INSTITUTO DE PLANEJAMENTO ECONÔMICO E SOCIAL

IPEA/INPES
Serv de
Documentação

DOCUMENTO PRELIMINAR
GRUPO DE ENERGIA
Nº 3

"Agricultura e Produção de Energia: Avaliação do Custo de Matéria-Prima para Produção de Álcool".

Equipe IPEA/IPT

Janeiro de 1982

IPEA 03_82

Agricultura e produçao de energia : avaliaçao do custo da ma
RJF0470/85 IPEA - RJ

IPEA

IPEA
INSTITUTO DE PLANEJAMENTO
ECONÔMICO E SOCIAL
Serviço de Documentação
F No. 470
Data 05 / 06 / 85

IPEA INSTITUTO DE PLANEJAMENTO ECONÔMICO E SOCIAL

IPEA / INPES / GRUPO DE ENERGIA

AGRICULTURA E PRODUÇÃO DE ENERGIA: AVALIAÇÃO DO CUSTO DA MATÉRIA-PRIMA PARA PRODUÇÃO DE ÁLCOOL

José Roberto Mendonça de Barros (IPT)

Léo da Rocha Ferreira (IPEA)

Caio T. Yamaguishi (IPT)

Luiz Moricochi (IPT)

Gabriela Toscano (IPT)

IPEA/INPES
Serv. de
Documentação

S U M Á R I O

APRESENTAÇÃO Pág.

1. INTRODUÇÃO 1

2. METODOLOGIA 4

3. RESULTADOS 9

3.1. Considerações Preliminares 9

3.2. São Paulo 12

3.3. Paraná 18

3.4. Minas Gerais 21

3.5. Mato Grosso do Sul 24

3.6. Rio de Janeiro 34

3.7. Região Centro-Sul 37

4. IMPLICAÇÕES 51

IPEA/INPES Serv. de Documentação

A formulação e elaboração desta pesquisa foi produto de inúmeras discussões e sugestões de diversos colegas. Gostaríamos de registrar o apoio e a colaboração de Luiz Paulo Rosenberg, Ibraim Eris, Ricardo Luis Santiago e Sérgio Margulis (do IPEA), Aloísio P. Araujo, Jack Schechtman, José A. Scheinkman e Sérgio Granville (do IMPA) e Augusto Cesar M. Soares (do IPT). Também agradecemos a Félix Caputo (do IPEA) e Celia Regina Costa(do IPT), pela boa vontade de colaboração com a coleta de dados e os cálculos estatísticos. Contudo, a responsabilidade do conteúdo é, evidentemente, de inteira responsabilidade dos autores.

IPEA/INPES
Serv. de
Documentação

APRESENTAÇÃO

A presente versão preliminar consiste em uma avaliação do custo da matéria-prima para a produção de álcool. A essência desta pesquisa está na aplicação de um modelo extremamente simples de programação linear objetivando identificar o custo associado à expansão da cana-de-açúcar em cada região dos Estados considerados.

Obviamente, em se tratando de uma pesquisa piloto ela apresenta uma série de limitações que são discutidas mais adiante. Entretanto, o seu grande mérito, além dos resultados preliminares, foi fornecer subsídios a uma pesquisa maior, em fase de realização, onde a avaliação do programa de biomassas vem sendo feita de modo mais abrangente, incluindo elementos até então não considerados. Desta forma, esta pesquisa serviu de base para uma avaliação dinâmica e em maior escala de programas de utilização de biomassas como fontes alternativas de energia. Tais programas em geral fixam metas de substituição de parte da demanda de derivados de petróleo por produtos tais como álcool, óleos vegetais, carvão vegetal, lenha, etc. A substituição destas demandas implica não somente os custos da produção, de implementação e operação de destilarias, de transporte dos insumos até as destilarias e daí até os centros consumidores, como também os custos econômicos decorrentes de deslocamento de culturas tradicionais, com seus reflexos no atendimento do mercado interno, bem como no balanço de pagamentos. Tais reflexos dependerão essencialmente da relação de preços dos produtos tradicionais, localização e custos de insumos tais como mão-de-obra, fertilizantes, utilização de máquinas, etc.

IPEA/INPES Serv. de Doc.

1 - INTRODUÇÃO

A crise do petróleo iniciada em 1973 vem impondo a necessidade de uma nova orientação para o problema geral de energia, fazendo com que o planejamento atenda a uma nova realidade, de forma a buscar soluções mais compatíveis com a nossa dotação de recursos, ou seja, baseada em fontes renováveis de energia.

Em relação à crise energética, uma das preocupações do setor agrícola é a de contribuir para a substituição dos derivados do petróleo - através da produção de matéria-prima para produção de fontes não convencionais de energia (biomassa) - destinados principalmente aos setores de transporte, à indústria e à própria agricultura. Os principais produtos petrolíferos consumidos por esses três setores são a gasolina, o óleo combustível e o óleo diesel, que somados representam cerca de 85% do consumo total de derivados do petróleo.

Entre os diversos métodos existentes de avaliação de custos, optamos por modelos de programação em decorrência da necessidade de mudanças muito grandes nos níveis e sistemas de produção agropecuária para atingir qualquer programa expressivo de substituição dos derivados do petróleo.

Diversas razões nos levaram a adotar, como principal instrumento de análise, a programação matemática, que é uma técnica bem desenvolvida, tanto em seus aspectos teóricos como aplicados, incorporando, simultaneamente, preços de insumos e produtos, disponibilidade de recursos e tecnologia, ao mesmo tempo que permite um alto grau de desagregação, assim como a análise paramétrica e a simulação, baseadas em tecnologia potencial e

IPEA/INPES Serv. de Documentação

em diferentes funções objetivas como mudanças nos níveis de preços.

O caso específico a ser aqui tratado é o de avaliar a cana-de-açúcar, principal matéria-prima do álcool, como insumo na substituição da gasolina e de outros derivados do petróleo. Certamente esta política está embutida em um contexto maior, qual seja, a substituição de importações, principalmente considerando-se a vulnerabilidade do País quanto àquele produto e sua atual situação no mercado internacional. Saliente-se, ainda, que a adoção de novas fontes energéticas insere-se tanto dentro de um planejamento de reformulação da estrutura de oferta quanto do consumo energético.

Nesta avaliação, um dos principais pontos de análise consiste na estimativa do custo de oferta da cana-de-açúcar, visando a atender às metas do programa de produção de álcool nos próximos anos, porque admite-se que num curto horizonte de tempo, ou seja, o ano de 1985 como primeira meta fixada pelo PRO-ÁLCOOL, apenas o álcool da cana-de-açúcar seria capaz de responder às necessidades imediatas.

O modelo escolhido permite estimar o custo em termos de produção alternativa para atender à demanda de álcool, bem como especificar o impacto deste programa em variáveis cruciais como a produção de alimentos, de exportáveis, alocação de recursos, etc.

O modelo utilizado para as diversas regiões dos Estados considerados incorpora o melhor conhecimento econômico e agronômico sobre o assunto disponível na literatura especializada e nas principais fontes estatísticas brasileiras, ao mesmo tempo em que leva em consideração limitações de computação e de

IPEA/INPES Serv. de Documentação

dados. Deve-se observar que técnicas quantitativas como a programação somente se tornam úteis na medida em que são complementadas por conhecimentos factuais da questão em estudo.

Os Estados considerados foram São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Paraná, os quais, no conjunto, foram responsáveis por 60% da produção brasileira de cana-de-açúcar, que em 1978, segundo a FIBGE, correspondeu a 129 milhões de toneladas.[1]

---

[1]Os Estados de Pernambuco e Alagoas, embora considerados no estudo, não foram incluídos nesta versão, em decorrência do tratamento diferenciado adotado em relação aos Estados do Sul, tendo em vista suas peculiaridades regionais. Para maiores detalhes, ver o trabalho original: Convênio IPEA/IPT. Agricultura e Produção de Energia: avaliação do custo da matéria-prima para a produção de álcool. Relatório Final, 1981 - 145 p.

IPEA/INPES Serv. de Documentação

2 - METODOLOGIA

A essência deste trabalho consiste na aplicação de um modelo simples de programação linear onde se buscou saber qual o custo associado à expansão da cana-de-açúcar em cada região dos Estados considerados. Este custo possui dois componentes básicos: o custo de produção da cana-de-açúcar propriamente dito e o custo de oportunidade de sua expansão, medido como a renda líquida das culturas que se deixa de produzir pela expansão da atividade canavieira.

Estabeleceram-se modelos de programação linear de período único para as diversas regiões de cada Estado, elaborados de modo a incluir o sistema de produção existente e suas mudanças potenciais dentro do horizonte da análise, a tecnologia usual e as limitações de terras aptas para a cana-de-açúcar. Supôs-se que os mercados de produto e insumo são perfeitamente competitivos e que os preços e expectativas de rendimento são valores específicos, correspondentes ao ano de 1978, considerado um ano "normal".[2]

O modelo utilizado representa um sistema de produção composto por $n + 1$ produtos, produzidos por m fatores de produção mais a terra, em condições de custos constantes.[3] O objeti

---

[2] Tomou-se como referência básica o ano agrícola de 1977/78, devido à disponibilidade de dados já publicados e criticados e justamente pelo fato de essa grande disponibilidade de informações existir para o Estado de São Paulo, que foi tomado como modelo para a fixação de critérios e metodologia de uso de informações para todo o estudo. Entretanto, para cada Estado posteriormente estudado foram feitos os ajustes necessários, seguindo-se as especificidades regionais e adequando-se os dados disponíveis.

[3] Para a determinação dos custos de oportunidade com o plantio da cana-de-açúcar, foram analisadas as áreas de produção e produtividade de cada cultura, no Estado, nos últimos anos. A partir daí pôde-se definir sistemas de produção que incluíam as principais atividades da lavoura que competiam em área com a cultura de cana-de-açúcar.

vo é maximizar a renda líquida da agricultura em cada região dos Estados considerados, sujeita a restrições específicas.

Dado o horizonte da análise, ao se delimitar as áreas aptas para a cana-de-açúcar excluiu-se as áreas com culturas permanentes (café e laranja, especificamente). O preço da cana-de-açúcar foi omitido no modelo, ou seja, considerou-se igual a zero, em decorrência do fato de o principal objetivo da pesquisa ser o de avaliar o custo de oportunidade da expansão da lavoura canavieira. Outras restrições consideradas foram a fixação de uma produção mínima de cana-de-açúcar, de alimentos e de pecuária.

Ressaltando essas considerações, o modelo foi especificado com a seguinte formulação:

$$\text{Max} \sum_{j=1}^{n+1} \left[p_j \, r_j - \sum_{i=1}^{m} q_i \, y_{ij} \right] x_j \qquad (1)$$

sujeita a:

$$\sum_{j=1}^{n+1} x_j \leq L \qquad (2)$$

$$x_j \geq \bar{A}_j \quad \text{para} \quad \begin{array}{l} j = n+1, \ \bar{A}_j = \bar{C} \\ j = 5, \ \bar{A}_j = \bar{P} \\ j \geq 6, \ \bar{A}_j = 0 \\ \bar{A}_j \geq 0, \ \forall_j \end{array} \qquad (3)$$

onde:

$x = (x_1, \ldots, x_{n+1})$ é um vetor de produção em hectares e a coordenada x_1 denota a quantidade de arroz, x_2 a quantidade de feijão, x_3 a quantidade de mandioca, x_4 a quantidade de milho, x_5 a quantidade de pastagem e x_{n+1} a quantidade de cana-de-açúcar;

$p = (p_1, \ldots, p_{n+1})$ é um vetor de preços medidos em cruzeiros associados a todos os produtos, sendo o preço da cana-de-açúcar igual a zero ($p_{n+1} = 0$);

$r = (r_1, \ldots, r_{n+1})$ é um vetor de produtividade por hectare associada a todos os produtos;

Y = é uma matriz com elemento geral y_{ij}, que denota o insumo i utilizado por hectare associado ao produto j;

$q = (q_1, \ldots, q_m)$ é um vetor de preços medidos em cruzeiros associados a todos os insumos;

L = é a disponibilidade de terras em hectares, ecologicamente aptas para o cultivo da cana-de-açúcar e das demais culturas consideradas;

$\bar{C}$ = é a área mínima de cana-de-açúcar em hectares;

$\bar{A} = (\bar{A}_1, \ldots, \bar{A}_4)$ é um vetor de área mínima de alimentos em hectares (arroz, feijão, mandioca e milho); e

$\bar{P}$ = é a área mínima de pastagem em hectares.

Os estudos que utilizam técnicas de programação geram uma grande quantidade de informações que podem ser úteis na tomada de decisões sobre diferentes aspectos da política econômica. Entretanto, como qualquer outra metodologia, a programação

matemática tem limitações, bem examinadas na literatura,[4] que precisam ser reconhecidas, devendo-se atentar especialmente para os dados e o processo de elaboração do modelo.

Os dados utilizados para medir os coeficientes técnicos e as limitações de recursos foram obtidos das mais variadas fontes, dentre as quais podemos citar principalmente os órgãos de pesquisa agronômica ligados às Secretarias Estaduais de Agricultura, o Serviço de Extensão Agrícola dos Estados, as Comissões Estaduais de Planejamento Agrícola, o Instituto do Açúcar e do Álcool, as Associações de Plantadores de Cana-de-Açúcar, a Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (FIBGE) e outras. Contudo, dada a natureza dos objetivos deste estudo, fizeram-se necessários alguns ajustamentos, como, por exemplo, dados os nossos objetivos e o horizonte analítico do estudo, as restrições de capital e mão-de-obra, que foram praticamente ignoradas. Por outro lado, os sistemas de produção em várias regiões foram enriquecidos pela consideração explícita de novas atividades que, ainda que inexistentes ou pouco expressivas em 1978, são potencialmente comerciais. A razão desta inclusão é que ao longo do período de expansão da cana-de-açúcar novas formas de competição poderão ser estabelecidas, tais como as culturas de algodão, soja e amendoim.

---

[4] Ver Saul I. Gass, Linear Programming: Methods and Applications (4ª ed.; Nova York: McGraw-Hill, 1975); William J.Baumol, Economic Theory and Operations Analysis (Englewood Cliffs,N.J.: Prentice-Hall, 1972); Earl O. Heady e W. Candler, Linear Programming Methods (Ames: The Iowa State University Press, 1969); e G. Hadley, Linear Programming (Reading, Mass.: Addison-Wesley Publ. Co., 1963).

Nenhuma tentativa foi feita para introduzir interações entre regiões em um Estado, ou inter-relações entre Estados, que permitiriam a determinação endógena da situação de equilíbrio. Dada a estrutura do modelo, nenhuma conclusão ou consideração pode ser feita com relação à concentração de propriedades agrícolas, estrutura fundiária e características de oferta dos empresários agrícolas.

Com referência às restrições em cada região, estabeleceu-se um limite inferior para a produção de alimentos devido ao autoconsumo e outras considerações de ordem não econômica. Também considerou-se no modelo uma imposição mínima de produção de cana-de-açúcar, bem como um limite na possível redução da pecuária, em decorrência dos investimentos existentes e o horizonte da análise. Finalmente, a aptidão ecológica de todas as culturas dos diversos sistemas de produção foi explicitamente considerada, introduzindo-se limites à sua expansão, quando necessário.

3 - RESULTADOS[5]

3.1 - Considerações Preliminares

A avaliação do custo de oportunidade da produção de cana-de-açúcar, efetuada neste trabalho através de um modelo estático de programação linear, mostra resultados que sugerem a possibilidade de regionalização da produção. Antes de se passar à discussão dos resultados obtidos, alguns esclarecimentos se fazem necessários:

a) a pesquisa foi desenvolvida por Estados e, dentro de cada um deles, por regiões para obtenção de resultados desagregados;

b) os resultados referem-se a custos de oportunidade da produção adicional de cana-de-açúcar, tendo como base o ano de 1978 e o horizonte de 1985; e

c) os parâmetros considerados no trabalho foram:

- rendimento agrícola de cana-de-açúcar - média dos últimos anos em cada Estado;
- conversão de cana-de-açúcar em açúcar - 90 quilos de açúcar por tonelada de cana;
- conversão de cana-de-açúcar em álcool - 65 litros por tonelada de cana; e
- equivalente barril de álcool - admitiu-se um rendimento inferior a 20% para o álcool em relação à gasolina, trabalhando-se assim com um equiva-

---

[5] O leitor interessado no processo de obtenção dos dados e procedimentos adotados deverá consultar o Capítulo 3 do trabalho original: Convênio IPEA/IPT. Agricultura e Produção de Energia..., op.cit.

lente de 191 litros de álcool para 1 barril de 159 litros de gasolina.

Para se ter uma idéia da evolução do PROÁLCOOL nos últimos anos, a Tabela 3.1 apresenta as estatísticas básicas, tendo como marco de referência a situação observada em 1978. Na primeira coluna registra-se a área cultivada com cana-de-açúcar (ano agrícola de 1977/78) por Estado, totalizando 1,56 milhão de hectares para os cinco Estados da região Centro-Sul do País, enquanto na coluna seguinte o $\bar{C}$ representa a área "imposta" com cultivo de cana-de-açúcar visando à consecução da meta do PROÁLCOOL em 1985.[6]

A rigor, os 3,7 milhões de hectares adicionais de cultivo de cana-de-açúcar seriam mais que suficientes para ultrapassar a meta de 10,7 bilhões de litros de álcool. Contudo, impôs-se um patamar de custos de oportunidade mais elevado em cada Estado, de modo a melhor caracterizar os problemas de regionalização de cultura de cana-de-açúcar.

Prevalecendo os níveis de produção de açúcar da safra açucareira de 1978/79 e, em conseqüência, a produção de álcool (colunas 3 e 4), a adição de 11 a 13 bilhões de litros de álcool (dependendo do rendimento agrícola e industrial), provenientes dos 3,7 milhões de hectares, possibilitará uma oferta total superior ao limite preestabelecido pelo PROÁLCOOL para 1985.

Dada uma idéia do que seja a dimensão do PROÁLCOOL e admitindo que a participação dos cinco Estados considerados se-

---

[6] Um eventual atraso nas metas do PROÁLCOOL não afetará os resultados obtidos.

TABELA 3.1

ÁREA ATUAL COM CANA-DE-AÇÚCAR, $\overline{C}$, E PRODUÇÃO DE AÇÚCAR E ÁLCOOL PARA OS ESTADOS DE SÃO PAULO, PARANÁ, MINAS GERAIS, MATO GROSSO DO SUL E RIO DE JANEIRO

ESTADOS	ÁREA ATUAL COM CANA-DE-AÇÚCAR - ANO AGRÍCOLA DE 1977/78 (1.000 ha)	$\overline{C}$ (1.000 ha)	PRODUÇÃO DE AÇÚCAR - SAFRA COMERCIAL DE 1978/79 (1.000 t)	PRODUÇÃO DE ÁLCOOL - SAFRA COMERCIAL DE 1978/79 (1.000.000 ℓ)
São Paulo	1 146,5	1 856	3 194,3	1 812,4
Paraná	45,2	432	204,1	67,7
Minas Gerais	180,8	620	396,4	47,8
Mato Grosso do Sul	3,7	500	...	...
Rio de Janeiro	187,8	301	568,2	132,9
Total	1 564,0	3 709	4 363,1	2 060,8

FONTES: FIBGE E IAA.

ja a mais relevante, passaremos a discutir os resultados, Estado por Estado.

3.2 - São Paulo

A participação do Estado de São Paulo na produção total de álcool está estipulada entre 50 e 70% do PROÁLCOOL. Para uma produção de 1,8 bilhão de litros obtidos na safra comercial de 1978/79 seria necessária, portanto, uma produção adicional de 3,35 a 5,69 bilhões de litros, faixa esta que se deve à possibilidade de variação dos rendimentos agrícolas e industriais.[7]

Para o Estado de São Paulo trabalhou-se com um $\overline{C}$ total de 1,856 milhão de hectares, o que proporcionaria uma produção adicional de 5,74 bilhões de litros de álcool. Esse dimensionamento de área de cana-de-açúcar no modelo ($\overline{C}$) resultou em custos de oportunidade que variaram de Cr$ 127,93 até Cr$ 219,56 por tonelada (Tabela 3.2).[8] A partir de 29 regiões analisadas, obtiveram-se 47 custos de oportunidade, em conseqüência de se ter conseguido mais de um custo de oportunidade em algumas regiões, identificando-se através de I, II ou III os distintos segmentos encontrados em cada região. Como a restrição $\overline{C}$ pode substituir uma ou mais atividades do sistema em competição, neste caso ter-se-ia um ou mais custos de oportunidade, pois este

---

[7]Essa variação pode ser explicada pela obtenção de 2.800 a 3.400 litros de álcool por hectare de cana-de-açúcar, o que é facilmente justificável com variações nos rendimentos agrícolas tomados de 45 a 50 toneladas por hectare/ano e rendimentos industriais de 62 a 68 litros de álcool por tonelada de cana.

[8]Todos os resultados estão dados em cruzeiros de 1978.

TABELA 3.2

CUSTO DE OPORTUNIDADE DE IMPLANTAÇÃO DO PROÁLCOOL NO ESTADO DE SÃO PAULO

REGIÕES	CUSTO DE OPORTUNIDADE (Cr$/ha)	RENDIMENTO (t/ha)	CUSTO DE OPORTUNIDADE (Cr$/t)
1) Jaú	6.452,88	50,44	127,93
2) Bauru I	6.093,28	46,25	131,75
3) Jaboticabal I	5.965,04	44,77	133,24
4) Catanduva	7.895,94	58,28	135,48
5) Araraquara I	7.697,49	54,11	142,26
6) São Joaquim da Barra	8.401,00	58,24	144,25
7) São Carlos	6.994,08	47,86	146,14
8) Ribeirão Preto I	8.249,89	56,30	146,53
9) Bauru II	6.914,67	46,25	149,51
10) Marília I	7.789,59	51,81	150,35
11) Ituverava I	7.379,17	48,72	151,46
12) Assis I	7.496,00	49,43	151,65
13) Marília II	7.924,04	51,81	152,94
14) Assis II	7.701,38	49,43	155,80
15) Assis III	7.987,43	49,43	161,51
16) Jaboticabal II	7.338,31	44,77	163,91
17) Lins	7.905,64	48,23	163,91
18) Araraquara II	8.910,54	54,11	164,67
19) São José do Rio Preto	7.410,47	44,92	164,97
20) Ourinhos	8.691,12	52,41	165,83
21) Araçatuba	7.543,12	44,91	167,96
22) Votuporanga I	7.556,15	44,92	168,21
23) Botucatu I	8.369,83	49,28	169,84
24) Adamantina I	7.676,96	44,91	170,94
25) Jales	7.680,01	44,91	171,05
26) Presidente Prudente I	7.721,59	44,91	171,93
27) Adamantina II	7.806,70	44,91	173,83
28) Presidente Prudente II	7.824,79	44,91	174,23
29) Limeira I	8.926,81	51,04	174,90
30) Andradina I	7.888,91	44,91	175,66
31) Oswaldo Cruz I	8.033,34	44,91	178,88
32) Botucatu II	8.880,57	49,28	180,21
33) Presidente Venceslau I	8.174,84	44,91	182,03
34) Votuporanga II	8.182,91	44,92	182,17
35) Adamantina III	8.218,25	44,91	182,99
36) Barretos	8.233,06	44,91	183,32
37) Oswaldo Cruz II	8.234,59	44,91	183,36
38) Rio Claro	9.177,26	49,91	183,88
39) Presidente Venceslau II	8.333,91	44,91	185,57
40) Andradina II	8.341,47	44,91	185,74
41) Fernandópolis	8.359,55	44,91	186,18
42) Dracena	8.369,67	44,92	186,41
43) Ribeirão Preto II	10.824,62	56,30	192,27
44) Tupã	8.086,01	40,92	197,60
45) Ituverava II	9.673,21	48,72	198,55
46) Limeira II	10.825,58	51,04	212,10
47) Jaboticabal III	9.829,57	44,77	219,56

IPEA/INPES Serv. de Documentação

é resultante do custo da própria cana-de-açúcar mais a renda líquida que se perderia com a atividade substituída.

Considerando os parâmetros já especificados anteriormente, os 1,856 milhão de hectares - somatória do $\overline{C}$ para o Estado -,ter-se-ia uma produção correspondente a 88 milhões de toneladas de cana-de-açúcar e de 5,74 bilhões de litros de álcool (Tabela 3.3). O Gráfico 1 mostra a curva de oferta para o Estado de São Paulo, enquanto os custos em dólares de 1978 são apresentados na Tabela 3.4, onde se observa uma variação de US$ 20.82 até US$ 35.67 de matéria-prima por barril equivalente (191 litros de álcool).

O total de 5,74 bilhões de litros ou 30 milhões de barris equivalentes teria um custo médio ponderado de US$ 27.05 por barril. O primeiro bilhão de litros seria produzido a um custo de oportunidade ponderado de US$ 21.99 o barril, o segundo a US$ 23.47, o terceiro a aproximadamente US$ 24.65 e o quarto a US$ 25.43.

Numa hierarquização dos custos de oportunidade, observa-se que os mais baixos estão localizados em regiões onde hoje se tem uma canavicultura desenvolvida, sendo razoável que com a tecnologia agrícola mais ou menos dominada essa expansão de cana-de-açúcar esteja associada a custos unitários mais baixos. Segue-se uma nítida faixa de regiões onde se tem a substituição de pastagem e, por último, associados a custos bastante elevados, as regiões onde o grau de competitividade com atividades mais rentáveis é mais elevado.

TABELA 3.3

ÁREA E PRODUÇÃO ADICIONAL DE CANA-DE-AÇÚCAR E PRODUÇÃO ADICIONAL DE ÁLCOOL NO ESTADO DE SÃO PAULO

REGIÕES	ÁREA ADICIONAL DE CANA-DE-AÇÚCAR		PRODUÇÃO ADICIONAL DE CANA-DE-AÇÚCAR		PRODUÇÃO ADICIONAL DE ÁLCOOL	
	Região (ha)	Acumulado (ha)	Região (1.000 t)	Acumulado (1.000 t)	Região (1.000 ℓ)	Acumulado (1.000 ℓ)
1) Jaú	44 012	44 012	2 220	2 220	144 300	144 300
2) Bauru I	78 761	122 773	3 643	5 863	236 795	381 095
3) Jaboticabal I	25 480	148 253	1 141	7 004	74 165	455 260
4) Catanduva	76 268	224 521	4 445	11 449	288 925	744 185
5) Araraquara I	75 328	299 849	4 076	15 525	264 940	1 009 125
6) São Joaquim da Barra	43 766	343 615	2 549	18 074	165 685	1 174 810
7) São Carlos	25 245	368 860	1 208	19 282	78 520	1 253 330
8) Ribeirão Preto I	1 993	370 853	112	19 394	7 280	1 260 610
9) Bauru II	16 731	387 584	774	20 168	50 310	1 310 900
10) Marília I	20 000	407 584	1 036	21 204	67 340	1 378 260
11) Ituverava I	40 633	448 217	1 980	23 184	128 700	1 506 960
12) Assis I	27 390	475 607	1 354	24 538	88 010	1 594 970
13) Marília II	35 141	510 748	1 821	26 359	118 365	1 713 335
14) Assis II	33 930	544 678	1 677	28 036	109 005	1 822 340
15) Assis III	37 830	582 508	1 870	29 906	121 550	1 943 890
16) Jaboticabal II	41 490	623 998	1 858	31 764	120 770	2 064 660
17) Lins	67 212	691 210	3 242	35 006	210 730	2 275 390
18) Araraquara II	6 302	697 512	341	35 347	22 165	2 297 555
19) São José do Rio Preto	104 000	801 512	4 672	40 019	303 680	2 601 235
20) Ourinhos	62 985	864 497	3 301	43 320	214 565	2 815 800
21) Araçatuba	104 000	968 497	4 671	47 991	303 615	3 119 415
22) Votuporanga I	16 500	984 997	741	48 732	48 165	3 167 580
23) Botucatu I	4 982	989 979	245	48 977	15 925	3 183 505
24) Adamantina I	20 000	1 009 979	898	49 875	58 370	3 241 875
25) Jales	80 751	1 090 730	3 626	53 501	235 690	3 477 565
26) Presidente Prudente I	58 510	1 149 240	2 623	56 124	170 495	3 648 060
27) Adamantina II	22 620	1 171 860	1 016	57 140	66 040	3 714 100
28) Presidente Prudente II	45 490	1 217 350	2 043	59 183	132 795	3 846 895
29) Limeira I	20 000	1 237 350	1 021	60 204	66 365	3 913 260
30) Andradina I	15 655	1 253 005	703	60 907	45 695	3 958 955
31) Oswaldo Cruz I	20 000	1 273 005	898	61 805	58 370	4 017 325
32) Botucatu II	1 385	1 274 390	68	61 873	4 420	4 021 745
33) Presidente Venceslau I	20 000	1 294 390	898	62 771	58 370	4 080 115
34) Votuporanga II	55 652	1 350 042	2 500	65 271	162 500	4 242 615
35) Adamantina III	20 171	1 370 213	906	66 177	58 890	4 301 505
36) Barretos	45 206	1 415 419	2 030	68 207	131 950	4 433 455
37) Oswaldo Cruz II	14 413	1 429 832	647	68 854	42 055	4 475 510
38) Rio Claro	6 644	1 436 476	332	69 186	21 580	4 497 090
39) Presidente Venceslau II	84 000	1 520 476	3 772	72 958	245 180	4 742 270
40) Andradina II	88 345	1 608 821	3 968	76 926	257 920	5 000 190
41) Fernandópolis	64 771	1 673 592	2 909	79 835	189 085	5 189 275
42) Dracena	63 838	1 737 430	2 868	82 703	186 420	5 375 695
43) Ribeirão Preto II	1 397	1 738 827	79	82 782	5 135	5 380 830
44) Tupã	30 742	1 769 569	1 258	84 040	81 770	5 462 600
45) Ituverava II	19 651	1 789 220	957	84 997	62 205	5 524 805
46) Limeira II	48 525	1 837 745	2 477	87 474	161 005	5 685 810
47) Jaboticabal III	18 286	1 856 031	819	88 293	53 235	5 739 045

TABELA 3.4

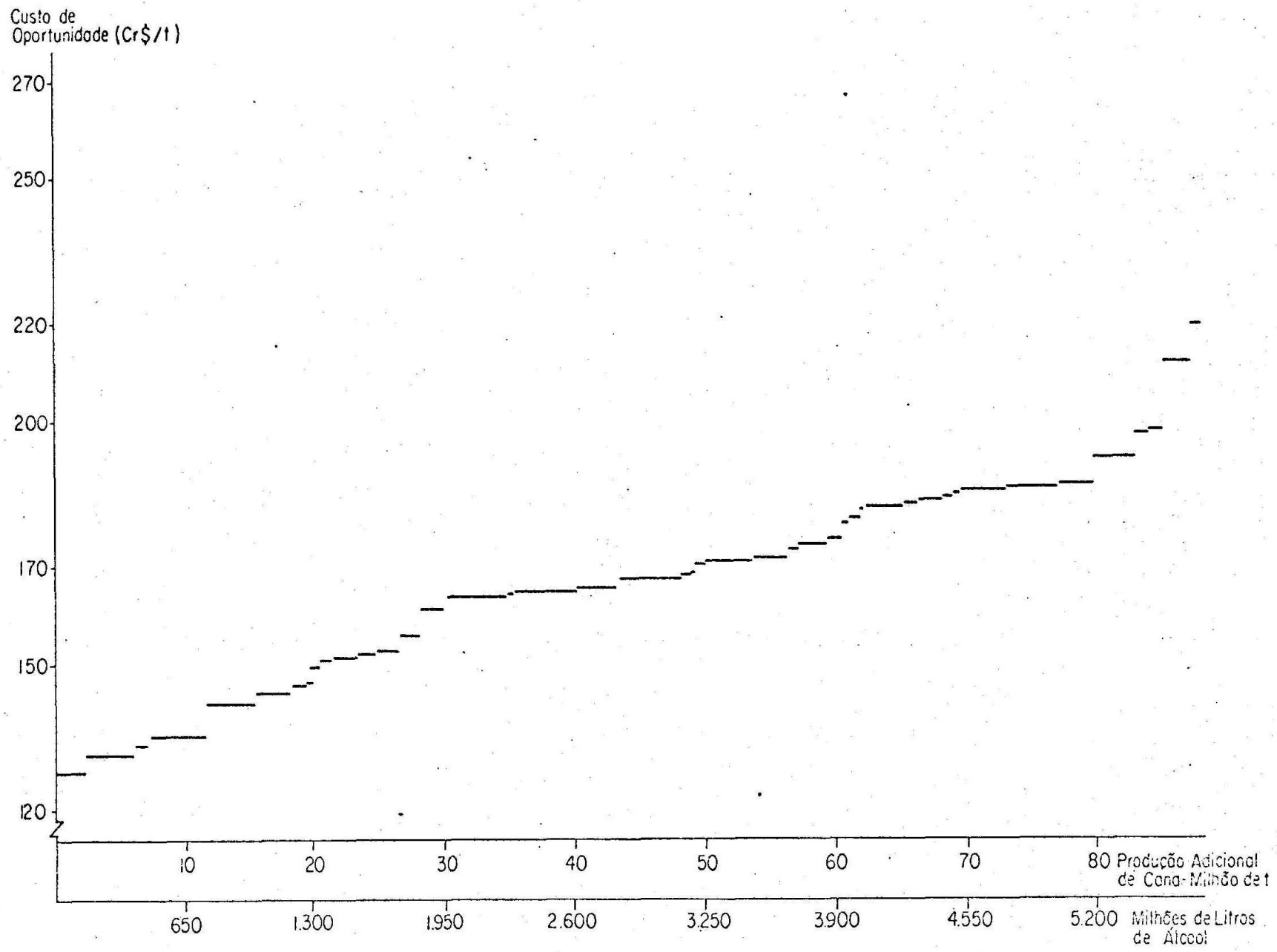
ESTIMATIVA DE CUSTO TOTAL DE MATÉRIA-PRIMA (CANA-DE-AÇÚCAR) EM EQUIVALENTE BARRIL DE ÁLCOOL NO ESTADO DE SÃO PAULO

	PRODUÇÃO ADICIONAL DE ÁLCOOL		CUSTO DE CANA-DE-AÇÚCAR EM EQUIVALENTE BARRIL*	
	Região (1.000 Barris)*	Acumulado	Região (US$/Barril)	Acumulado
1) Jaú	755	755	20,82	20,82
2) Bauru I	1 240	1 995	21,45	21,22
3) Jaboticabal I	388	2 383	21,69	21,29
4) Catanduva	1 513	3 896	22,03	21,58
5) Araraquara I	1 387	5 283	23,14	21,99
6) São Joaquim da Barra	867	6 150	23,48	22,20
7) São Carlos	411	6 561	23,78	22,30
8) Ribeirão Preto I	38	6 599	23,95	22,31
9) Bauru II	263	6 862	24,35	22,38
10) Marília I	353	7 215	24,43	22,45
11) Ituverava I	674	7 889	24,63	22,67
12) Assis I	461	8 350	24,66	22,78
13) Marília II	620	8 970	24,86	22,92
14) Assis II	571	9 541	25,33	23,07
15) Assis III	636	10 177	26,30	23,27
16) Jaboticabal II	632	10 809	26,67	23,47
17) Lins	1 103	11 912	26,67	23,76
18) Araraquara II	116	12 028	26,80	23,79
19) São José do Rio Preto	1 590	13 618	26,83	24,15
20) Ourinhos	1 123	14 741	26,99	24,36
21) Araçatuba	1 590	16 331	27,31	24,65
22) Votuporanga I	252	16 583	27,39	24,69
23) Botucatu I	83	16 666	27,81	24,71
24) Adamantina I	306	16 972	27,81	24,76
25) Jales	1 234	18 206	27,82	24,97
26) Presidente Prudente I	893	19 099	28,01	25,11
27) Adamantina II	346	19 445	28,25	25,17
28) Presidente Prudente II	695	20 140	28,35	25,28
29) Limeira I	347	20 487	28,48	25,33
30) Andradina I	239	20 726	28,61	25,37
31) Oswaldo Cruz I	306	21 032	29,07	25,43
32) Botucatu II	23	21 055	29,61	25,43
33) Presidente Venceslau I	306	21 361	29,58	25,49
34) Votuporanga II	851	22 212	29,62	25,65
35) Adamantina III	308	22 520	29,79	25,70
36) Barretos	691	23 211	29,82	25,83
37) Oswaldo Cruz II	220	23 431	29,87	25,87
38) Rio Claro	113	23 544	29,88	25,88
39) Presidente Venceslau II	1 284	24 828	30,18	26,11
40) Andradina II	1 350	26 178	30,22	26,32
41) Fernandópolis	990	27 168	30,28	26,46
42) Dracena	976	28 144	30,31	26,60
43) Ribeirão Preto II	27	28 171	31,00	26,60
44) Tupã	428	28 599	32,15	26,68
45) Ituverava II	326	28 925	32,28	26,75
46) Limeira II	843	29 768	34,50	26,97
47) Jaboticabal III	279	30 047	35,67	27,05

*Equivalente Barril: 159 x 1,2 = 191 ℓ de álcool; US$ = Cr$ 18,063 (média de 1978).

Gráfico 1

CURVA DE OFERTA DE ÁLCOOL PARA O ESTADO DE SÃO PAULO



3.3 - Paraná

Apesar de posicionamentos diferentes de especialistas de diversas áreas, o Estado do Paraná deverá ter como participação na meta do PROÁLCOOL um volume entre 1,0 a 1,3 bilhão de litros de álcool. O grau de incerteza torna-se maior ainda se se considerar que na safra comercial de 1978/79 produziu-se naquele Estado somente 68 milhões de litros de álcool. Como não podia deixar de ser, a maior discussão gira em torno do zoneamento da cana-de-açúcar, mas a impressão que se tem até o momento é de que há razoável expansão próxima às usinas hoje existentes (Jacarezinho e Londrina) e a noroeste do Estado, onde a competição seria fundamentalmente com a atividade pecuária.

A exemplo do Estado de São Paulo, o custo de oportunidade estimado variou bastante - desde Cr$ 139,59 até Cr$ 264,87 por tonelada. É importante registrar que os patamares mais altos dos custos de oportunidade foram alcançados no Estado do Paraná e que estes resultados estão fortemente associados ao grau de competitividade da agricultura praticada nas regiões de Assaí, Maringá, Campo Mourão e Apucarana (Tabela 3.5).

Ao se trabalhar com um total do $\overline{C}$ de 432 mil hectares, obter-se-ia 21 milhões de toneladas de cana-de-açúcar e, em conseqüência, 1,365 bilhão de litros de álcool adicionais (Tabela 3.6). Contudo, vale observar que, ao se situar uma meta estadual de 1,0 bilhão de litros, obter-se-ia matéria-prima a um custo de oportunidade médio ponderado próximo dos US$ 28 por equivalente barril de álcool.

TABELA 3.5

CUSTO DE OPORTUNIDADE DE IMPLANTAÇÃO DO PROÁLCOOL

NO ESTADO DO PARANÁ - 1978

REGIÕES	CUSTO DE OPORTUNIDADE (Cr$/ha)	RENDIMENTO (t/ha)	CUSTO DE OPORTUNIDADE (Cr$/ha)
1 - Londrina I	6 979,56	50,00	139,59
2 - Jacarezinho I	8 611,19	60,00	143,52
3 - Londrina II	7 741,64	50,00	154,83
4 - Umuarama I	7 557,40	45,00	167,94
5 - Jacarezinho II	10 136,67	60,00	168,94
6 - Paranavaí I	7 638,77	45,00	169,75
7 - Paranavaí II	8 334,59	45,00	185,21
8 - Umuarama II	8 419,19	45,00	187,09
9 - Campo Mourão I	8 720,19	45,00	193,78
10 - Assaí I	10 997,42	50,00	219,95
11 - Maringá	11 312,00	50,00	226,24
12 - Assaí II	12 479,65	50,00	249,59
13 - Campo Mourão II	11 683,75	45,00	259,64
14 - Apucarana	11 919,33	45,00	264,87

TABELA 3.6

ÁREA E PRODUÇÃO ADICIONAL DE CANA-DE-AÇÚCAR E PRODUÇÃO ADICIONAL DE ÁLCOOL - ESTADO DO PARANÁ, 1978

REGIÕES	ÁREA ADICIONAL DE CANA-DE-AÇÚCAR		PRODUÇÃO ADICIONAL DE CANA-DE-AÇÚCAR		PRODUÇÃO ADICIONAL DE ÁLCOOL	
	Região	Acumulado	Região	Acumulado	Região	Acumulado
	(ha)		(1 000 t)		(1 000 ℓ)	
1 - Londrina I	56 157	56 157	2 808	2 808	182 520	182 520
2 - Jacarezinho I	8 976	65 133	539	3 347	35 035	217 555
3 - Londrina II	9 843	74 976	492	3 839	31 980	249 535
4 - Umuarama I	42 017	116 993	1 891	5 730	122 915	372 450
5 - Jacarezinho II	39 024	156 017	2 341	8 071	152 165	524 615
6 - Paranavaí I	46 551	202 568	2 095	10 166	136 175	660 790
7 - Paranavaí II	31 449	234 017	1 415	11 581	91 975	752 765
8 - Umuarama II	35 983	270 000	1 619	13 200	105 235	858 000
9 - Campo Mourão I	25 739	295 739	1 158	14 358	75 270	933 270
10 - Assaí I	23 758	319 497	1 188	15 546	77 220	1 010 490
11 - Maringá	72 000	391 407	3 600	19 146	234 000	1 244 490
12 - Assaí II	6 242	397 739	312	19 458	20 280	1 264 770
13 - Campo Mourão II	4 261	402 000	192	19 650	12 480	1 277 250
14 - Apucarana	30 000	432 000	1 350	21 000	87 750	1 365 000

TABELA 3.7

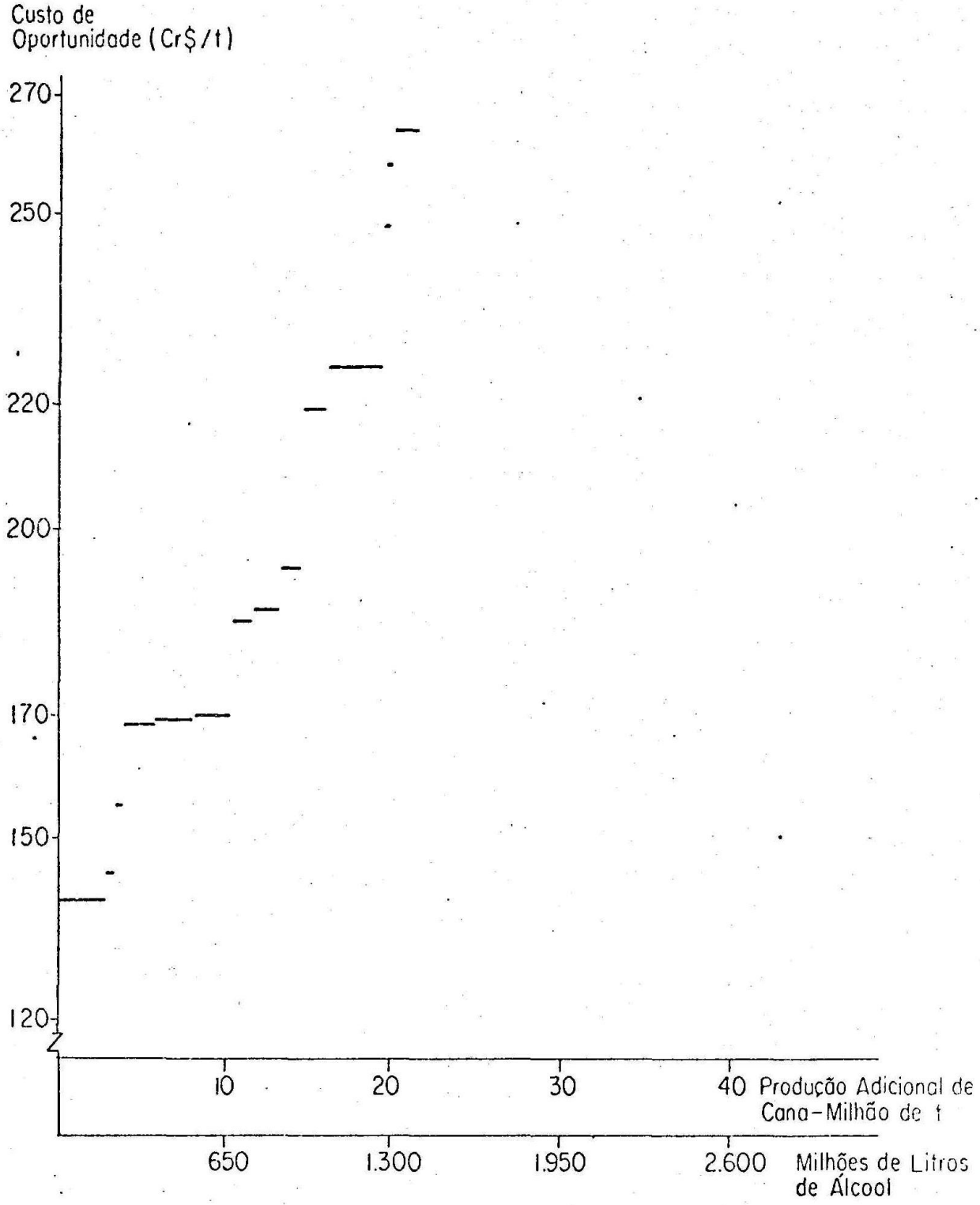
ESTIMATIVA DE CUSTO DE MATÉRIA-PRIMA (CANA-DE-AÇÚCAR) EM EQUIVALENTE BARRIL DE ÁLCOOL NO ESTADO DO PARANÁ - 1978

REGIÕES	PRODUÇÃO ADICIONAL DE ÁLCOOL (1 000 barris)*		CUSTO DA CANA-DE-AÇÚCAR OU EQUIVALENTE BARRIL (US$/barris)	
	Região	Acumulado	Região	Acumulado
1 - Londrina I	956	956	22.70	22.70
2 - Jacarezinho I	183	1 139	23.38	22.81
3 - Londrina II	167	1 306	25.26	23.12
4 - Umuarama I	644	1 950	27.30	24.50
5 - Jacarezinho II	797	2 747	27.48	25.36
6 - Paranavaí I	713	3 460	27.59	25.82
7 - Paranavaí II	482	3 942	30.14	26.35
8 - Umuarama II	551	4 493	30.44	26.85
9 - Campo Mourão I	394	4 887	32.62	27.32
10 - Assaí	404	5 291	35.79	27.96
11 - Maringá	1 225	6 516	36.81	29.63
12 - Assaí II	106	6 622	40.69	29.80
13 - Campo Mourão II	65	6 687	42.40	29.93
14 - Apucarana	459	7 146	43.13	30.77

*Equivalente Barril: 159 x 1,2 = 191 ℓ de álcool; US$ = Cr$ 18,063 (média de 1978).

Gráfico 2

CURVA DE OFERTA DE ÁLCOOL PARA O ESTADO DO PARANÁ



No custo médio de oportunidade abaixo de US$ 25 o barril equivalente, seria possível produzir cerca de 372 milhões de litros de álcool, localizados primordialmente nas regiões canavieiras tradicionais de Jacarezinho e Londrina. Entre US$ 30 e US$ 40 do custo marginal situar-se-iam as regiões localizadas a noroeste do Estado e as regiões menos competitivas do Norte Velho (Tabela 3.7). O Gráfico 2 ilustra a curva de oferta.

3.4 - Minas Gerais

A área cultivada com cana-de-açúcar no ano agrícola de 1977/78 foi de 180,8 mil hectares, o que resultou numa produção de 396 mil toneladas de açúcar e 47,8 milhões de litros de álcool.

A participação de Minas Gerais no PROÁLCOOL para 1985 seria da ordem de 1,5 bilhão de litros, que para ser atingida necessitaria de um razoável incremento na produção do Estado em todas as regiões aptas ao cultivo da cana-de-açúcar. Nesse sentido, a somatória do $\overline{C}$ foi dimensionada em 620 mil hectares, o que teoricamente possibilitaria a produção de 1,83 bilhão de litros de álcool distribuídos no Triângulo Mineiro, Sul de Minas e Zona da Mata.

Uma vez mais, a amplitude de variação dos custos de oportunidade encontrada para as diversas regiões do Estado foi relativamente grande, em função das características de cada uma delas. Os custos de oportunidade mais baixos foram encontrados nas localizadas no sul de Minas, vindo a seguir as tradicionais regiões produtoras da Zona da Mata, as pertencentes ao Triângulo

TABELA 3.8

CUSTO DE OPORTUNIDADE DE IMPLANTAÇÃO DO PROÁLCOOL NO ESTADO DE MINAS GERAIS

REGIÕES	CUSTO DE OPORTUNIDADE (Cr$/ha)	RENDIMENTO (t/ha)	CUSTO DE OPORTUNIDADE (Cr$/t)
1 - Formiga	5 695,92	45,00	126,58
2 - Passos	6 443,31	50,70	127,09
3 - Bom Despacho	5 950,00	45,00	132,22
4 - São Sebastião do Paraíso I	6 712,14	50,70	132,39
5 - Patos de Minas	6 023,40	45,00	133,85
6 - Ubá I	6 524,81	48,20	135,37
7 - Ponte Nova	6 501,83	47,40	137,17
8 - Uberaba	6 491,76	45,00	144,26
9 - Frutal	6 498,98	45,00	144,42
10 - Araxá I	6 541,25	45,00	145,36
11 - Araxá II	6 603,95	45,00	146,75
12 - Uberlândia I	6 630,73	45,00	147,35
13 - Governador Valadares I	6 421,10	43,00	149,33
14 - Patrocínio	6 846,00	45,00	152,13
15 - São Sebastião do Paraíso II	7 828,24	50,70	154,40
16 - Uberlândia II	6 984,78	45,00	155,22
17 - Viçosa	6 869,50	43,00	159,75
18 - Ubá II	7 746,36	48,20	160,71
19 - Caratinga	7 018,99	43,00	163,23
20 - Governador Valadares II	7 169,59	43,00	166,73
21 - Muriaé	7 701,88	43,00	179,11
22 - Aimorés	8 718,62	43,00	202,76

TABELA 3.9

ÁREA E PRODUÇÃO ADICIONAL DE CANA-DE-AÇÚCAR E PRODUÇÃO ADICIONAL DE ÁLCOOL - ESTADO DE MINAS GERAIS, 1978

REGIÕES	ÁREA ADICIONAL DE CANA-DE-AÇÚCAR		PRODUÇÃO ADICIONAL DE CANA-DE-AÇÚCAR		PRODUÇÃO ADICIONAL DE ÁLCOOL	
	Região	Acumulado	Região	Acumulado	Região	Acumulado
	(ha)		(1.000 t)		(1.000 ℓ)	
1 - Formiga	16 000	16 000	720	720	46 800	46 800
2 - Passos	50 000	66 000	2 535	3 255	164 775	211 575
3 - Bom Despacho	33 000	99 000	1 485	4 740	96 525	308 100
4 - São Sebastião do Paraíso I	7 549	106 549	383	5 123	24 895	332 995
5 - Patos de Minas	16 000	122 549	720	5 843	46 800	379 795
6 - Ubá I	7 560	130 109	364	6 207	23 660	403 455
7 - Ponte Nova	16 000	146 109	758	6 965	49 270	452 725
8 - Uberaba	60 000	206 109	2 700	9 665	175 500	628 225
9 - Frutal	120 000	326 109	5 400	15 065	351 000	979 225
10 - Araxá I	28 323	354 432	1 274	16 339	82 810	1 062 035
11 - Araxá II	4 677	359 109	210	16 549	13 650	1 075 685
12 - Uberlândia I	79 908	439 017	3 596	20 145	233 740	1 309 425
13 - Governador Valadares	14 144	453 161	608	20 753	39 520	1 348 945
14 - Patrocínio	60 000	513 161	2 700	23 453	175 500	1 524 445
15 - São Sebastião do Paraíso II	451	513 612	23	23 476	1 495	1 525 940
16 - Uberlândia II	40 092	553 704	1 804	25 280	117 260	1 643 200
17 - Viçosa	16 000	569 704	688	25 968	44 720	1 687 920
18 - Ubá II	8 440	578 144	407	26 375	26 455	1 714 375
19 - Caratinga	16 000	594 144	688	27 063	44 720	1 759 095
20 - Governador Valadares II	1 855	595 999	80	27 143	5 200	1 764 295
21 - Muriaé	8 000	603 999	344	27 487	22 360	1 786 655
22 - Aimorés	16 000	619 999	688	28 175	44 720	1 831 375

TABELA 3.10

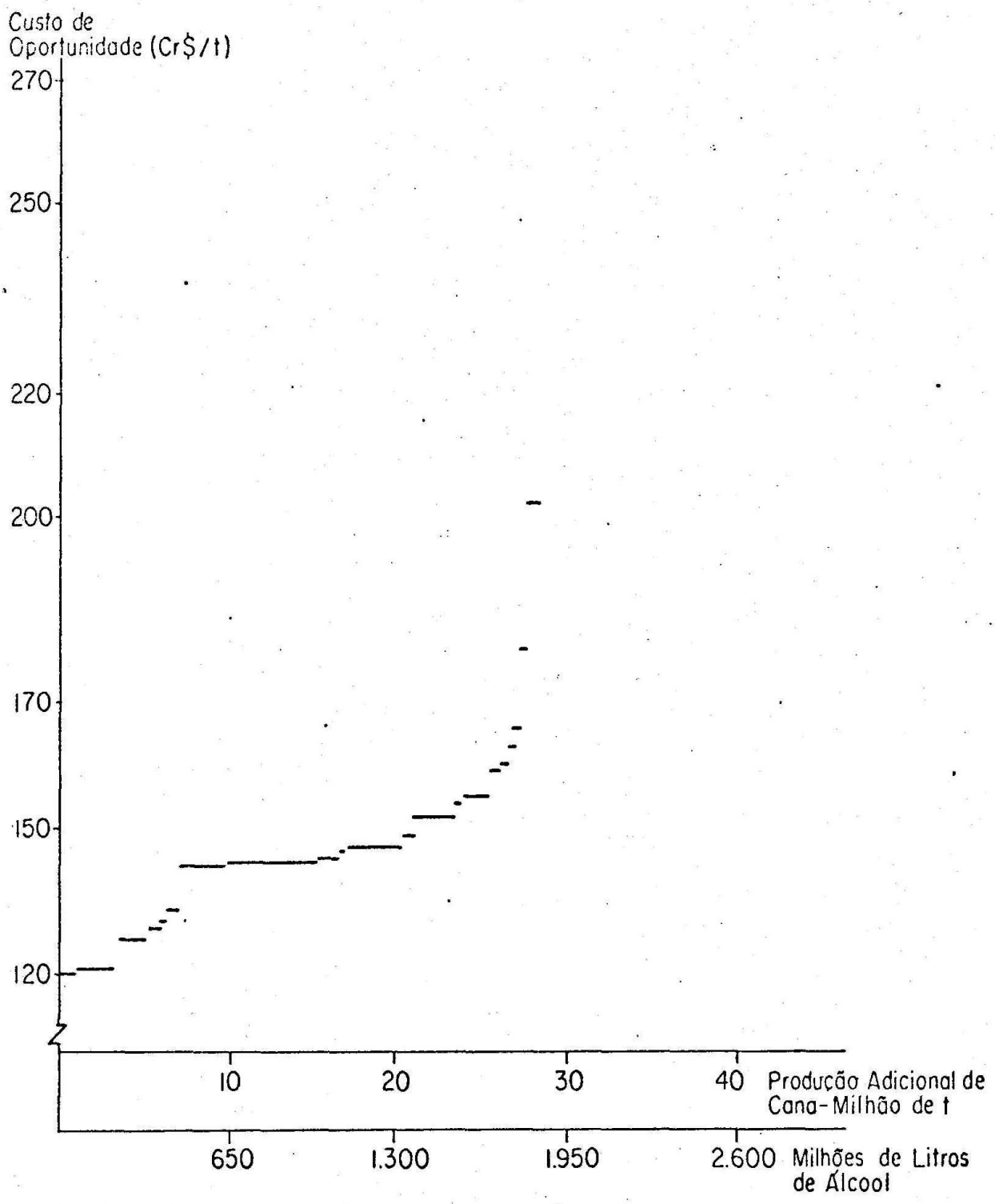
ESTIMATIVA DE CUSTO TOTAL DE MATÉRIA-PRIMA (CANA-DE-AÇÚCAR) EM EQUIVALENTE BARRIL DE ÁLCOOL NO ESTADO DE MINAS GERAIS - 1978

REGIÕES	PRODUÇÃO ADICIONAL DE ÁLCOOL		CUSTO DE CANA-DE-AÇÚCAR EM EQUIVALENTE BARRIL	
	Região (1.000 barris)*	Acumulado	Região US$/barril)	Acumulado
1 - Formiga	245	245	20.59	20.59
2 - Passos	863	1 108	20.67	20.65
3 - Bom Despacho	505	1 613	21.52	20.92
4 - São Sebastião do Paraíso I	130	1 743	21.58	20.97
5 - Patos de Minas	245	1 988	21.77	21.07
6 - Ubá I	123	2 112	22.19	21.14
7 - Ponte Nova	258	2 370	22.32	21.26
8 - Uberaba	919	3 289	23.46	21.87
9 - Frutal	1 837	5 127	23.47	22.44
10 - Araxá I	434	5 560	23.63	22.54
11 - Araxá II	71	5 632	23.87	22.56
12 - Uberlândia I	1 224	6 857	23.96	22.80
13 - Governador Valadares I	207	7 062	24.29	22.85
14 - Patrocínio	919	7 981	24.74	23.07
15 - São Sebastião do Paraíso II	8	7 989	25.12	23.07
16 - Uberlândia II	614	8 603	25.25	23.23
17 - Viçosa	234	8 837	26.00	23.30
18 - Ubá II	38	8 976	26.22	23.34
19 - Caratinga	234	9 210	26.57	23.43
20 - Governador Valadares II	27	9 237	27.26	23.44
21 - Muriaé	117	9 354	29.36	23.51
22 - Aimorés	234	9 588	33.00	23.74

*Equivalente Barril: 159 x 1,2 = 191 ℓ de álcool; US$ = Cr$ 18,063 (média de 1978).

Gráfico 3

CURVA DE OFERTA DE ÁLCOOL PARA O ESTADO DE MINAS GERAIS



Mineiro, que se situam numa posição intermediária, e por fim as da Zona da Mata, que ainda não têm a tradição do cultivo da cana-de-açúcar (Tabela 3.8).

Uma análise dos resultados apresentados nas Tabelas 3.9 e 3.10 mostra que para os primeiros 500 milhões de litros de álcool ter-se-ia um custo médio de oportunidade de matéria-prima de, aproximadamente, US$ 21.26 por barril equivalente de álcool, enquanto o 1º bilhão equivaleria a US$ 22.44 e a meta de 1,5 bilhão de litros de álcool seria alcançada com o custo médio de oportunidade de matéria-prima de US$ 23.07. Porém, na última unidade produzida representativa do custo marginal da região de Patrocínio já se teria um custo de oportunidade de US$ 24.74 por barril equivalente. No Gráfico 3 tem-se a ilustração da curva de oferta para Minas Gerais.

3.5 - Mato Grosso do Sul

Como é sabido, o Estado de Mato Grosso do Sul não tem tradição na produção de cana-de-açúcar, uma vez que no ano agrícola de 1977/78 apenas 3.700 hectares eram cultivados com essa gramínea. Porém, dadas as características de sua recente expansão agrícola, como, por exemplo, o espetacular incremento nas produções de arroz e soja, é de se esperar que haja uma participação efetiva no PROÁLCOOL.

As grandes dimensões territoriais de cada região considerada no Estado e as notícias recentes de implantação de uma destilaria autônoma de proporções gigantescas, aliadas ao fato de que a própria meta estadual a ser alcançada em 1985 não está aparentemente bem definida, fizeram com que, para os objetivos

da pesquisa, se trabalhasse um $\bar{C}$ de 100 mil hectares por região, o que totaliza 500 mil nas cinco regiões consideradas naquele Estado, proporcionando resultados para a produção acima de 1 bilhão de litros de álcool.[9]

Uma vez que existe certa homogeneidade no sistema de produção e que os custos envolvidos na implantação da cana-de-açúcar são semelhantes para as diversas regiões, obtiveram-se pequenas variações nos custos de oportunidade, que se situaram entre Cr$ 162,97 até Cr$ 170,29 por tonelada (Tabela 3.11).

Como é mostrado nas Tabelas 3.12 e 3.13, mesmo com sistemas de produção relativamente simples e homogêneos os resultados obtidos indicam que haveria a substituição de mais de uma atividade em cada região pela imposição de 100 mil hectares de cana-de-açúcar. Assim, os primeiros 500 milhões de litros seriam obtidos a um custo médio de oportunidade de US$ 26.71 por barril equivalente, substituindo a atividade menos rentável de cada região. Por sua vez, o primeiro bilhão de litros seria obtido a um nível de custo ponderado mais elevado, ou seja, de US$ 26.98 por barril equivalente de 191 litros de álcool, sendo que a última unidade produzida estaria por volta de US$ 27.40. A curva de oferta para o Estado de Mato Grosso do Sul é mostrada no Gráfico 4.

---

[9] As referências e as metas do PROÁLCOOL, tanto aqui quanto nas seções anteriores, são apenas indicativas, e não essenciais às conclusões do trabalho, dadas as hipóteses de custos constantes. Veja-se a seção 2 a respeito.

TABELA 3.11

CUSTO DE OPORTUNIDADE DE IMPLANTAÇÃO DO PROÁLCOOL NO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL - 1978

REGIÕES	CUSTO DE OPORTUNIDADE (Cr$/ha)	RENDIMENTO (t/ha)	CUSTO DE OPORTUNIDADE (Cr$/t)
1 - Campo Grande I	7 333,72	45,00	162,97
2 - Aquidauana I	7 354,67	45,00	163,44
3 - Cassilândia I	7 368,78	45,00	163,75
4 - Nova Andradina I	7 399,50	45,00	164,43
5 - Pedro Gomes I	7 422,96	45,00	164,95
6 - Campo Grande II	7 483,29	45,00	166,29
7 - Pedro Gomes II	7 527,70	45,00	167,28
8 - Cassilândia II	7 575,32	45,00	168,34
9 - Nova Andradina II	7 583,29	45,00	168,52
10 - Aquidauana II	7 596,82	45,00	168,82
11 - Nova Andradina III	7 663,02	45,00	170,29

TABELA 3.12

ÁREA E PRODUÇÃO ADICIONAL DE CANA-DE-AÇÚCAR E PRODUÇÃO ADICIONAL DE ÁLCOOL - ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL, 1978

REGIÕES	ÁREA ADICIONAL DE CANA-DE-AÇÚCAR		PRODUÇÃO ADICIONAL DE CANA-DE-AÇÚCAR		PRODUÇÃO ADICIONAL DE ÁLCOOL	
	Região	Acumulado	Região	Acumulado	Região	Acumulado
	(ha)		(1.000 t)		(1.000 ℓ)	
1 - Campo Grande I	45 800	45 800	2 061	2 061	133 965	133 965
2 - Aquidauana I	21 100	66 900	949	3 010	61 685	195 650
3 - Cassilândia I	12 400	79 300	558	3 568	36 270	231 920
4 - Nova Andradina I	22 100	101 400	994	4 562	64 610	296 530
5 - Pedro Gomes I	75 800	177 200	3 411	7 973	221 715	518 245
6 - Campo Grande II	54 200	231 400	2 439	10 412	158 535	676 780
7 - Pedro Gomes II	24 200	255 600	1 089	11 501	70 785	747 565
8 - Cassilândia II	87 600	343 200	3 942	15 443	256 230	1 003 795
9 - Nova Andradina II	22 900	366 100	1 030	16 473	66 950	1 070 745
10 - Aquidauana II	78 900	445 000	3 550	20 023	230 750	1 301 495
11 - Nova Andradina III	55 000	500 000	2 475	22 498	160 875	1 462 370

TABELA 3.13

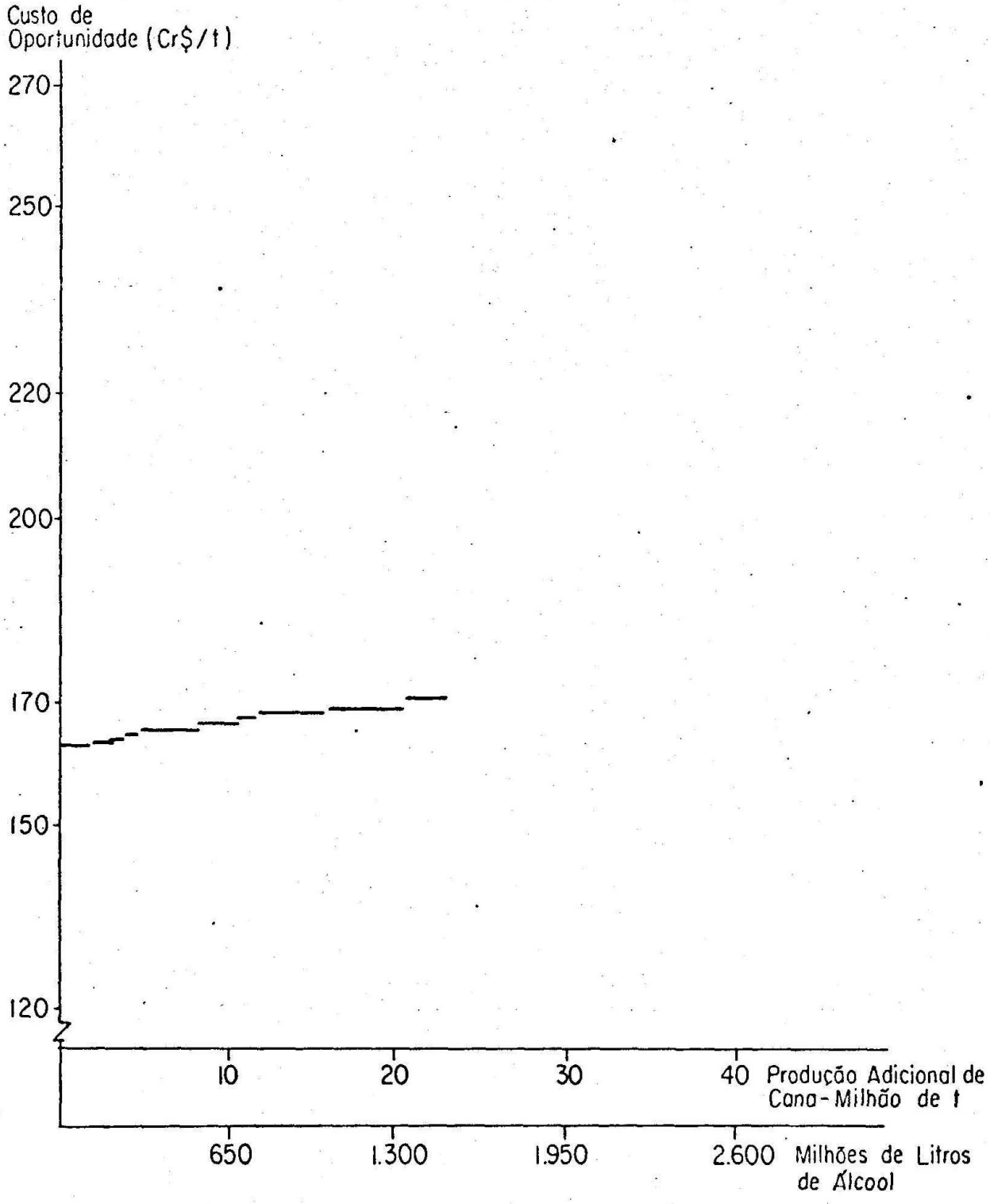
ESTIMATIVA DE CUSTO TOTAL DE MATÉRIA-PRIMA (CANA-DE-AÇÚCAR) EM EQUIVALENTE BARRIL DE ÁLCOOL NO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL - 1978

REGIÕES	CUSTO TOTAL DE CANA-DE-AÇÚCAR		PRODUÇÃO ADICIONAL DE ÁLCOOL		CUSTO DE CANA-DE-AÇÚCAR EM EQUIVALENTE BARRIL	
	Região (US$ 1.000)	Acumulado (US$ 1.000)	Região (1.000 barris)*	Acumulado (1.000 barris)*	Região (US$/barril)	Acumulado (US$/barril)
1 - Campo Grande I	18 595	18 595	701	701	26.53	26.53
2 - Aquidauana I	8 591	27 186	323	1 024	26.60	53.13
3 - Cassilândia I	5 059	32 245	190	1 214	26.63	79.76
4 - Nova Andradina I	9 053	41 298	338	1 552	26.78	106.54
5 - Pedro Gomes I	31 150	72 448	1 160	2 712	26.85	133.39
6 - Campo Grande II	22 454	94 902	830	3 542	27.05	160.44
7 - Pedro Gomes II	10 085	104 987	370	3 912	27.26	187.70
8 - Cassilândia II	36 738	141 725	1 341	5 253	27.40	215.10
9 - Nova Andradina II	9 614	151 339	350	5 603	27.47	242.57
10 - Aquidauana II	33 183	184 522	1 208	6 811	27.47	270.04
11 - Nova Andradina III	23 333	207 855	842	7 653	27.71	297.75

*Equivalente Barril: 159 x 1,2 = 191 ℓ de álcool; US$ = Cr$ 18,063 (média de 1978).

Gráfico 4

CURVA DE OFERTA DE ÁLCOOL PARA O ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL



IPEA/INPES
Serv. de
Documentação

3.6 - Rio de Janeiro

Como visto atrás, a expansão da cana-de-açúcar no Estado do Rio de Janeiro praticamente só seria possível pela ocupação das terras de Campos e regiões circunvizinhas. Mesmo trabalhando com dois modelos de custos de produção para a cana-de-açúcar - um para baixada e outro para região montanhosa - , os resultados de custos de oportunidade mostraram uma variação relativamente pequena (Tabela 3.14). Como era esperado, os custos de oportunidade mais baixos estavam associados à própria região de Campos, onde já é dominada a tecnologia de produção, enquanto nas áreas não tradicionais eles são substancialmente mais elevados. Entretanto, como a maior parte da disponibilidade de terras aptas para a cana-de-açúcar está na região tradicional, o custo médio do Estado como um todo aproxima-se muito daquele obtido para a região de Campos.

A capacidade de expansão da cana-de-açúcar ($\overline{C}$) estaria limitada a aproximadamente 300 mil hectares, o que daria para produzir adicionalmente cerca de 876 milhões de litros de álcool (Tabela 3.15), sendo que o último barril equivalente de álcool obter-se-ia a um custo de oportunidade de US$ 25.00, que é razoavelmente mais baixo que o de alguns outros Estados. Talvez isso possa ser explicado pela pequena remuneração auferida nas atividades consideradas competitivas nos sistemas de produção vigentes naquele Estado, além de uma tradição na produção de cana-de-açúcar, com grande apoio de pesquisa agronômica, principalmente na região de Campos, o que certamente contribui para o melhor desempenho da atividade canavieira.

Obteve-se uma média de US$ 20.23 para o custo de opor

TABELA 3.14

CUSTO DE OPORTUNIDADE DE CANA-DE-AÇÚCAR - ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 1978

REGIÕES	CUSTO DE OPORTUNIDADE POR HECTARE (Cr$/ha)	RENDIMENTO (t/ha)	CUSTO DE OPORTUNIDADE (Cr$/t)
1 - Açucareira de Campos I	5 513,18	45,36	121,54
2 - Açucareira de Campos II	5 570,77	45,36	122,81
3 - Açucareira de Campos III	5 612,46	45,36	123,73
4 - Cabo Frio	5 233,91	40,00	130,85
5 - Itaperuna	5 545,98	42,31	131,10
6 - Bacia de São João e Macacu	4 541,91	32,76	138,64
7 - Miracema I	4 669,01	32,76	142,52
8 - Miracema II	5 026,27	32,76	153,43
9 - Cantagalo	5 237,52	33,45	156,58

TABELA 3.15

ÁREA E PRODUÇÃO ADICIONAL DE CANA-DE-AÇÚCAR E PRODUÇÃO ADICIONAL DE ÁLCOOL - ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 1978

REGIÕES	ÁREA ADICIONAL DE CANA-DE-AÇÚCAR		PRODUÇÃO ADICIONAL DE CANA-DE-AÇÚCAR		PRODUÇÃO ADICIONAL DE ÁLCOOL	
	Região (ha)	Acumulado	Região (1.000 t)	Acumulado	Região (1.000 ℓ)	Acumulado
1 - Açucareira de Campos I	19 660	19 660	892	892	57 980	57 980
2 - Açucareira de Campos II	1 290	20 950	58	950	3 770	61 750
3 - Açucareira de Campos III	261 500	282 450	11 862	12 812	771 030	832 780
4 - Cabo Frio	3 218	285 668	129	12 941	8 385	841 165
5 - Itaperuna	3 556	289 224	150	13 091	9 750	850 915
6 - Bacia de São João e Macacu	1 865	291 089	61	13 152	3 965	854 880
7 - Miracema I	6 662	297 751	218	13 370	14 170	869 050
8 - Miracema II	1 697	299 448	55	13 425	3 575	872 625
9 - Cantagalo	1 725	301 173	58	13 483	3 770	876 395

TABELA 3.16

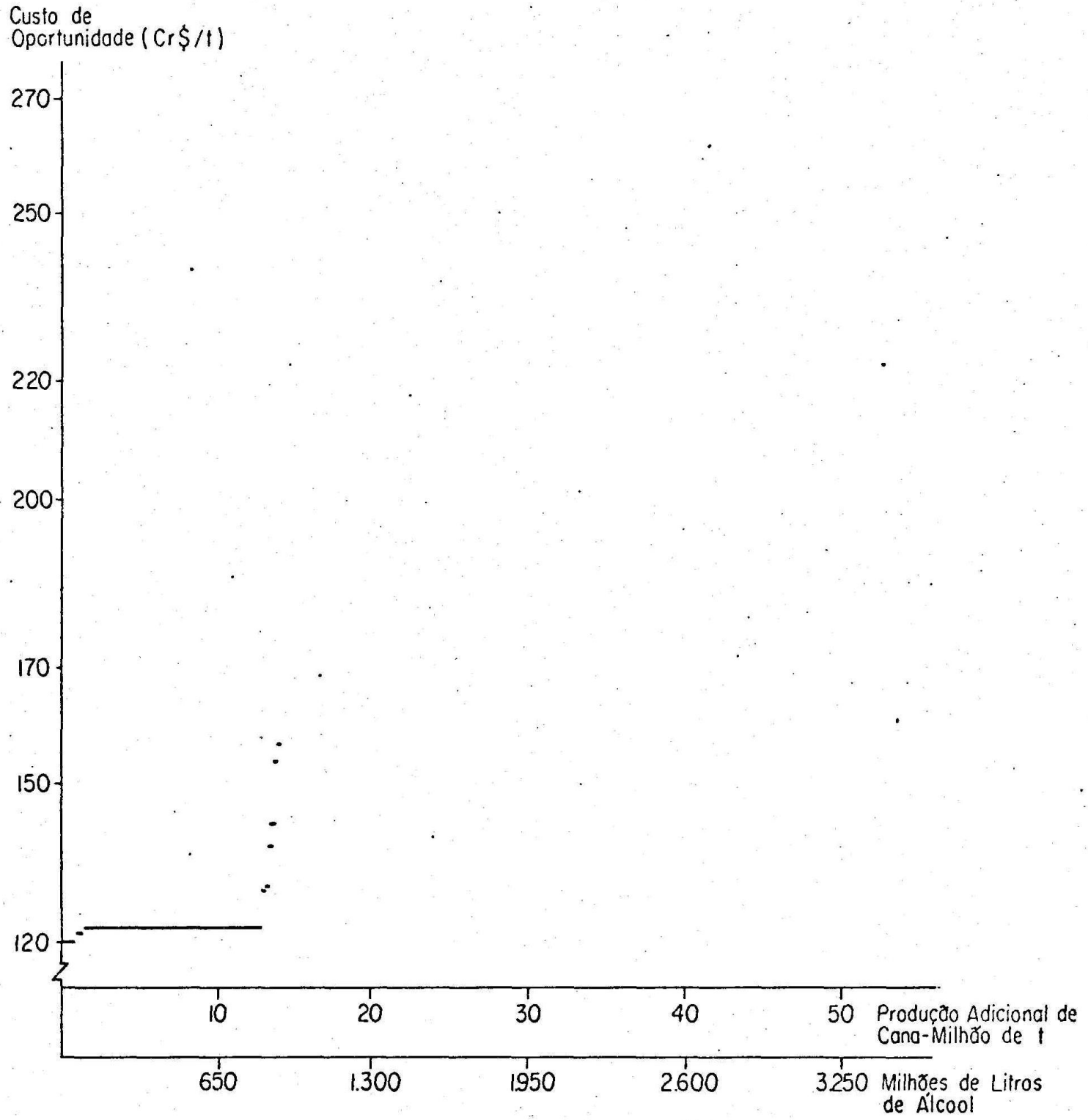
ESTIMATIVA DE CUSTO TOTAL DE MATÉRIA-PRIMA (CANA-DE-AÇÚCAR) EM EQUIVALENTE BARRIL DE ÁLCOOL NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO - 1978

REGIÕES	PRODUÇÃO ADICIONAL DE ÁLCOOL (1.000 barris)*		CUSTO DE CANA-DE-AÇÚCAR EM EQUIVALENTE BARRIL (US$/barril)	
	Região	Acumulado	Região	Acumulado
1 - Açucareira de Campos I	303	303	19.80	19.80
2 - Açucareira de Campos II	20	323	19.90	19.81
3 - Açucareira de Campos III	4 037	4 360	20.13	20.10
4 - Cabo Frio	44	4 404	21.18	20.11
5 - Itaperuna	51	4 455	21.41	20.13
6 - Bacia de São João e Macacu	21	4 476	22.33	20.14
7 - Miracema I	74	4 550	23.27	20.19
8 - Miracema II	19	4 569	24.84	20.21
9 - Cantagalo	20	4 589	25.00	20.23

*Equivalente Barril: 159 x 1,2 = 191 ℓ de álcool; US$ = Cr$ 18,063 (média de 1978).

Gráfico 5

CURVA DE OFERTA DE ÁLCOOL PARA O ESTADO DO RIO DE JANEIRO



tunidade na produção de matéria-prima por barril equivalente de álcool (Tabela 3.16). Os resultados conseguidos no Estado do Rio de Janeiro estão sintetizados no Gráfico 5, onde pode ser visualizada a predominância do seguimento representativo da região de Campos.

3.7 - Região Centro-Sul

Os resultados da pesquisa sugerem a incorporação de uma área adicional de cana-de-açúcar razoavelmente grande a partir de 1978. A observação de como teria evoluído o cultivo da cana-de-açúcar e a produção de álcool nos anos recentes torna mais interessante a análise dos dados obtidos no presente estudo.

Como o lançamento do PROÁLCOOL ocorreu em 1975 com maior participação de São Paulo, serão analisados basicamente os dados desse Estado, face à disponibilidade de dados e ao conhecimento factual. Segundo o Instituto de Economia Agrícola, a partir de uma área cultivada com cana-de-açúcar de 802 mil hectares em 1974/75, houve uma expansão de 43% em três anos, chegando-se a 1.146,5 mil hectares em 1977/78, período em que também se verificou, como é mostrado nas Tabelas 3.17 e 3.18, um razoável incremento na produção de açúcar e álcool no Estado.

Para que fosse possível a produção de 1,81 bilhão de litros de álcool na safra comercial de 1978/79 (correspondente ao processamento da cana-de-açúcar do ano agrícola de 1977/78), houve uma contração substancial na produção de açúcar, em parte devida às baixas cotações no mercado internacional, mas no ano seguinte (correspondente ao ano agrícola de 1978/79) verificou-

TABELA 3.17

PRODUÇÃO DE AÇÚCAR PARA OS ESTADOS DE SÃO PAULO, MINAS GERAIS, PARANÁ, RIO DE JANEIRO E MATO GROSSO DO SUL - SAFRA DE 1976/77

(em 1.000 sacas de 60 kg)

ESTADOS	1976/77	1977/78	1978/79	1979/80
São Paulo	59 394	68 312	53 239	45 940
Minas Gerais	4 739	7 251	6 607	...
Paraná	3 036	3 507	3 402	...
Rio de Janeiro	6 439	9 813	9 470	...
Mato Grosso do Sul*	...	...	...	...
Subtotal	73 608	88 883	72 718	...
Brasil	120 137	138 460	122 374	110 750

FONTE: IAA.

*O desmembramento de Mato Grosso do Sul ocorreu em 1979.

TABELA 3.18

PRODUÇÃO DE ÁLCOOL PARA OS ESTADOS DE SÃO PAULO, MINAS GERAIS, PARANÁ, RIO DE JANEIRO E MATO GROSSO DO SUL - SAFRA DE 1976/77

(em 1.000 litros)

ESTADOS	1976/77	1977/78	1978/79	1979/80
São Paulo	463 694	1 095 158	1 812 421	2 472 340
Minas Gerais	15 958	28 560	47 780	...
Paraná	15 217	27 634	67 680	...
Rio de Janeiro	43 973	95 078	132 909	...
Mato Grosso do Sul*	-	-	-	...
Subtotal	538 842	1 246 430	2 060 790	...
Brasil	664 022	1 456 835	2 453 859	3 390 431

FONTE: IAA.

*O desmembramento do Estado de Mato Grosso do Sul ocorreu em 1979.

se uma expansão da oferta de matéria-prima de 9,3%, proporcionada pelo incremento de 5,9% na área cultivada (1.214,7 mil hectares) e de 3,1% no rendimento agrícola. Esse acréscimo na produção de matéria-prima possibilitou a produção de 45,94 milhões de sacas de açúcar (-13,7% em relação ao ano anterior) e de 2,47 bilhões de litros de álcool (+36,4%) na safra comercial de 1979/80, e que basicamente só foi possível pela transferência da matéria-prima, ou seja, a cana-de-açúcar proveniente de cerca de 100 mil hectares destinada à obtenção de álcool, ao invés de açúcar, em comparação com a produção de açúcar da safra anterior.

Já para o ano agrícola de 1979/80 tem-se uma estimativa de oferta de cana-de-açúcar de 70,65 milhões de toneladas (+11,3%), com acréscimo de 4% na área cultivada, atingindo neste ano 1.262,7 mil hectares. A diferença de acréscimo na oferta de cana-de-açúcar uma vez mais está sendo creditada ao aumento de rendimento agrícola estimado em 55.952 quilos por hectare/ano para a presente safra, o que seria suficiente para alcançar as metas do Plano de Safra de 1980/81, em que estão previstos 62.343 mil sacas de açúcar e 2,737 bilhões de litros de álcool para o Estado de São Paulo.[10]

Dois pontos dessa recente evolução merecem ser destacados. O primeiro refere-se ao pequeno incremento na área de cultivo nos dois últimos anos, que de certa forma não comprometeu a produção de álcool, em virtude do aumento do rendimento agrícola e da diminuição na produção de açúcar. Isto prende-se

---

[10] À guisa de informação, as estatísticas de produção computadas até 30 de setembro davam conta de que as metas de 80% de produção de açúcar e 74% de álcool previstas no Plano de Safra de 1980/81 já tinham sido alcançadas em São Paulo.

aos ganhos de rendimento agrícola observados nos dois últimos anos, o que contraria, à primeira vista, a hipótese considerada ao longo do trabalho, ou seja, para o horizonte de 1985 haveria até mesmo queda no rendimento agrícola médio do Estado. Uma explicação para que este fato tenha ocorrido nos anos agrícolas de 1978/79 e 1979/80 é que as incorporações das terras feitas até agora para o cultivo de cana-de-açúcar ocorreram em grande proporção nas regiões tradicionalmente canavieiras, embora a validade da hipótese considerada ainda permaneça com a futura implantação da cana-de-açúcar em regiões novas, em proporções crescentes. Para se ter uma idéia dos avanços da canavicultura das zonas tradicionais até 1979/80, basta que se diga que da produção de álcool obtida até 30 de setembro de 1980, da safra comercial de 1980/81, 92% eram provenientes de usinas anexas e somente 8% de usinas autônomas. Uma vez que a capacidade de expansão das usinas anexas encontra-se praticamente no limite, é de se esperar que os avanços futuros do PROÁLCOOL se verifiquem através de destilarias autônomas em regiões novas de cana-de-açúcar.

O segundo ponto é que, se mantida a produção de açúcar aos níveis da safra comercial de 1978/79 (3,2 milhões de toneladas), os acréscimos de área cultivada com cana-de-açúcar, mesmo com ganhos momentâneos de produtividade agrícola, não teriam sido suficientes para se obter os níveis de produção de álcool, o que comprometeria a consecução da meta do PROÁLCOOL. Uma vez que as cotações do mercado internacional do açúcar voltam a ser atrativas, certamente esse fato deverá ser levado em conta.

Só a título de exercício, contando com a oferta de 63,46 milhões de toneladas de matéria-prima obtida nos 1.214,7 mil hectares do ano agrícola de 1978/79, em São Paulo, e também se se tivesse produzido os 3,2 milhões de toneladas de açúcar na safra comercial de 1979/80 (mesmo nível de produção do ano anterior), teoricamente poder-se-ia ter produzido tão-somente 2,154 bilhões de litros de álcool, ao contrário dos 2,472 bilhões obtidos.[11]

Para se manter a produção de açúcar do ano anterior e se obter o mesmo volume de álcool na safra comercial de 1979/80, a oferta de matéria-prima deveria ser da ordem de 58.815 mil toneladas de cana-de-açúcar, o que equivaleria a uma área de 1.317,4 mil hectares (mantida a mesma produtividade agrícola), ao invés dos 1.214,7 mil cultivados no ano agrícola de 1978/79. Este simples exercício mostra que, apesar dos ganhos efetivos na produção de álcool a partir da implantação do PROÁLCOOL, deve-se ter uma certa cautela, pois basta o mercado de açúcar retomar a situação de competitividade em relação ao álcool para que os acréscimos anuais de oferta de matéria-prima sejam bem maiores do que os observados até agora.

A agregação dos resultados para a região Centro-Sul do País, considerando os cinco Estados estudados, fez-se pela junção de intervalos de custos de oportunidade observados em cada Estado. A Tabela 3.19 apresenta esses resultados, mostrando

---

[11] Esses cálculos foram feitos a partir da obtenção de 90 quilos de açúcar por tonelada de cana-de-açúcar mais 12 litros de álcool residual e um rendimento de 61,4 litros de álcool por tonelada de cana-de-açúcar no álcool direto. Esses rendimentos foram estimados a partir dos dados secundários.

TABELA 3.19

CURVA DE OFERTA DE CANA-DE-AÇÚCAR PARA A REGIÃO CENTRO-SUL

(em cruzeiros de 1978)

CUSTO DE OPORTUNIDADE (Cr$/t)	ESTADOS	QUANTIDADE (1.000 t)	QUANTIDADE ACUMULADA (1.000 t)
123,58	RJ	12 812	12 812
126,98	MG	3 255	16 067
127,93	SP	2 220	18 287
132,36	RJ	340	18 627
133,76	SP	9 229	27 856
133,90	MG	3 710	31 566
139,59	PR	2 808	34 374
141,52	RJ	218	34 592
143,52	PR	539	35 131
144,07	SP	8 719	43 850
145,48	MG	13 788	57 638
152,61	SP	7 868	65 506
154,20	MG	5 215	70 721
154,83	PR	492	71 213
155,07	RJ	113	71 326
162,59	MG	1 175	72 501
165,37	SP	20 941	93 442
166,44	MS	20 023	113 465
168,91	PR	6 327	119 792
170,29	MS	2 475	122 267
173,07	SP	12 828	135 095
179,11	MG	344	135 439
184,85	SP	20 898	156 337
186,21	PR	3 034	159 371
193,78	PR	1 158	160 529
197,84	SP	2 294	162 823
202,76	MG	688	163 511
213,96	SP	3 296	166 807
219,95	PR	1 188	167 995
226,24	PR	3 600	171 595
249,59	PR	312	171 907
259,64	PR	192	172 099
264,87	PR	1 350	173 449

custos médios de oportunidade ponderados para intervalos de 10 em 10 cruzeiros por tonelada e a correspondente produção de cana-de-açúcar, com as expansões de cana-de-açúcar nas regiões tradicionalmente canavieiras, em geral associadas aos segmentos de custos de oportunidade mais baixos. Assim, o custo de oportunidade até Cr$ 140,00/t aparece nos segmentos dos Estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais, São Paulo e Paraná, com ofertas acumuladas de 34,4 milhões de toneladas de cana-de-açúcar. Agregando sucessivamente os segmentos dos diversos Estados, tem-se a representação no Gráfico 6, em que se localizam, numa situação intermediária de curva, as regiões onde hoje há predominância de pecuária e, no terço superior da curva, aquelas que registram tipicamente uma agricultura praticada com altos níveis de rendimento. A correspondência desses dados transformados em custos de dólares por barril e as respectivas quantidades em barris-equivalentes são mostradas na Tabela 3.20.

A síntese da agregação dos resultados da região Centro-Sul encontra-se na Tabela 3.21, onde se observa que para os primeiros 6 bilhões de litros adicionais de álcool ter-se-ia um custo de oportunidade de US$ 23.63 por barril equivalente, sendo o Estado de São Paulo o principal produtor, com pouco mais de 50%. Quando se passa para o nível de produção de 8 bilhões de litros adicionais, tem-se um custo médio de US$24.47 por barril, e Mato Grosso do Sul começa a participar em grande proporção, caindo em conseqüência a contribuição de São Paulo, ao passo que também a participação do Paraná cresce nesse nível. Finalmente, caso se considere uma produção adicional de 10 bilhões de litros, o que excederia a meta fixada para 1985, ter-se-ia um

TABELA 3.20

CURVA DE OFERTA DE CANA-DE-AÇÚCAR PARA A REGIÃO CENTRO-SUL

CUSTO DE OPORTUNIDADE (US$/Barril)	ESTADOS	QUANTIDADE (1.000 Barris)	QUANTIDADE ACUMULADA (1.000 Barris)
20,10	RJ	4 360	4 360
20,66	MG	1 108	5 468
20,81	SP	755	6 223
21,53	RJ	116	6 339
21,76	SP	3 141	9 480
21,78	MG	1 263	10 743
22,71	PR	956	11 699
23,02	RJ	74	11 773
23,35	PR	183	11 956
23,43	SP	2 967	14 923
23,67	MG	4 692	19 615
24,83	SP	2 678	22 293
25,08	MG	1 775	24 068
25,19	PR	167	24 235
25,23	RJ	38	24 273
26,45	MG	400	24 673
26,90	SP	7 126	31 799
27,08	MS	6 814	38 613
27,48	PR	2 153	40 766
27,70	MS	842	41 608
28,15	SP	4 365	45 973
29,14	MG	117	46 090
30,07	SP	7 112	53 202
30,29	PR	1 033	54 235
31,52	PR	394	54 629
32,18	SP	781	55 410
32,98	MG	234	55 644
34,81	SP	1 122	56 766
35,78	PR	404	57 170
36,80	PR	1 225	58 395
40,60	PR	106	58 501
42,24	PR	65	58 566
43,09	PR	459	59 025

Equivalência: US$ 1,00 = Cr$ 18 063;
t = 65 litros de álcool;
barril = 191 litros de álcool.

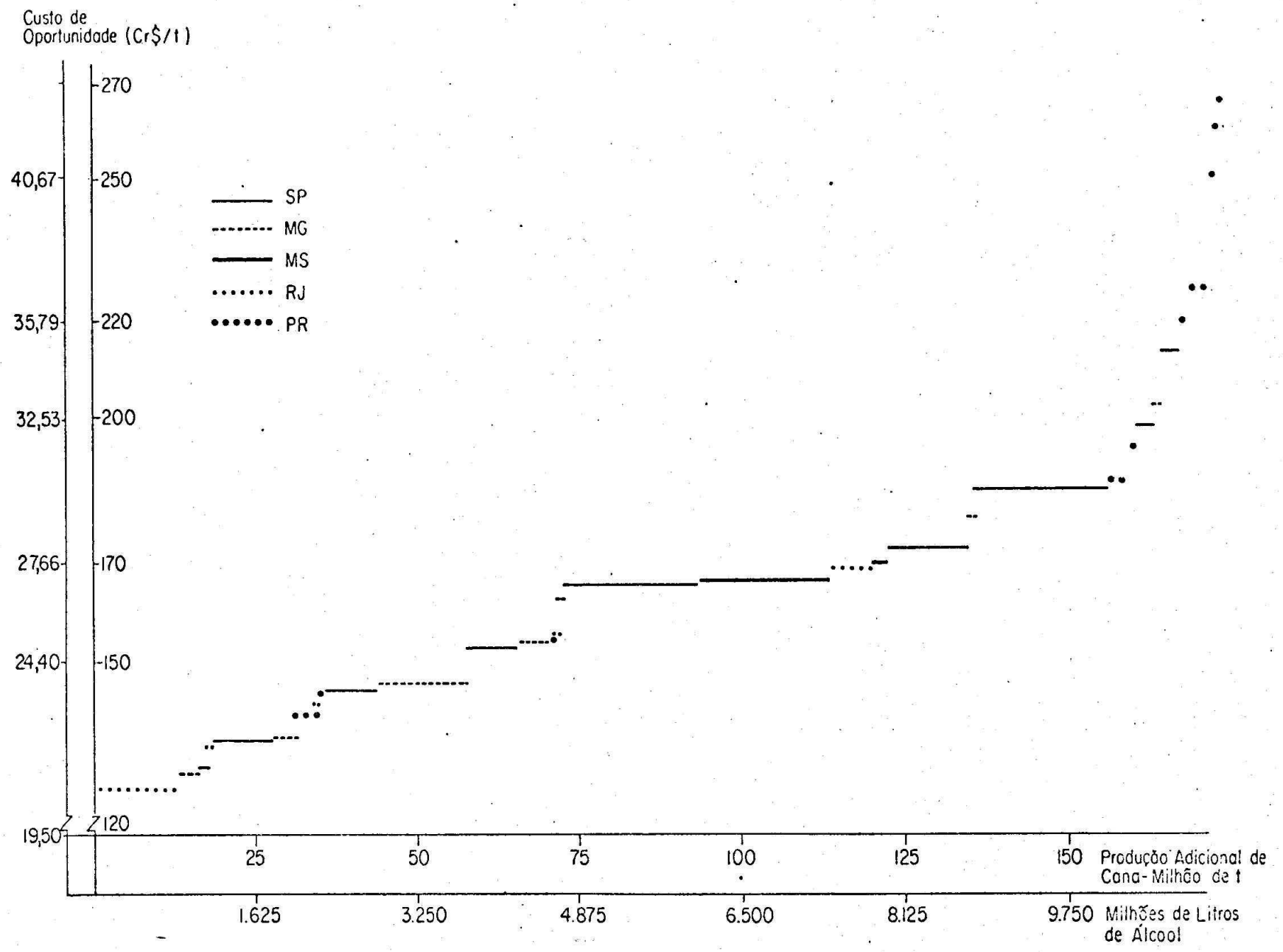
TABELA 3.21

CUSTOS MÉDIOS DE OPORTUNIDADE NA PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR COM MATÉRIA-PRIMA PARA PRODUÇÃO DE ÁLCOOL - REGIÃO CENTRO-SUL, 1978

PRODUÇÃO ADICIONAL DE ÁLCOOL (Bilhões de ℓ)	PRODUÇÃO ADICIONAL DE CANA-DE-AÇÚCAR (Milhões de t)	CUSTO DE OPORTUNIDADE MÉDIO (US$/Barril)	PARTICIPAÇÃO PERCENTUAL DA PRODUÇÃO				
			SP	PR	MG	MS	RJ
6,0	92,3	23.63	53	4	29	-	14
8,0	123,1	24.47	41	8	22	18	11
10,0	164,6	25,79	52	9	17	14	8

Gráfico 6

CURVA DE OFERTA DE ÁLCOOL PARA A REGIÃO CENTRO-SUL



custo médio de oportunidade de US$ 25.79 por barril, com uma participação dos Estados da seguinte ordem: São Paulo - 52%; Paraná - 9%; Minas Gerais - 17%; Mato Grosso do Sul - 14%; e Rio de Janeiro - 8%.

4 - IMPLICAÇÕES

1) Uma análise cuidadosa dos resultados relatados na seção anterior sugere que, no que depende da matéria-prima, a produção de álcool de cana pode ser feita em condições competitivas com o petróleo importado, mesmo em escalas relativamente elevadas.

De fato, admitindo-se que o custo da matéria-prima equivale a 60% do preço de oferta do álcool (na porta da destilaria), os resultados sugerem, por exemplo, que se poderia produzir 4,64 bilhões de litros/ano (ou 66 mil barris/dia)[12] ao equivalente de US$ 42 o barril (na margem) e, alternativamente, 7,95 bilhões de litros (114 mil barris/dia) por US$ 46 o barril (na margem).[13]

Estes resultados são obtidos quando se trabalha com um horizonte de 1985. Na verdade, muitas das nossas regiões de análise poderão eventualmente produzir quantidades maiores nos anos seguintes, uma vez que a prazo mais longo será possível superar limitações na oferta de fatores e chegar a uma área de cana-de-açúcar maior que aquelas descritas pelos $\bar{C}$. Este fato é especialmente verdadeiro para as regiões tradicionalmente de pecuária, onde, em geral, a disponibilidade de terras aptas para a cana-de-açúcar supera em muito os limites impostos no traba-

---

[12] Como já apontado, admite-se que para fins automotivos é preciso 1,2 litro de álcool para substituir um litro de gasolina. Assim, o "barril de álcool" calculado tem 191 litros . A produção de álcool referida no texto é adicional àquela observada em 1978.

[13] Os custos médios associados às produções referidas são, respectivamente, US$ 37.7 e US$ 40.8.

lho (em geral, equivalentes à instalação de 12 ou 13 destilarias de 120.000 litros/dia no horizonte de análise). Observa-se, ademais, que os custos calculados consideram o efeito de substituição de culturas.

Uma limitação dos resultados é o fato de que se está procedendo à comparação do custo de produção de álcool de cana com o preço do petróleo, o que omite a possibilidade de utilizar a cana-de-açúcar produzida na fabricação de açúcar para exportação, quando então as divisas obtidas seriam empregadas na importação de petróleo. É fácil perceber que esta segunda avaliação exigiria a montagem de um modelo completo do mercado mundial de açúcar, de sorte a avaliar qual o impacto no mercado de grandes exportações adicionais do produto.

Embora não se tenha empreendido este segundo caminho e, portanto, não se possa sugerir qual a quantidade adicional de cana-de-açúcar que seria mais econômica para a venda sob a forma de açúcar, vale observar que, dadas as dimensões das metas de substituição da gasolina, parece razoável esperar que a rota das exportações teria dimensões relativamente limitadas. Em primeiro lugar, deve-se considerar que os acréscimos de produção de cana-de-açúcar aqui avaliados não são marginais, o que implica dizer que as atuais cotações externas são um indicador muito limitado para fins de comparação ou, dito de outra forma, que os preços aos quais o adicional de açúcar poderia ser colocado no mercado certamente seriam muito inferiores aos atuais.[14]

---

[14] Lembre-se, a respeito, que os analistas concordam que a própria alta dos dias de hoje dependeu em parte da contração da oferta brasileira decorrente da produção de álcool.

Ainda com relação aos preços externos, há que se considerar o fato de o mercado de açúcar apresentar um comportamento cíclico de preços (típico de produtos agrícolas perenes e semiperenes). Nestas condições, o preço do açúcar relevante para comparações seria o atual ou aquele de 1976/77?

Finalmente, a escolha entre açúcar e álcool é relevante para as usinas que possuam distilarias anexas, dada a flexibilidade na composição do produto, que, se mantida para o futuro, implicará elevar sobremaneira os custos de capital associados à expansão da cana-de-açúcar, o que não é desprezível nas condições brasileiras de hoje.

Contudo, embora estas observações não invalidem a utilidade de um exercício nos moldes acima sugeridos, parece (mais uma vez devido às dimensões da substituição proposta) que se trata mais de saber qual seria a quota ótima de açúcar (dada uma grande produção de álcool) do que estudar uma alternativa - açúcar ou álcool.

2) A curva de oferta da matéria-prima pode ser usada num modelo mais completo do sistema cana/álcool, que incorpora industrialização, armazenagem, transporte e consumo, pois apenas um sistema desta natureza é que permitirá uma elaboração mais refinada acerca de problemas de custos e localização. Incidentalmente, a próxima etapa deste projeto procura cobrir esta lacuna.

3) Como o modelo ajustado sugere que há uma grande variação de custos por região, uma análise cuidadosa dos resultados apresentados na Seção 3 oferece a oportunidade de que o conjunto das regiões possa ser agrupado, na ordem crescente de custos, em três categorias:

a) Os custos mais baixos de matéria-prima estão em regiões já tradicionais de cana-de-açúcar, essencialmente devido à existência de infra-estrutura e de tecnologia apropriada já desenvolvida. Nestas condições, a capacidade de resposta a estímulos de crescimento da produção é muito grande, não sendo de surpreender que o primeiro impulso ao PROÁLCOOL se tenha observado exatamente nestas regiões, apesar de sua limitada capacidade total de expansão.

b) A faixa intermediária de custos corresponde em geral às regiões de predominância da atividade pecuária, nas quais o custo de oportunidade da terra é relativamente pequeno (dada a estrutura do sistema de produção), embora os custos de expansão (abertura) sejam, evidentemente, mais elevados que os das regiões tradicionalmente canavieiras.

c) Os custos mais elevados na expansão da atividade canavieira estão associados às regiões de alto potencial agrícola onde a cana-de-açúcar não é atividade tradicional. Em termos das novas regiões, o Paraná é o caso mais típico: a produção e a produtividade das culturas de alimentos e exportáveis determinam um elevado custo de oportunidade da terra e uma posição desfavorável na ordenação das regiões por custos de expansão da atividade canavieira.

4) Como é discutido em apêndice, as possibilidades de expansão da cultura canavieira no Nordeste são relativamente limitadas, devido à modesta disponibilidade de terras aptas para a atividade nas regiões tradicionais. Esta restrição e os custos mais elevados de produção sugerem que apenas o atendimento da demanda local justificaria eventualmente uma expansão da atividade alcooleira.

5) Conforme descrito na Seção 2 deste trabalho, o modelo utilizado foi desenhado para captar, ao nível de cada região, a estrutura de substituição (esperada) de cultivo associada à expansão da atividade canavieira. Na medida em que cada unidade de análise (região) é suposta fechada, ou seja, é analisada isoladamente, o custo de oportunidade do uso de terra tem dois componentes: a eventual redução na área dedicada a uma particular cultura relativamente ao momento base; e a expansão da área da mesma cultura que se deveria observar para que o atendimento da demanda ficasse inalterado (em termos de quantidades e preços) à medida que crescem a população e a renda. A consideração deste efeito pode parecer estranha na medida em que o nosso modelo é estático, mas deve ser lembrado que a nossa unidade implícita de tempo de análise é de sete anos (1979/85), conforme já apontado na introdução deste trabalho. Ao nível operacional, este segundo componente foi tratado com a previsão de que as culturas preexistentes pudessem se expandir dentro do sistema de produção.

O segundo componente do custo de substituição é, na verdade, um limite superior daquele que deveria ser efetivamente observado, porque na agregação do conjunto das regiões é perfeitamente possível que a área reduzida de um certo produto possa ser, pelo menos em parte, compensada pela expansão daquela atividade em outras regiões ou em áreas não definidas pelo nosso L dentro da mesma região. Em outras palavras, parte do milho que eventualmente deixe de ser produzido em Ribeirão Preto pode vir a ser plantado em outra região ou em áreas ecologicamente não adaptadas à produção de cana. Nestas condições, o resulta-

do da substituição por cana-de-açúcar em relação à situação inicial define um limite superior ao nível de cada região. O custo total líquido não pode ser calculado nos limites de nosso modelo, o que só poderia ser feito explicitando-se a estrutura da demanda e considerando-se todas as regiões produtoras num sistema simultâneo.[15]

As Tabelas 4.1 e 4.2 estimam o custo de substituição, em termos de área de culturas abandonadas, calculado pelo modelo, e contêm informações que parecem bastante ricas, mesmo tendo-se em mente as ressalvas acima mencionadas.[16]

Em primeiro lugar, considere-se que, para atingir as metas de produção de álcool em 1985, a cana-de-açúcar deverá ocupar algo como até 3,7 milhões de hectares anteriormente destinados a outras atividades, o que é, por si só, uma cifra respeitável, justificando um certo cuidado na programação da localização da atividade canavieira.[17]

A nível de Estados, o modelo sugere (Tabelas 4.1 e 4.2) que a redução na área dedicada a alimentos seria apreciável nos Estados de Minas Gerais e do Paraná, variando sua contribuição entre 20 e 40% no Paraná e 45 e 88% em Minas Gerais, enquanto em São Paulo e, mais uma vez, no Paraná as perdas seriam grandes em termos de produtos exportáveis.

---

[15] Em uma próxima etapa da pesquisa tal modificação deverá ser realizada.

[16] Mais uma vez, os dados constantes das Tabelas 4.1 e 4.2 dão pelo menos o custo de substituição dentro das regiões analisadas.

[17] Apenas a título de comparação, a área atualmente dedicada safra 1980/81) à produção de arroz no País é de 6,2 milhões de hectares.

TABELA 4.1

ESTIMATIVA DA ÁREA OCUPADA COM CANA-DE-AÇÚCAR PELA IMPOSIÇÃO DO $\overline{C}$ (NÃO CONSIDERANDO A EXPANSÃO DAS ATIVIDADES COMPETITIVAS) - ESTADOS DA REGIÃO CENTRO-SUL

ESTADOS	$\overline{C}$	CULTURAS ALIMENTARES *	CULTURAS COMERCIAIS **	PASTAGEM ***
São Paulo	1 856 041	10,5	10,4	79,1
Paraná	432 000	20,8	13,5	65,7
Minas Gerais	620 000	44,3	-	55,7
Mato Grosso do Sul	500 000	13,3	-	86,7
Rio de Janeiro	301 173	6,0	-	94,0

*Inclui arroz, feijão, milho e mandioca.

**Inclui soja, trigo, algodão, amendoim, mamona, etc.

***Para pecuária de corte e de leite.

TABELA 4.2

PERDAS EM ÁREAS SOFRIDAS POR CADA GRUPO DE CULTURA, PELA IMPOSIÇÃO DO $\overline{C}$, E EXPANSÃO DAS CULTURAS COMPETITIVAS - ESTADOS DA REGIÃO CENTRO-SUL

ESTADOS	$\overline{C}$	PERCENTUAL DAS ÁREAS CEDIDAS POR TIPO DE CULTURA		
		Culturas Alimentares* (%)	Culturas Comerciais** (%)	Pastagem*** (%)
São Paulo	1 856 041	21,0	31,2	47,8
Paraná	432 000	41,5	40,6	17,9
Minas Gerais	620 000	88,6	-	11,4
Mato Grosso do Sul	500 000	40,0	-	60,0
Rio de Janeiro	301 173	12,0	-	88,0

*Inclui arroz, feijão, milho e mandioca.

**Inclui soja, mamona, algodão, trigo, amendoim, etc.

***Para pecuária de corte e de leite.

Em outras palavras, uma expansão da produção de álcool nas regiões e nos moldes considerados resultaria numa redução apreciável de culturas de alimentos e de exportação, embora grandes áreas devam ser retiradas da atividade pecuária.

Na verdade, se a expansão da cana-de-açúcar seguir o padrão sugerido pelas nossas curvas de oferta (isto é, das regiões com menor custo para as de maior), a perda em termos de culturas será ainda mais importante a curto prazo, dado que as regiões predominantemente pecuárias só seriam ocupadas numa segunda etapa. Em outras palavras, mesmo que o ajuste final fosse aproximadamente aquele sugerido pelas Tabelas 4.1 e 4.2, observaríamos uma perda relativa maior das culturas nas fases iniciais do programa. Este pelo menos é, nitidamente, o caso do Estado de São Paulo, como pode ser visto na Tabela 4.3.

6) Como é fácil perceber, os resultados do modelo estimado dependem da estrutura de preços relativos de produtos e fatores que se utilize (na Seção 2 discutiu-se os procedimentos utilizados no ajustamento de preços relevantes), mas o que se quer observar aqui é o fato de o modelo precisar ser reestimado sempre que se evidencie uma alteração (estável) na estrutura de preços relativos vigentes na economia. Por exemplo, entre 1978 e 1980 os principais insumos comprados subiram em termos da taxa de salário; embora não seja claro a priori qual seria o resultado final sugerido pelo modelo, é fácil perceber que a nova curva de oferta seria diversa daquela relatada na Seção 3, bem como a estrutura de substituição entre culturas.

7) Os resultados a que se chega neste estudo dependem crucialmente do horizonte de análise considerada, o que fica

TABELA 4.3

ÁREA DE EXPANSÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR ENTRE 1977/78 E 1979/80 - ESTADO DE SÃO PAULO

DIRA	CUSTO DE OPORTUNIDADE MÉDIO (Cr$/t)	ÁREA DE EXPANSÃO	
		Absoluta (ha)	%
Sorocaba	171,66	20 700	17
Campinas	199,74	14 300	12
Ribeirão Preto	158,03	14 000	12
Bauru	142,82	10 000	8
São José do Rio Preto	164,84	31 030	26
Araçatuba	176,09	1 750	1
Presidente Prudente	179,85	10 100	8
Marília	162,30	19 150	16
Σ		121 030	100

FONTE: IEA.

bastante claro quando se observa que uma série de parâmetros do modelo, básicos para as estimativas, só pode ser tomada como um dado num horizonte de 1985. A prazo mais longo, todos estes parâmetros podem se alterar, quer por flexibilidade de restrições de oferta ou institucionais, quer por mudanças na tecnologia disponível. Os coeficientes a seguir alinhados são aqueles passíveis de reconsideração, desde que se trabalhe com um horizonte de tempo mais longo:

- Oferta de terras aptas para cana-de-açúcar (L): de acordo com o exposto na Seção 2, as culturas perenes (especialmente laranja e café) não foram incluídas no sistema de produção, mas a prazo mais longo é perfeitamente possível que razões de mercado ou moléstias (cancro cítrico, por exemplo) permitam a sua substituição por cana-de-açúcar ou culturas temporárias. Neste caso, os L relevantes se alteram, viabilizando, pelo menos num sentido físico, maiores (potencialmente) áreas de cana-de-açúcar em regiões tradicionais, com o que se obteria uma curva de oferta de cana-de-açúcar diferente daquela apresentada na Seção 3.

- Áreas de expansão de cana-de-açúcar em regiões novas ($\overline{C}$): esta restrição já foi apontada no item 1 anterior. A prazo mais longo as regiões pecuárias poderiam receber uma área de cana-de-açúcar muito maior do que as que foram consideradas, o que, mais uma vez, viria a alterar o perfil da oferta de cana-de-açúcar.

- Produtividade da terra: como já apontado na Seção 3, considerou-se que a produtividade da terra nas áreas não tradicionais de cana-de-açúcar deve ser menor do que a observada

em áreas tradicionais. Esta hipótese supõe uma tecnologia constante a curto prazo, situação que evidentemente pode ser alterada pelo trabalho dos centros de pesquisa, que se for adequadamente realizado pode perfeitamente tornar possível que a produção por unidade de área aumente, deslocando a curva de oferta para a direita (na hipótese de progresso técnico neutro). Observe-se, por outro lado, que sempre permanece o risco de estagnação ou até redução da produtividade da terra numa situação de franca expansão da cultura, desde que o adequado suporte agronômico não seja conseguido.[18]

- Produtividade da cana-de-açúcar em termos de álcool: o índice de 65 litros de álcool por tonelada de cana-de-açúcar foi tomado como representando uma média de hoje. A prazo longo é perfeitamente possível uma elevação na taxa de extração, quer por alterações no tipo de variedade cultivada, quer por variações na operação industrial.

- Rendimento do álcool relativamente à gasolina: embora não seja crucial ao modelo, os resultados obtidos foram transformados em dólares por barril para facilitar a comparação do custo da cana-de-açúcar com o do petróleo que se pretende substituir. Como apontado em várias partes do estudo, considerou-se um "barril" de álcool de 191 litros, refletindo a hipótese

---

[18] Esta observação é particularmente relevante se se levar em conta que as grandes inovações genéticas em cana-de-açúcar no Brasil já datam de algumas décadas. Veja-se, a respeito, M. A. S. Fonseca, M. Matsunaga e A. A. Ghilardi, Brasil - Projeto ARIAL CIDD. Veja-se, também, F. Brieger, "Situação da Cana-de-Açúcar no Estado de São Paulo", in Saccharum, ano I, nº 2 (setembro de 1978), pp. 13-16.

de um gasto adicional de 20% do produto. Embora esta perda de rendimento esteja efetivamente sendo observada (em alguns casos tem sido até maior), é razoável admitir-se que ela venha a ser reduzida no futuro, em decorrência da maior experiência que se acumulará na fabricação de motores a álcool, caso em que a posição relativa do álcool frente ao petróleo importado deve melhorar.

8) O modelo ajustado permite uma aplicação ao nível do mercado de insumos, que é a avaliação (a preços constantes) das alterações na demanda de fatores propiciada pela expansão da atividade canavieira. Embora este exercício não tenha sido realizado, é possível, por exemplo, estimar as variações que se pode esperar no consumo de fertilizantes, calcário, combustível, etc.

9) As intensas variações no custo de produção entre regiões, apontadas na Seção 3, sugerem que a localização da atividade alcooleira não é neutra do ponto de vista do custo de produção de matérias-primas, o qual representa, em termos de substituição entre culturas, uma parte da variância observada.

Este tipo de resultado, calculado de um ponto de vista social, é que está na base das idéias de regionalização discutidas atualmente, que seria dispensável, poder-se-ia argumentar, em virtude do fato de que o próprio mercado de terras tenderá a refletir as diferentes posições regionais em termos de qualidade, produtividade e infra-estrutura, orientando a localização dos projetos. Embora este argumento tenha alguns méritos,[19] não se pode esquecer que o mercado de terras reflete tam

---

[19] Basta considerar o diferencial de preços de terra entre Ribeirão Preto e o oeste paulista, por exemplo.

bém outros fenômenos, como o da inflação, bem como o fato de que a rentabilidade relativa dos projetos do álcool depende muito das condições de crédito para outras atividades agrícolas (para a cana-de-açúcar em particular) e da magnitude dos subsídios concedidos via empréstimos agrícolas. Em outras palavras, a inflação e a situação no mercado de crédito podem, de um ponto de vista particular, levar a resultados muito diversos daqueles sugeridos por critérios sociais. Concluindo, parece razoável falar-se na regionalização da produção, visto que o próprio controle do sistema cana-de-açúcar/álcool sugere a necessidade de ajustamentos em decorrência de limitações nos mecanismos de mercado.

Os resultados relatados na Seção 3 já sugerem por si um critério de localização, a partir dos custos de matéria-prima e com a consideração explícita da questão de substituição de culturas, na seguinte ordenação: regiões tradicionalmente canavieiras e regiões pecuárias agrícolas modernas não canavieiras (ver a Seção 3 e o item 3 anterior). Estes resultados já são compatíveis com limites impostos, em cada região, à excessiva especialização (traduzida pelos $\overline{C}$, $\overline{A}$ e $\overline{P}$), ou seja, o modelo ordena as regiões por custo, levando em conta a substituição de culturas e colocando limites à excessiva especialização em cana-de-açúcar. Observe-se mais uma vez que a consideração de transporte, industrialização e distribuição (não realizada neste estudo) pode alterar parcialmente a ordenação de regiões obtida. Neste sentido, o critério que se extrai deste trabalho é parcial e deveria ser completado.[20]

[20] Embora não mencionado no texto, é óbvio que o modelo ajustado não dá critérios de localização final, que só pode ser decidido ao nível de projeto.