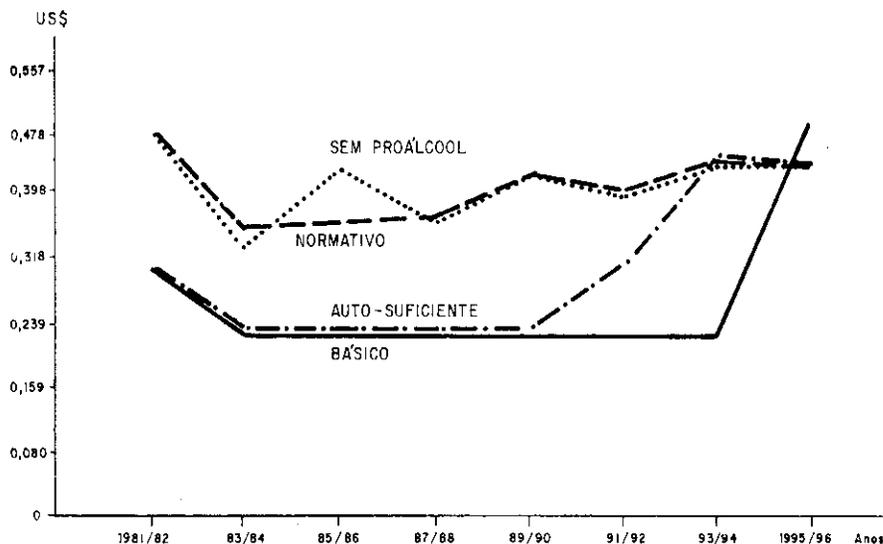
A comparação dos gráficos do preço-sombra do álcool nos cenários básico e auto-suficiente mostra uma diferença de cerca de 40% nos preços. Para estes dois cenários foram impostos limites mínimos para a área de cana-de-açúcar em diversas regiões produtoras, correspondendo aos projetos já implantados ou em implantação, segundo cronograma aprovado pelo PROALCOOL. Como estes valores implicam uma produção muito elevada, que está adiantada de alguns períodos com relação ao cenário de demanda com que se está trabalhando, a solução encontrada pelo modelo é a de exportar o excedente. Neste caso, o aumento de uma unidade de demanda causa a redução de uma unidade na exportação, passando a variável dual associada a assumir o valor do preço de exportação do álcool. A diferença entre os preços-sombra nos dois grupos de cenários refere-se portanto, em linhas gerais, à diferença entre o preço de exportação e o custo marginal de produção doméstica.

A contrapartida da redução do preço-sombra do álcool no cenário básico, relativamente ao cenário normativo, é o aumento do preço-sombra dos outros produtos, como mostra a Tabela 9. O efeito dual da alocação mais racional da área no cenário normativo é a ocorrência de um preço-sombra inferior ao do caso básico para a maioria dos produtos.

¹⁷ Conceitualmente, o preço-sombra de um produto, em uma dada região de consumo, em um ano do horizonte de atendimento, é a variável dual associada à restrição de demanda respectiva. Ele indica o quanto se reduziria o valor da função objetivo — descrita anteriormente — caso aquela demanda se eleve em uma unidade. Uma vez que os fluxos futuros aparecem na função objetivo na forma de valor presente, esta variável dual decresce no tempo, mesmo que o custo nos períodos futuros fique estável. Como o que nos interessa é avaliar a evolução da grandeza do modelo que corresponderia ao preço à vista dos vários produtos no futuro, estas variáveis duais foram ajustadas para compensar o efeito do desconto. Estes valores ajustados são os apresentados no texto como preço-sombra.

Gráfico 2

EVOLUÇÃO DO PREÇO-SOMBRA DO LITRO DE ÁLCOOL EM DÓLARES DE 1984 PARA RIBEIRÃO PRETO



Outro efeito que também era esperado se manifesta nos resultados: no cenário sem PROALCOOL os preços-sombra são também inferiores aos do cenário normativo, por força da menor pressão sobre o principal fator escasso (terra). A redução, entretanto, não é uniforme para todos os produtos, e é muito pequena (da ordem de 2%), quando se toma a média do período 1987/96.

No cenário auto-suficiente os preços inferiores aos do caso básico aparecem como uma surpresa, uma vez que a pressão adicional sobre a terra da maior demanda de álcool sugeriria um aumento.

De fato, toda a interpretação dos dados da Tabela 9 deve ser feita com cuidado, uma vez que as variações observadas são muito pequenas e podem se dever à ativação de restrições de segunda importância, cuja interpretação aqui seria difícil e pouco proveitosa.

As reduções dos preços-sombra de soja, feijão e milho no cenário sem PROALCOOL com relação ao cenário normativo, no início da próxima década, parecem entretanto ser bastante robustas, pois já apareceram em várias outras soluções do modelo. Elas indicam que existem, de fato, certas dificuldades na forma de custos ligeiramente mais elevados de alguns alimentos e exportáveis, em alguns períodos, quando comparados com os que existiriam na ausência do Programa.

TABELA 9

Comparação do preço-sombra em Ribeirão Preto para produtos selecionados nos diferentes cenários considerados

(US\$ de 1984/l ou kg)

Períodos	Cenários	Produtos ¹				
		Álcool ²	Soja	Milho	Arroz	Feijão
1991/92	Básico	—	0,268	0,240	0,375	0,408
	(Variação %)	--	6	4	1	--9
	Normativo	0,437	0,253	0,230	0,373	0,448
	Sem PROÁLCOOL	0,425	0,219	0,223	0,353	0,312
	(Variação %)	-3	-14	-3	-5	-30
Média 1987/96	Auto-suficiente	—	0,272	0,240	0,377	0,414
	(Variação %)	--	7	4	1	--8
	Básico	—	0,246	0,237	0,354	0,343
	(Variação %)	--	4	3	1	--1
	Normativo	0,446	0,237	0,230	0,351	0,345
	Sem PROÁLCOOL	0,442	0,234	0,228	0,349	0,339
	(Variação %)	-1	-1	-1	-1	-2
	Auto-suficiente	—	0,243	0,232	0,350	0,336
	(Variação %)	--	2	1	0	--3

FONTE: IPEA — Modelo de Biomassa.

¹Variação percentual em relação ao cenário normativo.

²Para o álcool não são apresentados os valores do preço-sombra nos cenários básico e auto-suficiente, porque neles a introdução de restrições mínimas do PROÁLCOOL, distorce a interpretação econômica dos multiplicadores de Lagrange do modelo.

3.3 — O custo social do álcool

Tomando-se o cenário básico como referência, pode-se avaliar o “custo social” marginal do álcool para os níveis de demanda de álcool carburante atualmente previstos. No modelo ele é dado pelo preço-sombra, pois este leva em conta tanto efeitos diretos quanto indiretos de um incremento marginal na demanda.

A comparação do preço-sombra encontrado, para o período 1987/96, com os preços atuais ao consumidor (US\$ 0,342/l)¹⁸ mostra a existência, em termos econômicos, de um subsídio *marginal* implícito de US\$ 0,135/l a ser socializado através de mecanismos fiscais (Tabela 9). O custo doméstico do programa inclui os acréscimos de custos de todos os produtos agropecuários (inclusive o próprio álcool) e ainda o subsídio acima. Apenas como referência, é interessante assinalar que o valor encontrado para o preço-sombra do álcool corresponde aproximadamente a US\$ 89 por barril

¹⁸ Calculado tomando-se o preço ao consumidor em novembro de 1984 de Cr\$ 890 e convertendo ao câmbio de Cr\$ 2.600/US\$ (de 9 de novembro de 1984).

equivalente de gasolina.¹⁹ É importante notar, entretanto, que cerca de metade deste valor refere-se aos custos implícitos das restrições de flexibilidade, que não têm interpretação econômica imediata.

A Tabela 10 compara os preços-sombra do álcool e de outros produtos para as regiões de consumo consideradas. Como era esperado, verifica-se a tendência do modelo no sentido de equiparar estes valores, sendo a diferença remanescente creditada apenas aos custos de transportes entre as regiões.

3.4 — O valor da terra

A equiparação de preços-sombra entre regiões processa-se endogenamente ao modelo, principalmente através do ajuste do preço-sombra da terra, que reflete, no horizonte da análise, o valor de compra de uma unidade adicional de terra. O Gráfico 3 mostra o comportamento deste preço nos dife-

TABELA 10

Custos marginais do álcool e outros produtos no cenário normativo em diferentes regiões de consumo em 1989/90

(US\$ de 1984/1 ou kg)

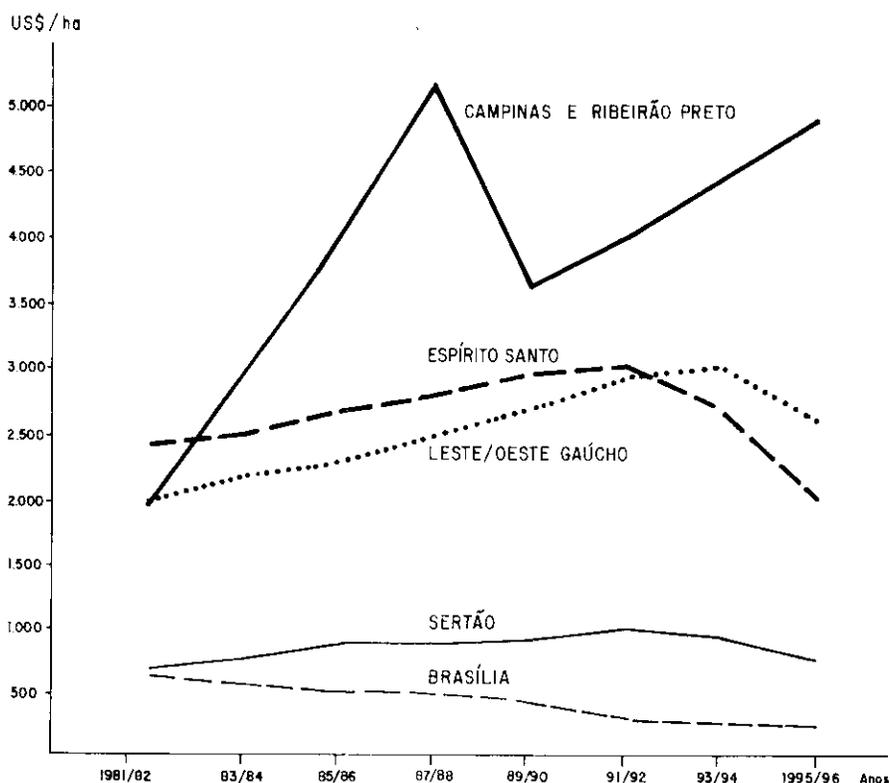
Regiões de consumo	Produtos				
	Álcool	Soja	Arroz	Milho	Feijão
I. São Luís	0,430	0,271	0,262	0,308	0,168
II. Fortaleza	0,426	0,271	0,297	0,273	0,163
III. Recife	0,398	0,266	0,316	0,296	0,192
IV. Salvador	0,417	0,241	0,316	0,271	0,208
V. Belo Horizonte	0,332	0,215	0,344	0,226	0,226
VI. Rio de Janeiro	0,475	0,221	0,341	0,244	0,244
VII. Santos	0,463	0,209	0,329	0,231	0,247
VIII. Ribeirão Preto	0,450	0,196	0,338	0,218	0,246
IX. Londrina	0,459	0,188	0,321	0,210	0,226
X. Curitiba	0,474	0,203	0,313	0,225	0,240
XI. Porto Alegre	0,498	0,203	0,290	0,225	0,265
XII. Brasília	0,468	0,190	0,320	0,220	0,252
XIII. Cuiabá	0,494	0,229	0,296	0,256	0,271
XIV. Campo Grande	0,480	0,213	0,309	0,230	0,252
XV. Belém	0,458	0,260	0,250	0,290	0,196

FONTE: IPEA — Modelo de Biomassa.

¹⁹ Calculado supondo que o litro marginal de álcool vá ser usado na forma hidratada e considerando um aumento de consumo, relativamente à gasolina, de 25%.

Gráfico 3

SIMULAÇÃO DO PREÇO-SOMBRA DA TERRA DO SOLO TIPO "A"
NO CENÁRIO BÁSICO (US\$ DE 1984 POR ha)



rentes períodos em regiões selecionadas, para o cenário básico. De um modo geral, tanto para este como para os demais cenários estudados, verifica-se um comportamento estável ao longo do tempo em cada região e diferenças marcantes entre as regiões, refletindo suas diferentes potencialidades de produção e localização relativamente aos centros de consumo e/ou portos de exportação.

No cenário básico, observam-se várias características comuns também aos outros cenários, como a tendência declinante do preço-sombra da terra "A" em Brasília, que começa em 1981/82 em US\$ 600/ha e chega a US\$ 250/ha no final do horizonte. O valor da terra na região do sertão fica aproximadamente constante no nível de US\$ 900/ha, que é cerca de 1/3 do valor no Espírito Santo e no leste/oeste gaúcho. O preço-sombra

nestas duas últimas regiões tende a cair quando a taxa de expansão da área de cana-de-açúcar decresce bruscamente no final da década.

Comparando-se os resultados dos cenários básico e normativo, constata-se que entre as regiões selecionadas as mudanças mais significativas referem-se à região de Campinas e Ribeirão Preto. No cenário normativo, como o plantio de cana-de-açúcar nesta região diminui (compensada por Espírito Santo e leste/oeste gaúcho), reduz-se a pressão sobre os custos da terra, diminuindo consideravelmente seu preço-sombra. Esta observação vem reforçar a hipótese de que a alocação de terra para cana-de-açúcar adotada pelo PROALCOOL no cenário básico não é necessariamente a mais conveniente para o país.

Para o cenário sem PROALCOOL, onde efetivamente não existe a pressão adicional sobre a terra colocada pela demanda de álcool hidratado, também tem-se o preço-sombra da terra em Campinas e Ribeirão Preto consideravelmente menor que no caso do cenário básico.

3.5 — Balança comercial

O impacto direto do PROALCOOL na balança comercial do país tem dois aspectos principais: o efeito na importação e exportação de produtos agrícolas e a redução de importações de petróleo devido à substituição de derivados por álcool.

Para avaliação do primeiro aspecto, devemos lembrar que, como o modelo utilizado refere-se ao setor agropecuário (exceto para açúcar e álcool), os preços dos produtos devem remunerar somente os custos do setor acrescido do custo de transporte. Contudo, para a maioria dos produtos, a exportação sem transformação além da fazenda (*in natura*) não existe, ou sua participação no total do valor das exportações é residual, ou ainda se destina a pequenos mercados específicos. Deste modo, para esses produtos foi eliminada do preço FOB de exportação a fração correspondente ao valor agregado pela indústria. Conseqüentemente, os resultados aqui discutidos podem não refletir certas vantagens comparativas do país na industrialização destes produtos.

Para avaliação do segundo aspecto, os álcoois anidro e hidratado tiveram seus valores fixados em US\$ 0,220 e US\$ 0,180 por litro, respectivamente. Para calcular estes valores levou-se em conta que o álcool anidro é um substituto perfeito para a gasolina e que o uso do álcool hidratado implica a perda de rendimento volumétrico de 25%, considerando-se o preço internacional da gasolina a US\$ 35/barril.

A Tabela 11 mostra o efeito total dos dois fatores destacados acima no cenário básico, evidenciando uma tendência crescente do saldo total até 1991/92 e uma piora subsequente. O fator responsável por esta redução no saldo é o alto crescimento das importações de bens agrícolas no período para atender à demanda.

TABELA 11

Simulação da balança comercial¹ de produtos agrícolas e substituição dos derivados no cenário básico

Itens	Períodos										Taxa anual de cresci- mento (%)
	1981/82	1983/84	1985/86	1987/88	1989/90	1991/92	1993/94	1995/96	(Em US\$ milhões de 1984)		
<i>Produtos agrícolas</i>											
a) Exportação	9.894	10.964	11.672	12.642	12.565	12.785	13.090	13.139	13.139	13.139	2,0
b) Importação	740	824	897	927	937	1.079	3.553	7.436	7.436	7.436	17,9
c) (a—b)	9.154	10.140	10.775	11.715	11.719	11.706	9.537	5.703	5.703	5.703	—3,3
<i>Substituição de derivados de petróleo por álcool</i>											
d) Hidratado	276,2	592,0	800,7	1.001,6	1.218,1	1.473,7	1.761,9	2.049,6	2.049,6	2.049,6	15,4
e) Anidro	348,4	481,8	471,6	482,4	521,5	685,9	683,1	822,5	822,5	822,5	6,3
f) Subtotal (d+e)	624,6	1.073,8	1.272,3	1.484,0	1.739,6	2.060,6	2.445,0	2.872,5	2.872,5	2.872,5	11,5
Saldo total (c+f)	9.778,5	11.213,8	12.047,3	13.199,0	13.458,6	13.766,6	11.982,0	8.575,5	8.575,5	8.575,5	—

FONTE: IPEA — Modelo de Biomassa.
 1Valores anuais correspondentes à média dos dois anos dos respectivos períodos

As exportações de produtos agrícolas são praticamente estáveis, com um crescimento da ordem de 2,0% ao ano, enquanto que a substituição de derivados de petróleo apresenta uma contribuição que cresce à taxa de 11,5% ao ano.

As comparações abaixo são, entretanto, incompletas porque não incluem efeitos indiretos, como, por exemplo, as diferenças nas importações de óleo diesel e de fertilizantes e defensivos entre os cenários. Além disto, nunca é demais lembrar que o modelo não é uma descrição completa da agricultura do país e que, ademais, não inclui o cacau, um item importante de exportação.

O saldo nos outros cenários (calculado de maneira análoga à Tabela 11) situa-se na faixa de US\$ 10 bilhões e tem comportamento bastante similar ao do cenário básico, como pode ser visto na Tabela 12.

A explicação heurística para a pequena variância destes saldos é que, em todos os cenários, o crescimento das exportações é praticamente o mesmo, porque os principais itens da pauta de exportações têm sua receita limitada exogenamente e porque os aumentos na produção de álcool entre os cenários são compensados por aumentos nas importações de alimentos.

A Tabela 13 detalha, por sua vez, as importações simuladas, mostrando que crescem aceleradamente nos períodos finais as importações de carne e de leite, sendo assim as principais responsáveis pela redução apresentada após 1992 nos saldos da balança comercial. Por exemplo, no período 1995/96 as importações variam de US\$ 6.052 milhões no cenário sem PROÁLCOOL até US\$ 8.103 milhões no cenário auto-suficiente.

A comparação dos cenários básico e normativo indica que as ineficiências impostas pela localização não ideal das destilarias do Programa teve um impacto negativo acumulado na balança comercial de cerca de US\$ 1,6 bilhão no período 1981/96. Este valor é relativamente pequeno e pode estar sendo compensado por outros benefícios da localização atual que não são captados pelo modelo.

A comparação dos cenários básico e sem PROÁLCOOL mostra um impacto positivo do Programa sobre o balanço de pagamentos do país da ordem de US\$ 500 milhões (de 1984) anuais. Este impacto aumenta no cenário auto-suficiente, onde se intensifica a produção e o uso de álcool carburante. Isto indica que a expansão do Programa seria vantajosa do ponto de vista do saldo comercial, apesar dos outros impactos já discutidos.

A Tabela 14 mostra as exportações de álcool nos quatro cenários e confirma que o desenvolvimento da oferta no ritmo previsto atualmente levará a um excedente com relação à nossa projeção de demanda. Para este produto, o valor de excedente corresponde, grosso modo, ao valor exportado no cenário básico, que varia de US\$ 160 milhões anuais em 1983/84 a US\$ 352 milhões anuais em 1993/94, porque o preço de exportação é muito baixo, o que elimina exportações discricionárias.

No cenário auto-suficiente, o excedente desaparece mais cedo (a partir de 1991/92) porque o modelo se comporta racionalmente e atrasa a insta-

TABELA 12

Comparação do saldo na balança comercial nos cenários considerados

(Em US\$ milhões de 1984)

Cenários	Períodos										Total
	1981/82	1983/84	1985/86	1987/88	1989/90	1991/92	1993/94	1995/96			
Básico	9.778,5	11.213,8	12.047,3	13.199,0	13.458,6	13.766,6	11.982,0	8.575,5			188.042,6
Normativo	9.684,1	11.161,3	12.065,9	13.349,8	13.735,9	13.880,0	11.791,1	9.160,9			189.676,0
Sem PROÁLCOOL	9.700,6	10.747,5	11.610,6	12.540,0	13.020,0	13.145,3	11.029,9	8.301,3			180.190,4
Auto-suficiente	9.793,7	11.211,8	12.134,4	13.458,0	13.950,6	14.032,1	12.169,5	9.229,0			192.018,2

FONTE: IPEA - Modelo de Biomassa.

TABELA 13

Simulação do valor das importações¹ de produtos agropecuários nos cenários considerados

Cenários	Produtos	Períodos										Taxa anual de cresci- mento (%)		
		1981/82	1983/84	1985/86	1987/88	1989/90	1991/92	1993/94	1995/96					
Básico	Carne	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Leite	118	141	130	74	—	—	—	—	—	—	2.185	5.626	—
	Trigo	622	683	766	853	937	1.017	1.090	1.215	1.090	1.215	1.090	1.215	12,1
	Mamona	—	—	—	—	—	47	67	11	67	11	67	11	4,9
	Total	740	824	896	927	937	1.080	3.554	7.437	7.437	7.437	7.437	7.437	17,9
Normativo	Leite	104	139	121	77	—	—	—	—	—	—	86	431	6,4
	Trigo	659	716	795	884	968	1.047	1.121	1.188	1.121	1.188	1.121	1.188	4,3
	Mamona	—	—	—	—	—	5	67	—	67	—	67	—	—
	Total	763	855	916	961	968	1.052	1.274	1.619	1.619	1.619	1.619	1.619	17,1
Sem PROÁLCOOL	Carne	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Leite	107	139	124	85	—	—	—	—	—	—	1.408	4.514	—
	Trigo	644	705	788	884	970	1.053	1.129	1.199	1.129	1.199	1.129	1.199	8,2
	Mamona	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	67	16	4,5
	Total	751	844	912	969	970	1.053	2.652	6.052	6.052	6.052	6.052	6.052	16,1
Auto-suficiente	Leite	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Carne	118	142	130	73	—	—	—	—	—	—	2.624	6.208	—
	Trigo	622	683	766	851	934	1.013	1.084	1.240	1.013	1.084	1.240	1.240	13,0
	Mamona	—	—	—	—	—	51	—	—	51	—	—	—	3,1
	Total	740	825	896	924	934	1.079	4.045	8.103	8.103	8.103	8.103	8.103	18,6

FONTE: IPEA — Modelo de Biomassa.

¹Valores anuais correspondentes às médias dos dois anos dos respectivos períodos.

TABELA 14

Exportações de álcool

(Em US\$ 1.000 de 1984)

Cenários	Períodos							Total
	1981/82	1983/84	1985/86	1987/88	1989/90	1991/92	1993/94	
Básico	55.844	160.324	187.572	219.566	256.898	300.490	351.656	1.532.347
Normativo	...	14.942	...	...	...	...	...	14.942
Sem PROÁLCOOL	...	41.018	...	...	...	...	...	41.018
Auto-suficiente	66.216	160.324	187.572	219.566	256.893	8.672	...	899.244

FONTE: IPEA — Modelo de Biomassa.

lação da capacidade de destilação requerida para atender à penetração do álcool em outros mercados, utilizando primeiro a folga de capacidade do cenário básico.

Devemos observar aqui que o modelo não permite que se estoque álcool de um período para outro, o que é equivalente a considerá-lo perecível. Uma extensão natural, mas não muito informativa, do modelo seria permitir estocagem limitada, a um custo dado. Neste caso, ele poderia optar entre exportar e estocar e, se escolhesse a segunda alternativa, a existência do excedente se verificaria por um período ainda mais longo que o mencionado acima.

Nos outros dois cenários, onde a oferta não é condicionada, não há exportações sistemáticas de álcool, como seria de se esperar, dados os parâmetros de custo de produção e preço de exportação.

4 — Conclusões e recomendações

O modelo aqui apresentado foi concebido com o propósito geral de avaliar os principais aspectos econômicos do PROÁLCOOL e seus impactos no setor agropecuário e nos demais setores da economia. Mais especificamente, os objetivos foram: indicar a alocação ótima da produção agrícola, em diferentes regiões do país, sujeita às restrições relevantes; avaliar o impacto do PROÁLCOOL no deslocamento temporal e espacial de culturas de consumo interno, exportáveis e energéticas; quantificar o efeito do programa comercial; e estimar os custos envolvidos na produção de álcool. Os resultados aqui apresentados referem-se ao estudo de quatro diferentes cenários de produção e uso de álcool carburante:

a) no primeiro, chamado de cenário básico, considera-se uma projeção da demanda de álcool compatível com a evolução recente do

PROÁLCOOL, e são incorporados valores mínimos de produção de cana-de-açúcar nas regiões para as quais se dispõe hoje de destilarias implantadas ou com sua implantação já aprovada;

b) no segundo cenário, chamado de normativo, mantém-se os valores de demanda de álcool considerados no caso básico, mas deixa a alocação da produção ser feita livremente pelo modelo, sem impor os limites considerados no caso anterior; e

c) nos dois outros cenários, chamados de sem PROÁLCOOL e auto-suficiente, consideram-se hipóteses mais extremas para a evolução da demanda de álcool: no cenário sem PROÁLCOOL, supõe-se que o Programa não tenha sido implantado como tal, mantendo-se uma demanda de álcool carburante apenas para a mistura na gasolina; e, no cenário auto-suficiente, supõe-se uma taxa mais acelerada de crescimento da demanda, definida para o ano de 1993 — segundo estudos recentes de auto-suficiência energética do Ministério das Minas e Energia (1984) — em 19,3 bilhões de litros, correspondente a uma expansão da utilização do álcool em outros usos automotivos, tais como transporte de carga.

Os principais resultados do modelo mostram uma razoável aderência com a realidade observada nas safras agrícolas de 1984 e 1985, o que, até certo ponto, pode ser considerado surpreendente, pois evidencia um comportamento otimizador global e racional dos diversos agentes econômicos envolvidos. A maior ou menor expansão da área ocupada com cana-de-açúcar, conforme os diferentes cenários estudados, parece não afetar o desempenho das principais culturas de consumo interno e exportáveis, que praticamente mantêm as mesmas taxas anuais de crescimento. Por outro lado, independentemente dos cenários analisados, observa-se que a cana-de-açúcar tende a evoluir para regiões mais afastadas dos centros consumidores, após esgotar as áreas tradicionais.

Os resultados mostram que o PROÁLCOOL não induz custos domésticos substanciais na forma de elevação de preços dos produtos agrícolas e do próprio álcool. O valor encontrado para o limite do custo marginal social do álcool no período considerado corresponde aproximadamente a US\$ 89 por barril equivalente de gasolina. Enfatizamos que este valor é o preço-sombra do álcool (em dólares de novembro de 1984), correspondendo, portanto, ao custo do álcool produzido na região *menos* favorável, e *não* é seu custo médio no país. Comparando-se os custos marginais de álcool para as demais regiões de consumo, verifica-se, como era esperado, a tendência do modelo no sentido de equiparar estes valores, sendo a diferença remanescente creditada apenas aos custos de transporte entre elas. Esta equiparação processa-se endogenamente ao modelo, principalmente através do ajuste do preço-sombra da terra, que reflete, no horizonte da análise, o valor de compra para a sociedade de uma unidade adicional de terra.

Convém enfatizar que a estrutura de preços relativos utilizada neste estudo refere-se ao ano de 1978, sendo mantida inalterada nas análises realizadas. Além disso, o desenvolvimento tecnológico, tanto na fase agrí-

cola, quanto na fase industrial, não é captado pelo modelo, pois os coeficientes tecnológicos são mantidos fixos.

A viabilidade econômica do PROÁLCOOL fica na dependência da continuidade da evolução favorável da eficiência com que opera cada produtor, bem como da trajetória futura do preço internacional de petróleo. Admitindo-se uma contínua queda nos custos reais de produção do álcool (ou, na pior das hipóteses, que eles se mantenham constantes), e que o preço do petróleo no mercado internacional retome o seu crescimento, o álcool carburante tenderá a viabilizar-se, podendo tornar-se um substituto competitivo em relação aos derivados de petróleo.²⁰

Com relação ao impacto na balança comercial, dois aspectos podem ser destacados: o efeito na importação e na exportação de produtos agropecuários e a redução de importações de petróleo devido à substituição de seus derivados por álcool. Comparando-se os cenários básico e sem PROÁLCOOL, pode-se concluir que o impacto do Programa na balança comercial é positivo, variando de cerca de US\$ 500 milhões em 1983/84 a quase US\$ 1 bilhão anuais em 1993/94 (dólares de novembro de 1984).

Para os quatro cenários estudados, o efeito total dos dois fatores mencionados acima mostra uma tendência crescente do saldo total em todos os casos até 1991/92 e uma piora subsequente. O fator responsável por esta redução no saldo, que aparece independentemente do PROÁLCOOL, é o alto crescimento das importações de bens agrícolas no período, indicando a necessidade de melhoria da produtividade agropecuária por unidade de área em algumas regiões, para que a demanda interna possa ser atendida.

O modelo como se encontra hoje considera os preços relativos referentes ao ano-base de 1978, não incorporando desta maneira as mudanças devidas aos sucessivos choques (segundo choque do petróleo, aumento dos juros, maxidesvalorizações, retiradas de subsídios, variações nos termos de troca, etc.). Conseqüentemente, um dos objetivos da continuidade da pesquisa no futuro deverá ser o de analisar o impacto provocado por essa mudança dos preços. Outra preocupação será aprimorar os dados relativos à atividade pecuária, cuja imprecisão certamente afetou o custo de produção doméstica destes produtos, reduzindo possivelmente sua competitividade frente às importações.

Abstract

The general objective of this paper is an evaluation of the Brazilian National Alcohol Programme (PROALCOOL) and its economic impacts. To this end, a dynamic linear programming model, was developed to examine how the spatial and temporal distribution of agricultural products would take place due to the Programme, the "social cost" of alcohol production, and the direct impact in the country's balance of trade.

²⁰ Para idêntica argumentação, ver Borges (1984).

The major results of the model shows that the PROALCOOL is not responsible for substantial domestic costs in the form of rising prices for agricultural products and for alcohol, and the impact on the balance of trade is positive and is around US\$ 500 millions in the 1983/94 period. The marginal cost of alcohol has shown to be very high, estimated at US\$ 89.00 per equivalent barrel of gasoline in the 1987/96 period, and the economic feasibility of the Programme depends on the continuity of a favorable evolution of the efficiency of each producer, as well as the future path of international oil prices.

Bibliografia

- AMARAL, Cicely M., BARROS, Geraldo S. C., e AMARAL, Vera B. Pressões de demanda sobre a agricultura brasileira. *Estudos Econômicos*, São Paulo, 13 (2) :309-22, maio/ago. 1983.
- BARROS, J. R. M. de, FERREIRA, L. R., YAMAGUSHI, C. T., MORICCHI, L., e TOSCANO, G. Agricultura e produção de energia: avaliação do custo da matéria-prima para produção de álcool. *Revista de Economia Rural*, Brasília, 21 (4) :439-69, out./dez. 1983.
- BARROS, Ricardo P. de, e FERREIRA, Silvério S. *Um modelo econométrico para a demanda de gasolina pelos automóveis de passeio*. Rio de Janeiro, IPEA/INPES, 1982 (Documento Preliminar do Grupo de Energia, 7).
- BORGES, Júlio M. M. *Desenvolvimento econômico, política energética e álcool*. São Paulo, 1980. Mimeo. [Trabalho apresentado no Simpósio Internacional sobre Tecnologia do Alcool como Combustível, 4. Guarujá, 1980.]
- . Oferta e custos de produção do álcool no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA, 3. Rio de Janeiro, 1984. *Anais...* Rio de Janeiro, UFRJ/COPPE, 1984, v. 4.
- CENAL. *PROALCOOL: avaliação social de projetos*. Brasília, ago. 1983 (Estudos Sócio-Econômicos).
- CONTADOR, Cláudio R. *Avaliação social de projetos*. São Paulo, Atlas, 1981.
- IBGE. *Divisão do Brasil em microrregiões homogêneas: 1968*. Rio de Janeiro, 1970.
- . *Censo agropecuário: Brasil*. Rio de Janeiro, 1979 (Censos Econômicos de 1975. Série Nacional, 1).
- . *Levantamento sistemático da produção agrícola*. Rio de Janeiro, 1985.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE ECONOMIA. *Preços pagos pelos agricultores*. Rio de Janeiro, Fundação Getulio Vargas, abr. 1979.

- JUDGE, G. G., DAY, R. H., JOHNSON, S. R., RAUSSER, G. C., and MARTIN, L. R. Quantitative methods in agricultural economics literature, 1940s to 1970s. In: MARTIN, Lee R., ed. *A survey of agricultural economics literature*. St. Paul, University of Minnesota Press, 1977.
- LIND, R. C., et alii. *Discounting for time and risk in energy policy*. Washington, Resources for the Future, 1982.
- MELO, Fernando B. H. de, e PELIN, Eli R. *As soluções energéticas e a economia brasileira*. São Paulo, Hucitec, 1984 (Economia e Planejamento. Série Teses e Pesquisas).
- MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. *Avaliação do Programa Nacional do Alcool, 1981/82*. Brasília, 1983, 2 v.
- . *Auto-suficiência energética: um cenário de extensão ao modelo energético brasileiro*. Brasília, 1984.
- MORETTI, Vasco A. *Demand for Brazilian frozen concentrated orange juice exports*. Gainesville, University of Florida, 1978 (Tese de Mestrado).
- MOTTA, Ronaldo S. da. *Alcohol as fuel: a cost-benefit study of the Brazilian National Alcohol Programme*. London, University of London, 1985 (Ph.D. Dissertation).
- NAÇÕES UNIDAS. *Statistical yearbook, 1979/80*. New York, 1981.
- RAMOS, Lauro R. A. *Cenários de demanda de derivados de petróleo*. Rio de Janeiro, IPEA/INPES, 1983 (Texto para Discussão do Grupo de Energia, 16).
- RAY, Anandarup. *Cost-benefit analysis: issues and methodologies*. Baltimore, The John Hopkins University Press, 1984.
- RODRIGUES, A. J. P., e ARAÚJO, J. L. R. H. Limites ao papel do álcool na política energética. In: ROSA, L. P., ed. *Energia e crise*. Petrópolis, Vozes, 1984.
- TOURINHO, Octávio A. F., FERREIRA, Léo R., e PIMENTEL, Ruderico F. *Agricultura e produção de energia: um modelo de programação linear para a avaliação econômica do PROALCOOL*. Rio de Janeiro, IPEA/INPES, 1985 (Texto para Discussão do Grupo de Energia, 30).

(Originais recebidos em abril de 1986. Revisos em janeiro de 1987.)