

PRODUÇÃO DE ÁLCOOL E UTILIZAÇÃO DA MÃO-DE-OBRA RURAL NO SUL DO BRASIL¹

JUVIR LUIZ MATTUELLA²

RESUMO - O objetivo central do trabalho foi projetar alguns reflexos do desenvolvimento do plano do álcool sobre a alocação regional dos recursos agrícolas, dando ênfase especial à utilização da mão-de-obra rural, na região Sul do País, incluindo o Estado de São Paulo. Os resultados da análise demonstraram que: a. a realização do plano na região implica a substituição de cultivos já existentes; b. o plano do álcool propiciaria melhor aproveitamento da mão-de-obra rural aumentando, inclusive, seu emprego.

Termos para indexação: álcool, mão-de-obra rural, alocação de recursos.

PRODUCTION OF FUEL ALCOHOL AND EMPLOYMENT IN THE SOUTHERN PART OF BRAZIL

ABSTRACT - The major objective of this paper is to project some effects of fuel alcohol production on the allocation of regional agricultural resources, focussing mainly on the use of rural labor. The analysis demonstrated that: a. the expansion of fuel alcohol production will result in substitution of agricultural products already cultivated in the region; b. the expansion plan also provides for a better use of the available rural labor during the crop season and will create new employment.

Index terms: alcohol, rural labor, allocation of resources.

INTRODUÇÃO

A "crise energética" mundial, desencadeada durante a última década, deixou claro que a era da energia abundante e barata está findando. A escassez progressiva e os custos em ascensão do petróleo não somente forçam à busca de fontes energéticas alternativas, mas geram também problemas de adequação tecnológica na produção e de combinação de trabalho com as diversas formas de capital. A maioria das modernas tecnologias desenvolvidas objetivaram ao aumento da produtividade do trabalho e/ou da terra mediante o uso intensivo de capital e energia. Até recentemente, estes desenvolvimentos tecnológicos não consideravam com a ênfase necessária que as reservas mundiais de recursos energéticos fósseis estavam sendo dilapidadas a taxas crescentes e que, num-

¹ Recebido em 21 de julho de 1982.

Aceito para publicação em 30 de setembro de 1983.

Trabalho financiado com recursos do convênio UFRS/IEPE/FINEP.

² Econ. Rural, Ph.D., Professor Adjunto da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Centro de Estudos e Pesquisas Econômicas (UFRS/IEPE), Av. João Pessoa 31 - CEP 90000 - Porto Alegre, RS.

futuro próximo, o mundo enfrentaria uma escassez da maioria destes recursos. Hoje é reconhecido de forma incontestada que a economia mundial entrou numa "nova era", na qual as fontes alternativas de energia e processos tecnológicos poupadores de energia vão desempenhar um papel destacado. Dentro deste contexto, o Brasil já implementou uma série de políticas energéticas que, eficientemente conduzidas, poderão propiciar, com largas vantagens, o ingresso do País na "nova era".

A política adotada neste sentido tem visado ao estabelecimento de programas energéticos amplos, abrangendo objetivos múltiplos, que pudessem propiciar ao País certa segurança de suprimento de energia para sustentar as metas de desenvolvimento traçadas. Entre estes, destaca-se o Plano Nacional do Alcool.

Explicitamente em relação ao plano do álcool, destaca-se, entre os múltiplos objetivos imputados ao mesmo, a necessidade de reforçar a limitada disponibilidade interna de combustíveis líquidos; aliviar as pressões no balanço de pagamentos devidas às importações de petróleo; reduzir a crescente dependência externa com este combustível, além de assegurar certa estabilidade em seu fornecimento. Além destes objetivos, o plano visa, também, implicitamente, ao atendimento de outros aspectos econômicos e sociais, como a fixação do homem ao campo, através da ampliação das oportunidades de empregos agrícolas; a conquista de novas fronteiras agrícolas; a transferência de renda do setor urbano para o rural; e, eventualmente, reduzir as disparidades regionais na distribuição de renda.

Um dos principais problemas debitados à produção de álcool em grande quantidade está na sua competição pelos recursos agrícolas, que poderiam ser destinados à produção de alimentos e outros produtos de exportação. A expansão da produção de biomassa se viabiliza pela incorporação de recursos adicionais ao processo produtivo ou pela substituição de cultivos já existentes. Quanto à segunda alternativa, sabe-se que ainda existem no País grandes extensões de terras a desbravar. Entretanto, esta nova fronteira agrícola potencial, por sua localização geográfica em relação aos principais centros consumidores e aos condicionantes de clima e solo e infra-estrutura, tem poucas possibilidades de seu uso imediato, tanto para a produção de alimentos como para a produção de biomassa. Assim, é de se esperar que com implementação do plano do álcool — como qualquer outro plano similar de aproveitamento, em grande escala, da biomassa, para fins de produção de energia — ao menos num horizonte próximo ocorra dentro da atual fronteira agrícola via substituição de culturas ou pastagens, dada a escassez de terras adicionais na mesma.

Vergara Filho (1981), ao analisar as implicações das opções de substituição dos derivados do petróleo, destaca que a meta estabelecida para o PROÁLCOOL em 85 é a produção de 10,7 bilhões de litros de álcool. Além disso, baseado em levantamento feito junto ao Instituto do Açúcar e do Alcool, constatou que, até junho de 1980, já tinham sido enquadradas no Programa Nacional do Alcool 305 destilarias, com um potencial de produção de, aproximadamente, 7,1 bilhões de litros. A região sul do País, incluindo São Paulo, representa 70,7% do total das destilarias já engajadas no programa, perfazendo 54,2% da produção potencial total. Estes dados mostram a importância desta região em termos da implementação das metas iniciais do plano do álcool.

Pelin (1980), ao analisar o impacto do PROÁLCOOL nos preços das terras e na substituição de culturas, conclui que a substituição destas, causada pela expansão das culturas energéticas para atender às metas do plano, seria conduzida somente se o mesmo fosse implementado nas regiões Norte, Centro-Oeste e parte do Nordeste, onde ainda existem possibilidades de expansão da fronteira agrícola. Entretanto, se o plano for implementado nas outras regiões do País, deverá ocorrer substituição de culturas, tanto de exportação como de abastecimento do mercado interno, além de elevar o preço da terra em geral. Em outro trabalho (Mattuella 1980) chegou-se a conclusões similares ao analisar o impacto do plano do álcool para a região sul do País.

A produção de energia através da agricultura, seja em regiões onde existem recursos agrícolas adicionais em abundância, seja em outras onde os mesmos já sejam escassos, caracteriza uma escolha entre maior produção de alimentos ou maior produção de combustível (álcool, no caso). Assim, os benefícios líquidos do plano, em termos de atendimento dos objetivos básicos propostos, dependem, em grande parte, de como e onde o programa é instalado. Estudos feitos por Adams (1979) e Rask (1978) mostram que a produção de álcool é potencialmente mais competitiva em regiões de excedentes de mão-de-obra. Além disso, à medida que o preço do petróleo aumenta, a mecanização das lavouras em geral se torna menos econômica e é substituída por práticas não mecanizadas e/ou com pouca mecanização, e as culturas energéticas tendem a ser favorecidas em detrimento dos outros cultivos. Isto ocorre principalmente porque as culturas energéticas (cana-de-açúcar e mandioca), sob as condições atuais de cultivo, se caracterizam por serem bastante intensivas em mão-de-obra se comparadas às principais lavouras temporárias — cultivadas comercialmente — no sul do País. Conseqüentemente, a implantação do plano do álcool poderá induzir substanciais mudanças na alocação dos recursos agrícolas, tanto a nível de produtor como a nível regional. Assim, o presente trabalho tem por escopo cen-

tral projetar alguns reflexos do desenvolvimento do plano do álcool bem como de aumentos simulados no preço da energia sobre a alocação regional dos recursos agrícolas, dando enfoque especial à utilização da mão-de-obra rural, na região sul do País, acrescida do Estado de São Paulo. Este último foi incluído junto com a região sul por ser o maior centro produtor de álcool da cana-de-açúcar, bem como um grande produtor e consumidor de produtos agrícolas. Os demais estados foram pesquisados por terem em andamento vários projetos de produção de álcool através de fontes alternativas renováveis, e por serem importantes produtores agrícolas no contexto geral da agricultura brasileira. Desta forma, esta região oferece uma situação ímpar para se analisar os efeitos da implementação do álcool no uso da mão-de-obra agrícola.

MODELO ANALÍTICO

A economia regional, considerada como um sistema compacto, é composta por diversas atividades econômicas que usam os recursos disponíveis para atender às necessidades expressas pelos consumidores. Cada componente do sistema, por seu turno, pode ser definido como sendo um subsistema isolado, verticalmente coordenado por sucessivos estágios inter-relacionados desde a produção até o consumo final do produto. Porém, como as funções e atividades desenvolvidas em cada subsistema competem pelos recursos existentes e, ao final, pela renda dos consumidores, os próprios subsistemas são horizontalmente ligados uns aos outros. Assim, tomando-se por base esta abordagem da economia regional, a estrutura de produção do álcool, englobando suas relações horizontais e verticais, é decomposta, no modelo que embasa o presente trabalho, em cinco etapas, como segue:

Produção agrícola

Este nível é definido pelas relações tecno-econômicas da produção de produtos agropecuários e biomassa. Os recursos agrícolas disponíveis na região são alocados pela competição entre as culturas energéticas e outros cultivos estudados. A alocação dos recursos determina a produção (oferta) que, em interação com a demanda, estabelece o preço de equilíbrio para os produtos a nível de produtor rural.

Transporte da biomassa e subprodutos

Este componente forma o elo de ligação entre a produção primária das culturas energéticas e o processamento das mesmas. A matéria-prima (cana-de-açúcar e mandioca) é transportada das propriedades rurais

até as unidades de processamento (destilarias), e o subproduto da destilação (vinhoto) retorna às lavouras para ser usado como adubo.

Processamento

Nesta etapa, a matéria-prima é processada e transformada em açúcar e/ou álcool. O açúcar produzido sai do sistema através de sua colocação no mercado.

Transporte de álcool

O álcool produzido na etapa anterior é transportado para pontos de mistura (terminais a nível de atacado). Esta fase forma a ligação entre o setor de transformação e a primeira fase de mercado final.

Pontos de mistura (terminais)

Esta fase representa a etapa final do sistema vertical integrado do álcool considerado no trabalho. O produto ou é misturado à gasolina ou é distribuído aos postos (varejo) para consumo direto como combustível.

As relações estruturais do sistema integrado de produção de álcool, conforme descrito acima, foram formuladas num modelo de programação matemática. O modelo segue, basicamente, a idéia de um equilíbrio geral regional onde se procura maximizar uma aproximação do que seria conceitualmente o retorno líquido social (excedente do consumidor e produtor) sob as condições de concorrência pura de mercado para todos os participantes do sistema.³ Matematicamente, o sistema integrado de produção de álcool é expresso como segue:

$$\text{Max. } M = Q' (a - 0,5bQ) + p'Y - \sum_j (c'_j X_j + d'_j R_j + t'_j Y_j + e'_j W_j)$$

sujeito a:

$$A_j X_j \leq B_j \quad (\text{todos os } j)$$

³ Maiores detalhes do modelo podem ser vistos em Dully & Norton (1975), Stoecker (1974) e Takayama & Judge (1971). Além disso, Takayama & Judge (1971) mostram que sob condições de concorrência o modelo de maximização do retorno líquido social é equivalente ao de maximização de lucros sob as mesmas condições de mercado.

$$F_j X_j \geq \begin{matrix} Q_j \\ \dots \\ R_j \end{matrix} \quad (\text{todos os } j)$$

$$D_j W_j \leq R_j \quad (\text{todos os } j)$$

$$E_j W_j \geq Y_j \quad (\text{todos os } j)$$

$$Q \leq \sum_j Q_j$$

$$Y \leq \sum_j Y_j$$

$$Q_j, Y_j, W_j, X_j, \geq 0 \quad (\text{todos os } j)$$

onde:

j = sub-região de programação

M = retorno líquido social

Q_j = um vetor $n \times 1$ de quantidades de n produtos agrícolas produzidas, excluída a produção de biomassa, na sub-região j .

a = um vetor $n \times 1$ de interceptos das demandas para n produtos agrícolas, excluída a biomassa.

b = uma matriz $n \times n$ negativa semi-definida de declividades das demandas para n produtos agrícolas, exceto biomassa.

p = um vetor $k \times 1$ de preços dos k produtos processados (açúcar e álcool).

Y_j = um vetor $k \times 1$ de quantidades de k produtos processados na sub-região j .

C_j = um vetor $(n + r) \times 1$ de custos das atividades de produção de n produtos agrícolas e r culturas energéticas na sub-região j .

X_j = um vetor $(n + r) \times 1$ de atividades de produção de n produtos agrícolas e r culturas energéticas na sub-região j .

d_j = um vetor $r \times 1$ de custos de transporte de r produtos de biomassa das propriedades até as destilarias na sub-região j .

R_j = um vetor $r \times 1$ de quantidades de r produtos de biomassa transportadas das propriedades até as destilarias na sub-região j .

t_j = um vetor $k \times 1$ de custos de transporte para k produtos processados na sub-região j .

e_j = um vetor $s \times 1$ de custos das s atividades de processamento na sub-região j .

W_j = um vetor $s \times 1$ das s atividades de processamento na sub-região j .

- A_j = uma matriz $m \times (n + r)$ de coeficientes técnicos referentes a m recursos utilizados nas $n + r$ atividades de produção agrícola na sub-região j .
- B_j = um vetor $m \times 1$ de recursos agrícolas disponíveis na sub-região j .
- F_j = uma matriz $(n + r) \times (n + r)$ de coeficientes de transformação de unidades de atividades agrícolas (ha) em unidades de produção agrícola (ton) na sub-região j .
- D_j = uma matriz $r \times s$ de coeficientes técnicos das atividades de processamento da biomassa na sub-região j .
- E_j = uma matriz $k \times s$ de coeficientes de transformação de unidades de produtos na sub-região j .

A função-objetivo representada pelo modelo acima é um polinômio do segundo grau e, desta forma, pode ser tratada como um problema de programação quadrática, isto é: identificar valores não negativos das variáveis da função-objetivo que maximizam este polinômio enquanto sejam satisfeitas as equações lineares das restrições. A solução deste modelo é simultaneamente determinada para todos os componentes do mesmo. Assim, simulações de possíveis ajustamentos no sistema integrado de produção de álcool são refletidos pelas mudanças nas soluções ótimas do modelo quando algum parâmetro do mesmo for alterado.

O modelo de análise de produção de álcool para a região estudada engloba três níveis de atividades: produção agrícola, processamento da biomassa e transporte da biomassa e álcool produzido. Os critérios adotados para modelar estas atividades na matriz de programação são resumidos como seguem:⁴

Atividades agrícolas

A região estudada foi dividida em 20 sub-regiões, levando-se em consideração condicionantes físicos de solo e clima, concentração de culturas e potencialidades para a produção de biomassa. As principais atividades agropastoris desenvolvidas em cada sub-região foram programadas para competir pelos recursos agrícolas — terra e mão-de-obra — disponíveis nas mesmas. Ao todo, foram selecionadas doze atividades, sendo: cana-de-açúcar, mandioca e eucalipto como culturas energéticas e

⁴ Os dados básicos para a elaboração do presente trabalho foram obtidos de Mattuella (1980). Informações mais detalhadas a respeito de dados utilizados e elaboração dos mesmos podem ser encontradas naquele trabalho. Os preços dos insumos foram corrigidos para o primeiro semestre de 1982, utilizando-se para tal o Índice Geral de Preços — disponibilidade interna da Fundação Getúlio Vargas.

amendoim, algodão, arroz, batata-inglesa, feijão, milho, soja, trigo e gado como produtos alimentares e/ou de exportação. Diversos processos de produção para cada uma destas atividades foram programados. Estes processos foram selecionados tendo em vista a representação das práticas agrícolas mais adotadas pelos produtores em cada sub-região. De modo geral, cada atividade foi programada tendo por base os equipamentos usados na execução das tarefas da mesma e o uso de insumos. Assim, quanto à utilização dos equipamentos, os processos de produção foram agrupados em:

- a. tração animal;
- b. semi-mecanizado; e
- c. mecanizado.

Além disso, foram adotados, para cada um destes processos, diversos níveis de uso de fertilizantes, compatíveis com aqueles que os produtores na sub-região normalmente adotavam para a cultura em foco. Desta forma, os processos de produção adotados no trabalho representam as práticas agrícolas mais usadas pelos produtores e não necessariamente aquelas que seriam, tecnicamente, as mais recomendadas.

Uma parcela de recursos terra e mão-de-obra foi deduzida das disponibilidades de cada sub-região, para atender às atividades agrícolas que não foram incluídas no modelo. A disponibilidade de terra foi dividida para dois períodos, inverno e verão, para possibilitar a programação de culturas cultivadas nestas estações do ano. A disponibilidade de mão-de-obra, por outro lado, foi distribuída em quatro períodos, correspondentes aos meses de março a maio, junho a agosto, setembro a novembro, e dezembro a fevereiro. Adotou-se este critério visando adequar à utilização deste recurso o desenvolvimento do processo produtivo das atividades agrícolas programadas, e para detectar "piques" de uso do mesmo. Todos os insumos, exceto terra e mão-de-obra, que demandassem energia, tanto direta como indireta, foram medidos em unidades físicas e expressos em óleo diesel equivalente (o mesmo critério foi adotado para as atividades de processamento e transporte). Este procedimento permite parametrizar os preços da energia (óleo diesel equivalente), afetando simultaneamente o custo dos insumos de cada atividade e o valor da energia produzida (álcool). Também permite avaliar as inter-relações existentes entre as culturas energéticas e não-energéticas e os efeitos na realocação dos recursos a diferentes níveis de preços da energia.

Atividades de processamento

Estas atividades referem-se à transformação da biomassa em álcool

e/ou açúcar. Três processos de transformação foram considerados no modelo:*

- a. açúcar e álcool de cana-de-açúcar, com o aproveitamento do bagaço como fonte de energia;
- b. álcool de cana-de-açúcar, e a utilização do bagaço como fonte de energia;
- c. álcool de mandioca, usando eucalipto como suprimento de energia no processo.

Considerou-se, no trabalho, somente um tamanho de destilaria, com capacidade de produção equivalente a 120.000 litros/álcool/dia. Admitiu-se, também, um retorno (mark-up) de 20% sobre os custos operacionais das destilarias como remuneração aos empresários das mesmas. Supôs-se que qualquer lucro adicional além deste nível retornaria aos produtores agrícolas em forma de incentivo à produção de biomassa.

Atividades de transporte

Este terceiro grupo de atividades representa a programação de movimento (transporte) de biomassa, produtos e subprodutos originários do processo de transformação. Para o cálculo do custo de transporte, tanto da matéria-prima como dos produtos e subprodutos obtidos nas destilarias, foram considerados, em cada sub-região, fatores como: sistema viário, relevo e densidade de produção de culturas energéticas.

O modelo regional de análise foi desenvolvido com base em demandas para produtos agrícolas projetadas para 1985.

Face à inexistência de funções de demanda já calculadas para estes produtos, tanto a nível nacional como regional, elas foram aproximadas, neste trabalho, usando-se os seguintes critérios:

1. Primeiro, supôs-se que as quantidades demandadas para os produtos agrícolas fossem determinadas somente pelos seus respectivos preços e que estas relações de preço-quantidades pudessem ser expressas por uma equação linear do tipo $Q = a - bP$.

2. Usando-se dados disponíveis de elasticidade-preço da procura, consumo *per capita* e preços médios de 1980, para cada produto, aproximou-se uma equação de demanda assim:

$$b_i = \frac{E_i Q_i}{P_i} \quad \text{e} \quad a_i = Q_i + bP_i$$

onde:

- E_i = elasticidade-preço da procura para o produto i ;
 Q_i = consumo *per capita* do produto i
 P_i = preço médio de 1980 para o produto i ;
 b_i = coeficiente angular da equação da demanda do produto i ;
 a_i = intercepto da equação da demanda do produto i .

3. As equações da demanda estabelecidas em (b) se referem a um indivíduo e a preços a nível de varejo. Para se chegar à demanda global para cada produto, as equações estimadas foram ajustadas para a população de 1980, incluindo-se, neste ajustamento, exportações líquidas (importação menos exportação). A seguir, estas demandas foram corrigidas para preços a nível de produtor, usando-se, para tanto, uma margem de comercialização constante (mark-up) definida como sendo a diferença entre o preço a varejo e o preço pago ao produtor. Para se chegar à demanda regional, desagregou-se a demanda estimada para o País, usando-se, para tal, ponderações de população e participação da produção regional em relação ao global produzido.

4. O deslocamento da demanda no tempo (projeção para 1985) foi estabelecido da seguinte forma:

$$c = e + ry$$

onde:

- c = taxa de mudança no consumo;
 e = taxa de crescimento populacional;
 r = elasticidade renda do produto considerado;
 y = taxa de crescimento da renda.

Desta forma, a quantidade de produto demandada no período t , dado um preço constante, pode ser calculada como segue:

$$Q_t = (1 + c)^t Q_0$$

onde:

- Q_t = quantidade demandada no período t mantendo-se o preço do produto constante;
 Q_0 = quantidade demandada no período 0 (1980);
 c = mudança no consumo.

Os preços de energia (óleo diesel equivalente) são parametrizados em cinco níveis, sendo que o mais alto representa um acréscimo de 80% sobre o preço considerado como base (Cr\$ 40,00 por litro de diesel). Adotou-se como preço-base da energia o preço médio do litro do óleo diesel vigente na região em junho de 1981 (Cr\$ 32,50), acrescido de um diferencial de 23%. Com este diferencial, procurou-se, apesar de forma arbitrária, eliminar o subsídio que incide sobre o preço deste combustível. No seu total, a matriz de programação resultante do modelo da análise regional contém 510 linhas e 602 colunas, excluindo-se da mesma as variáveis auxiliares.

RESULTADOS

Antes de entrar nesta etapa da análise, é importante recordar que as soluções ótimas do modelo representam uma aproximação de um equilíbrio geral, sob o pressuposto de que todos os agentes envolvidos atuem como se estivessem num mercado de competição perfeita. Assim, os resultados obtidos nestas soluções ótimas estão condicionados a este tipo de estrutura de mercado. Também cabe ressaltar que será apresentado apenas aquele subconjunto de resultados que mais diretamente se relacione com o objetivo central do trabalho. Estes resultados serão apresentados em duas partes: a primeira parte são os referentes à viabilização e potencialidade da produção de álcool e seus efeitos na utilização do recurso terra disponível na região. Na segunda parte, serão apresentados os resultados referentes ao objetivo central do trabalho, que é o efeito do desenvolvimento do plano do álcool em relação à utilização da mão-de-obra agrícola.

Viabilização econômica da produção de álcool e os impactos no uso do solo

O potencial regional de produção de álcool para as parametrizações do preço da energia está resumido na Tabela 1. Para preços baixos do petróleo, refletidos pelo preço do óleo diesel, a produção de álcool não é expressiva. Além disso, esta produção provém da destilação do melaço, sendo, portanto, um subproduto da produção de açúcar. O preço do diesel, que favorece a utilização direta da biomassa para a produção de álcool, situa-se ao redor de Cr\$ 56,00. Este preço, entretanto, é bem mais elevado do que o preço cobrado pelo óleo diesel no mercado interno em junho de 1981 (Cr\$ 32,50). Se o preço administrado para o óleo diesel espelhar o custo do petróleo importado, e supondo que o preço deste último se mantenha estável, pode-se concluir que, dadas as condições prováveis de mercado para produtos agrícolas

em 1985, a produção de álcool pela transformação direta da biomassa não seria competitiva com a alternativa de importação do petróleo. Entretanto, à medida em que os preços internacionais do petróleo tenderem a se elevar, mais competitiva se torna a produção de álcool; isto, quando essa produção é examinada puramente em termos de competição pelo uso dos recursos agrícolas com os outros produtos também produzidos no setor.

Os resultados da análise mostram que a cana-de-açúcar, entre as culturas energéticas consideradas, é a melhor alternativa para produção de álcool. A mandioca não mostrou ser competitiva para este fim. À medida em que a produção de cana-de-açúcar se expande, através da substituição de culturas e/ou pela realocação espacial das mesmas dentro da região, a competição pelo uso da terra se torna mais acirrada e a cultura da mandioca perde sua competitividade em relação aos produtos das lavouras. Deve-se salientar, entretanto, que as técnicas de produção usualmente utilizadas no cultivo da mandioca na região, e desta forma programadas no modelo conforme explicitado anteriormente, são bastante tradicionais, o que resulta em baixa produtividade da mesma por unidade de área. Entretanto, pesquisas agronômicas recentes indicam que é possível, através de melhoramentos genéticos e novas práticas agrícolas, aumentar substancialmente a produtividade desta cultura. Assim, não é descartável a hipótese de que, para o futuro, a mandioca se torne uma opção como matéria-prima para a produção de álcool, principalmente nas regiões de minifúndio e/ou com fatores climáticos e solos não favoráveis à produção de cana-de-açúcar.

A produção potencial de álcool na região é bastante significativa para preços altos da energia. A quantidade produzida a estes preços seria mais do que suficiente para atender ao atual consumo regional de gasolina, bem como poderia atender à meta de produção estabelecida no PROALCOOL para 1985, que é de 10,7 bilhões de litros de álcool. Entretanto, para que estes níveis de produção de álcool possam ser viabilizados, são necessárias importantes mudanças nas combinações dos empreendimentos agropastoris desenvolvidos na região. Os dados da Tabela 2 mostram que para se expandir a produção de biomassa, outras atividades agropastoris terão suas áreas diminuídas. Note-se que, em termos de área cultivada, a redução das lavouras não energéticas é relativamente pequena, sendo, aproximadamente, de 4%. Porém, o impacto maior se verificaria na pecuária, com uma redução, na área destinada a esta atividade, de, aproximadamente, 23%. Para se produzir, por exemplo, 16 bilhões de litros de álcool (Tabela 1), a área adicional destinada à produção de biomassa (Tabela 2) seria da ordem de 4 milhões de hectares. Deste total, 82% seriam resultantes da redução da atividade pe-

cuária, e o restante, da substituição de outras culturas programadas no modelo. Situação similar se verificaria para outros níveis de produção de álcool.

Efeitos da produção de álcool sobre o emprego agrícola

O processo de substituição de atividades agrícolas para dar lugar à produção de biomassa, como pode ser visto nas tabelas que se seguem, resulta em importantes alterações no uso da mão-de-obra rural. Para melhor avaliar o impacto que teria a implantação do plano do álcool no uso da mão-de-obra agrícola, os resultados das soluções são apresentados para a região como um todo e, também, desmembrados para duas zonas distintas de produção: zona de produção de biomassa e zona de produção de alimentos. A zona de biomassa corresponde ao agrupamento das sub-regiões de programação, onde, por condições de solo e clima, a cultura da cana-de-açúcar é possível. Por outro lado, a zona de alimentos compreende as outras sub-regiões, onde os condicionantes de solo e clima não favorecem o cultivo da cana-de-açúcar, podendo, entretanto, oferecer condições para outras culturas energéticas, como a mandioca. Em ambas as regiões, além das culturas energéticas, são produzidos outros produtos agrícolas programados no modelo.

TABELA 1. Potencial de produção de álcool para a região estudada total e por fonte de matéria-prima a diferentes preços da energia — soluções ótimas do modelo.

Níveis de preços da energia (Cr\$ p/l de diesel)	Potencial de produção de álcool (em milhões de litros)		
	Total	Cana-de-açúcar	Mandioca
40,00	546,9	564,9	-
48,00	564,9	564,9	-
56,00	858,4	858,4	-
64,00	16.934,0	16.934,0	-
72,00	21.558,2	21.558,2	-

Fonte: dados da pesquisa.

TABELA 2. Uso da terra, por grupo de atividades agropastoris a preços diferentes para a energia – soluções ótimas do modelo.

Níveis de preços da energia (Cr\$ p/l de diesel)	Disponibilidade total (em 1.000 ha)	Atividades agropastoris (em 1.000 ha)		
		Pecuária	Culturas energéticas	Culturas não energéticas
40,00	39.568,4	18.356,4	798,0	20.414,0
48,00	39.568,4	18.421,8	798,2	20.340,0
56,00	39.568,4	18.399,3	873,0	20.296,1
64,00	39.568,4	15.025,0	4.781,3	19.762,1
72,00	39.568,4	14.038,7	5.960,0	19.569,7

Fonte: dados da pesquisa.

A utilização da mão-de-obra, em dias-homem equivalente, e para as parametrizações do preço de energia, é apresentada na Tabela 3. De modo geral, pode-se verificar que, à medida que os preços da energia aumentam, volume maior de mão-de-obra é empregado. Duas razões básicas explicam esta relação direta entre os preços da energia e o uso da mão-de-obra: primeiro, preços mais elevados para a energia favorecem o uso, para todas as atividades agrícolas programadas, de processos produtivos menos intensivos em energia e mais intensivos em mão-de-obra, visto ser, o preço desta última, constante no modelo; segundo, na medida em que os preços da energia aumentam, as culturas energéticas que demandam mais mão-de-obra do que as outras atividades agrícolas passam a ser competitivas, substituindo estas últimas nas soluções ótimas. Assim, o resultado líquido da combinação destes dois efeitos favorece o uso mais intensivo da mão-de-obra. Estes efeitos se tornam mais evidentes quando comparados os resultados do uso de mão-de-obra por zonas de produção. Em regiões propícias ao cultivo da cana-de-açúcar, os preços de energia que tornam a produção de álcool viável (Cr\$ 56,00 e acima) induzem a um substancial aumento no emprego da mão-de-obra. Fato similar também é detectado na zona de produção de alimentos, porém com um percentual de aumento inferior ao das primeiras. Além disso, nota-se que nas regiões de culturas não energéticas o emprego da mão-de-obra inicialmente cai quando o custo da energia passa de Cr\$ 40,00 para Cr\$ 56,00. Isto ocorre principalmente porque a cultura do trigo tem sua área gradativamente reduzida à medida que o preço da energia aumenta, e quando estes atingem Cr\$ 56,00, esta cultura se torna economicamente inviável, saindo, desta forma, das soluções ótimas do modelo. Entretanto, a redução no uso da mão-de-obra pela redução

da área cultivada com trigo não chega a ser tão sensível, pois o efeito é atenuado através da utilização de técnicas de produção mais intensivas em mão-de-obra nas culturas programadas.⁵

TABELA 3. Uso da mão-de-obra em dias-homem equivalente, para a região e zonas de produção, aos diversos preços da energia — soluções ótimas do modelo.

Níveis de preços da energia (Cr\$ p/l de diesel)	Uso da mão-de-obra (em 1.000 dias-homem equivalente)		
	Total da região	Zonas de produção	
		Biomassa	Alimentos
40,00	261.135,6	113.803,7	147.331,8
48,00	261.517,9	115.756,9	145.760,8
56,00	273.066,7	132.063,9	141.002,9
64,00	370.022,9	204.448,5	165.574,4
72,00	400.538,8	231.141,1	169.397,5

Fonte: dados da pesquisa.

A Tabela 4, por seu turno, mostra como o emprego da mão-de-obra envolvida diretamente na produção das atividades-programas no modelo se distribui ao longo do ano agrícola. Na zona sem produção de biomassa, tem-se, aproximadamente, o mesmo volume de mão-de-obra utilizada ao longo do ano, com exceção para o período de junho/agosto, onde o mesmo cai sensivelmente. Esta mesma tendência permanece quando os preços da energia são parametrizados. Na zona de produção de biomassa, o volume empregado de mão-de-obra atinge seu ponto mais alto nos períodos de dezembro/fevereiro e março/maio, sendo também junho/agosto o de menor utilização da mesma, isto para preços mais baixos da energia. À medida que os preços da energia se elevam, favorecendo assim a produção de cultivos energéticos, o emprego da mão-de-obra tende a se modificar, passando sua utilização a ser maior exatamente nos períodos onde antes era menor. Esta tendência, aliás, é justificada, visto que estes períodos coincidem com a época da colheita da cana-de-açúcar onde a utilização da mão-de-obra é bastante elevada. Comporta-

⁵ Na região estudada, a cultura do trigo é usualmente desenvolvida em sucessão com a da soja. Quando o trigo sai das soluções, o volume global das terras utilizadas com a produção de culturas não energéticas não se altera, visto que a soja permanece nestas soluções ótimas. Neste caso, ocorre simplesmente uma redução no aproveitamento da terra disponível no período de inverno.

TABELA 4. Uso da mão-de-obra em dias/homem equivalente, por período e por zona de produção, aos diversos preços da energia – soluções ótimas do modelo.

N (veis de preços da energia (Cr\$ p/l de diesel)	Utilização da mão-de-obra (em 1.000 dias/homem equivalente)							
	Zona de produção de alimentos				Zona de produção de biomassa			
	Mar./maio	Jun./ago.	Set./nov.	Dez./fev.	Mar./maio	Jun./ago.	Set./nov.	Dez./fev.
40,00	47.787,4	15.119,8	40.911,5	43.513,1	34.415,3	16.073,3	26.540,0	36.774,6
48,00	47.477,6	14.429,8	40.410,8	43.442,6	34.375,7	16.059,6	27.560,4	37.761,2
56,00	47.126,1	12.679,6	39.389,7	41.807,5	35.738,3	20.266,5	32.318,8	43.740,2
64,00	54.549,6	18.826,7	44.222,7	47.222,7	39.716,0	68.151,4	51.365,3	42.215,8
72,00	56.570,7	18.773,6	45.111,0	45.111,0	42.659,4	79.772,8	59.277,1	49.431,8

Fonte: dados da pesquisa.

mento similar pode ser visualizado para a região como um todo, conforme os índices apresentados na Tabela 5.

TABELA 5. Índice de emprego da mão-de-obra agrícola da região, por trimestre e para diversos preços da energia média trimestral (base) = 100.

Níveis de preços da energia	Índice médio trimestral	Índice de utilização da mão-de-obra				Desvio médio absoluto
		Mar./maio	Jun./ago.	Set./nov.	Dez./fev.	
40,00	100,0	125,9	47,8	103,3	123,0	26,1
48,00	100,0	125,2	46,6	104,0	124,0	26,7
56,00	100,0	121,4	48,3	105,0	125,3	25,8
64,00	100,0	101,9	94,0	103,3	100,8	3,0
72,00	100,0	99,2	98,4	104,2	98,2	2,1

Fonte: dados da pesquisa.

Para a elaboração dos índices trimestrais de emprego da mão-de-obra na região, adotou-se como base o valor médio trimestral do uso da mesma verificado nas soluções ótimas do modelo referentes a cada parametrização do preço da energia. Os valores da mão-de-obra utilizada em cada trimestre obtidos nestas soluções foram expressos em índices do valor base. Paralelamente, calculou-se o desvio absoluto médio destes índices para cada preço parametrizado da energia. Este desvio absoluto médio é um indicador da intensidade de sazonalidade do emprego da mão-de-obra ao longo do ano agrícola. Nota-se que esta intensidade da sazonalidade é relativamente estável para preços baixos da energia, caindo, entretanto, quando os mesmos se elevam. Assim, para a região como um todo, a produção de álcool tenderia a equalizar o emprego da mão-de-obra ao longo do período agrícola. Salienta-se, entretanto, que esta constatação, válida para a região como um todo, não é necessariamente para sub-regiões específicas nela localizadas, pois a concentração sub-regional tanto da produção de outras culturas como da biomassa pode gerar níveis elevados de sazonalidade no emprego agrícola.

Cabe destacar também que a mão-de-obra existente na região não se traduz em fator limitante para o desenvolvimento das atividades agrícolas. Para todas as parametrizações do preço da energia, o volume de mão-de-obra empregado sempre foi menor do que a disponibilidade global da mesma na região. Entretanto, em algumas sub-regiões de programação e para certos períodos do ano, a mão-de-obra passa a ser fator limitante quando a produção de biomassa atinge níveis elevados. Desta forma, a concentração espacial da produção de biomassa pode gerar escassez de mão-de-obra local para o atendimento de outros cultivos.

CONCLUSÕES

Os resultados do modelo analítico apresentados acima sugerem que a implementação do plano do álcool na região sul do País terá importantes implicações, tanto de ordem econômica como social. A produção de álcool em grande escala, dentro de uma estrutura de mercado competitiva, é factível, porém, somente para preços altos para a energia. Isto significa que, dados os preços atuais do petróleo, a produção de biomassa não seria competitiva dentro deste tipo de estrutura de mercado. Sua viabilização, entretanto, se torna factível quando são utilizadas políticas de direcionamento do mercado e/ou sejam consideradas outras variáveis não diretamente relacionadas com o mesmo. Assim, o estágio atual da implementação do plano do álcool é justificado mais pelos estímulos de direcionamento do mercado do que pela livre atuação das forças do mesmo.

Os resultados da análise mostram, também, que a produção de álcool na região, independentemente da forma de sua viabilização, determinará importantes ajustamentos na utilização dos recursos agrícolas, tanto a nível de produtos como a nível regional. A expansão na produção de culturas energéticas necessárias para atender o crescimento na demanda de matéria-prima pela indústria do álcool se realizará, em grande parte, através da substituição de outros empreendimentos agrícolas. O efeito desta substituição de atividades tenderá a ser mais intenso nas áreas propícias à produção de cana-de-açúcar. Paralelamente, as culturas substituídas nestas áreas tenderão a se deslocar para outras zonas dentro da região, desalojando sucessivamente aquelas atividades menos rentáveis que lá estão sendo desenvolvidas. Entre estas últimas, a que tenderia a sofrer um impacto maior seria a pecuária, pois parcela ponderável da área com pastagem seria transformada em área de lavouras. Entretanto, apesar destes ajustamentos no perfil da produção, no confronto geral, todos os demais cultivos também teriam suas áreas cultivadas diminuídas, porém em menor intensidade.

Como o fator terra é o recurso mais limitante na região, é de esperar que a produção de maiores quantidades de biomassa torne a competição por este recurso mais acirrada e, como conseqüência, uma provável elevação no preço do mesmo. Isto, indiretamente, acarretaria ocasionais custos de produção mais elevados para todos os produtos agrícolas. Assim, o provável efeito no custo de produção associado com a substituição de culturas para dar lugar à maior produção de biomassa implicaria menores quantidades de produtos agrícolas ofertadas, com reflexos negativos sobre o preço dos mesmos, no abastecimento interno e nos excedentes de exportação.

Em contrapartida, a implementação do plano do álcool na região aumentaria substancialmente o emprego da mão-de-obra rural aí existente. Além disso, a mudança no perfil da produção agrícola induzida pela expansão nas culturas energéticas tenderia a reduzir a sazonalidade do uso da mão-de-obra ao longo do período agrícola. Conseqüentemente, a produção regional de combustíveis líquidos através de fontes alternativas se constituiria em importante fator na geração de novos empregos agrícolas, o que viria colaborar com a fixação do homem ao campo, por um lado, e propiciaria uma remuneração melhor pelo seu trabalho, por outro.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, R.I. **Agricultural adjustment to Brazil's Alcohol Program; a regional analysis.** Columbus, Ohio, The Ohio State University, 1979. Tese Doutorado.
- DULLY, J.H. & NORTON, R.D. Price and incomes in linear programming models. *Am. J. Agric. Econ.*, 57(4):591-600, nov., 1975.
- MATUELLA, J.L. **Economic impact of alcohol production on agriculture in Southern Brazil.** Columbus, Ohio, The Ohio State University, 1980. Tese Doutorado.
- PELIN, E.R. The impact of Brazil's PROALCOOL on land prices and crops substitution. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE TECNOLOGIA DOS ALCOOIS COMO COMBUSTÍVEIS, 4.^o, Guarujá, SP, 5 a 8 out. 1980. *Anais...* v.2, p.831-6.
- RASK, N. & ADAMS, R.I. **Regional competitiveness of alcohol production in Brazil.** Columbus, Ohio, Department of Agricultural Economics and Rural Sociology, The Ohio State University, 1978. Mimeografado.
- RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Agricultura. Porto Alegre. **Possibilidades de expansão das culturas potencialmente energéticas: mandioca e cana-de-açúcar.** Porto Alegre, 1976.
- STOECKER, A.L. **A quadratic programming model of United States agriculture in 1980; theory and applications.** Ames, Iowa, Iowa State University, 1974. Tese Doutorado.
- TAKAYAMA, T. & JUDGE, G.G. **Spacial and temporal price and allocation models.** Amsterdam, North-Holland Publishing, 1971. 528p.
- VERGARA FILHO, O. A escassez de combustível e as implicações das opções de substituição dos derivados de petróleo. *R. Econ. rural, Brasília*, 19(4):651-80, out./dez., 1981.