



The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search
<http://ageconsearch.umn.edu>
aesearch@umn.edu

Papers downloaded from AgEcon Search may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.

No endorsement of AgEcon Search or its fundraising activities by the author(s) of the following work or their employer(s) is intended or implied.

AZ

12 ✓

Department of AGRICULTURAL ECONOMICS

ALIMENTOS E ENERGIA: COMO COMPATIBILIZAR O CONFLITO EMERGENTE?

GIACCHINI FOUNDATION OF
AGRICULTURAL ECONOMICS

by

...AT 3 1982
...AT 3 1982
...AT 3 1982
...AT 3 1982

Paulo Roberto Silva

Working Paper No. 12

**COLLEGE OF AGRICULTURE
The University of Arizona**

Tucson, Arizona 85721

ALIMENTOS E ENERGIA: COMO COMPATIBILIZAR
O CONFLITO EMERGENTE?

by

Paulo Roberto Silva

Working Paper No. 12

Collaborative research project on energy
production from the agricultural sector in
Northeast Brazil. USDA/OICD Contract No.
CR-3-0 DC2A

Banco do Nordeste do Brasil
Universidade Federal do Ceará
University of Arizona

September 1981

PREFÁCIO

Os trabalhos desta série* são resultantes de um programa de pesquisa e cooperação técnica envolvendo as Universidades do Arizona - USA, o Banco do Nordeste do Brasil (BNB/ETENE) e a Universidade Federal do Ceará (CCA/DEA). Referido programa foi iniciado em Setembro de 1980, e tem, entre outros objetivos, o de estudar os aspectos técnicos e econômicos da utilização da biomassa para fins energéticos.

Além do apoio institucional acima mencionado, conta o programa com o suporte financeiro do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA/USA) e do Conselho Nacional de Pesquisas do Brasil (CNPq/SEPLAN).

Alguns dos trabalhos produzidos serão distribuídos entre pesquisadores e pessoas interessadas na área, e deverão ser publicados em dois idiomas: português e inglês. O conteúdo dos mesmos não apresenta necessariamente a opinião das instituições patrocinadoras, de forma que os conceitos e opiniões emitidos são de exclusiva responsabilidade dos autores.

Esses trabalhos, em sua grande maioria, também se apresentam como versões preliminares, portanto sujeitos a críticas e revisões. Oportunamente, alguns deles deverão ser selecionados para publicação como monografias, ou artigos em revistas especializadas. Quaisquer críticas, sugestões, ou comentários sobre a forma e o conteúdo dos trabalhos divulgados poderão ser dirigidos às seguintes pessoas e endereços:

Dr. Roger W. Fox
Dept. Agr. Economics
Univ. of Arizona
Tucson, AZ 85721
USA

Dr. Paulo Roberto Silva
BNB/ETENE
Caixa Postal 628
60000 Fortaleza-CE
Brasil

Dr. Jose V. Bisserra
UFC/CCA/DEA
Caixa Postal 354
60000 Fortaleza-CE
Brasil

*Outros trabalhos já publicados neste série:

"Net Energy Analyses of Alcohol Production from Sugarcane in the Cariri Region of Ceará, Brazil," by Ahmad Saeed Khan and Roger Fox, Working Paper No. 10, July 1981.

"An Evaluation of the Structural and Economic Effects of the PROALCOOL Program in Northeast Brazil: A Dissertation Proposal," Working Paper No. 11, August 1981.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
2. O PROBLEMA DE ALOCAÇÃO DE RECURSOS COMPETITIVOS PARA A PRODUÇÃO DE ENERGIA E DE ALIMENTOS	3
2.1 Projeção de Tendência Histórica e Zonea- mentos Edafoclimáticos Como Base Para Estimativa do Potencial Produtivo da Biomassa Energética	4
2.2 A Curva de Possibilidades de Produção: Um Enfoque Alternativo.	7
2.2.1. Caracterização Geométrica do Conflito.	7
2.2.2. Caracterização Algébrica e Com- patibilização do Conflito	10
2.3 Viabilidade Empírica e Operacionalização do Modelo Proposto: A Técnica da Programação Linear.	13
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	17
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20

I. INTRODUÇÃO

O papel da agricultura como fonte primária de energia tem sido bastante significativo em nosso país, não obstante sua função primordial ainda ser a produção de alimentos e matérias-primas para o consumo interno e externo. Ultimamente, ante a desfavorável conjuntura mundial e o eminente colapso no abastecimento mundial de petróleo, tem-se reservado ao setor agrícola, mais um grande desafio que é o equacionamento do problema energético, através do aproveitamento da biomassa.

Ante essa nova perspectiva, o setor agrícola é duplamente sobrecarregado pois, além de ofertar em caráter prioritário alimentos para a população, deverá, ao mesmo tempo, incrementar a pauta de exportações e dinamizar a produção de biomassa para fins energéticos. O lado mais crítico da questão é que todos esses programas despontam como prioritários^{*/}, mas, devido à escassez de recursos, dificilmente poder-se-ia viabilizá-los simultaneamente.

Tais conflitos, que caracterizam os desencontros da política governamental no país, vem sendo causticamente criticado nos últimos anos pelo fato de alguns programas de área energética, imporem sérias restrições à implementação e ao futuro de outros planos, principalmente aqueles do setor agrícola (8,12). A dupla questão envolvendo a disponibilidade de recursos para a produção

^{*/} Conforme destacado no III PND(14) pp. 57.

de biomassa e a competição com as culturas alimentares recrudesce enfaticamente, em especial no Nordeste, onde a escassez de terras férteis e o problema alimentar são dois condicionantes de importância transcendental (10).

Muitos talvez argumentassem que, no caso do Brasil, um país imenso e com uma apreciável base física de recursos naturais, esse problema é irrelevante, embora isto não invalide o esforço ou tentativa de alguém questionar. Ademais, o que é verdadeiro para o dodo nem sempre prevalece para as partes, e, como as decisões políticas são em geral muito arbitrárias e precedidas de inquestionáveis juízos de valor, é lícito tentar aperfeiçoá-las principalmente no que diz respeito à seleção e determinação de prioridades, sejam elas nacionais ou regionais.

Este trabalho ataca formalmente o problema e analisa a natureza do dilema em questão, de modo particular o clássico problema de alocação recursos competitivos entre a produção de alimentos e de energia. Saliente-se na oportunidade que, durante o desenvolvimento deste texto, não houve preocupação excessiva de apresentar algo original. A idéia é muito mais explicitar claramente o problema, visando estimular o debate entre os cientistas físicos e sociais empenhados em minimizar o conflito, e indicar alternativos cursos de ação.

A análise efetuada é, de certa forma, genérica e inicia com algumas qualificações de natureza metodológica, sobre os métodos usualmente utilizados na quantificação dos recursos e do potencial produtivo da biomassa para fins energéticos. Subseqüentemente, são estabelecidas as bases conceituais do

problema e indicado um tratamento analítico mais adequado e realista, objetivando a sua solução.

2. O PROBLEMA DE ALOCAÇÃO DE RECURSOS COMPETITIVOS PARA A PRODUÇÃO DE ENERGIA E DE ALIMENTOS:

Tem sido uma tradição nesse país a concepção de planos e programas irrealistas, fora do contexto nacional e inteiramente dissociados dos reais interesses e aspirações da sociedade. Também virou rotina conceberem-se projetos dentro de um clima estritamente emocional e implementá-los antes mesmo de as idéias serem devidamente maduras e observados os seus custos e reais benefícios a curto e longo prazos.

As expectativas da tecnoburocracia e dos porta-vozes oficiais com relação aos programas delineados pelo governo são tão otimistas que chegam quase ao ufanismo. O exemplo mais atual é o PROÁLCOOL, um dos programas especiais de área energética, voltado para a produção de substitutos de alguns dos derivados do petróleo*/.

Em torno do PROÁLCOOL concentram-se no momento todas as atenções e recursos; simularam-se novas áreas para a produção da matéria-prima e ampliou-se o crédito para a produção agrícola, pesquisa básica, tecnológica e desenvolvimento industrial. A despeito de tudo isso, entretanto, esquece-se do mais fundamental que é o fato de ser o PROÁLCOOL um programa desenvolvimento, e, como tal, não pode estar dissociado de outros planos e projetos, sejam eles nacionais, regionais ou setoriais.

*/ Para maiores detalhes sobre o PROALCOOL, veja: (2,4,7,9,11).

Dentro desta ordem de idéias preocupa sobretudo a invocada participação da agricultura no programa como se a disponibilidade atual e futura de biomassa energética não tivesse qualquer impacto sobre a área agrícola disponível para outras culturas como as alimentícias e as de exportação. O irrealismo dessa suposição é calcado nos tratamentos inadequados que se dão às estimativas da oferta de matéria-prima e ao problema alocativo dos recursos escassos entre a produção de alimentos e de biomassa, conforme será discutido nas secções a seguir.

2.1 Projeção da Tendência Histórica e Zoneamentos Edafoclimáticos Como Base Para Estimativa do Potencial Produtivo da Biomassa Energética

A produção e diversificação de matérias-primas energéticas é inquestionavelmente o problema mais crucial a ser enfrentado pelo PROÁLCOOL e outros programas concebidos nessa área^{*/}. Dúvidas persistem com relação à oferta de matéria-prima, pois os cálculos alusivos ao potencial produtivo são em geral imprecisos, seja pela infidedignidade das estatísticas disponíveis ou mesmo pela ausência completa de informações.

Muitas das estimativas realizadas limitam-se simplesmente às principais zonas de ocorrências das culturas, ou ainda às áreas mais densas de produção. As projeções sobre área cultivada e oferta de matéria-prima via métodos estatísticos convencionais são muito precárias pois admitem uma oferta ilimitada de recursos para

^{*/}Citem-se, entre outros, o Programa de Produção de Óleos Vegetais para fins energéticos, conforme proposição submetida pelo Ministério da Agricultura à Comissão Nacional de Energia em 21 de outubro de 1980.

a produção. Tal hipótese é pouco plausível e levará obviamente a conclusões espúrias e graves erros de imprecisão. Ademais, referidas projeções pressupõem que deverão prevalecer todas aquelas condições do passado (*ceteris paribus*), bastante irrealistas no caso em apreço, onde devem ocorrer ajustamentos na tecnologia, na organização da produção, nas relações de preços fator/produto e em outros fatores que afetam a produção e a produtividade.

Igualmente, parecem bastante precárias as prospecções que se fazem sobre o potencial produtivo da biomassa com base em zoneamentos edafoclimáticos. Além das limitações inerentes ao próprio método na delimitação e mapeamento das áreas de produção, tais zoneamentos são falaciosos, vez que admitem a utilização da terra em função apenas de sua capacidade de uso e não como um recurso competitivo com diferentes alternativas de utilização. Como conseqüência disso, incorre-se num erro de estimativa bastante grosso que é o superdimensionamento do estoque de biomassa existente, motivado (obviamente) pela dupla contagem ou superposição de áreas as quais poderiam ser igualmente aproveitadas para outros fins.

Comunente, as estimativas a partir de zoneamentos, pressupõem uma área agrícola apta ao cultivo de determinado produto (ex.: sorgo) e, com base no seu rendimento físico médio por hectare projeta-se o potencial produtivo. Ora, tal estimativa seria rigorosamente verdadeira se a área agrícola em apreço se prestasse apenas ao cultivo do sorgo. Caso contrário, e como normalmente ocorre poder-se-ia utilizar a mesma área para estimar o potencial produtivo de outras culturas, incorrendo-se num erro

de dupla contagem e grave imprecisão.

Para exemplificar, cite-se um dos mais recentes trabalhos sobre zonamentos edafoclimáticos realizado pelo CEPED, onde foram identificados 149,7 milhões de hectares de terras aptas ao cultivo de algodão, cana-de-açúcar, mandioca, mamona, e sorgo, no Nordeste^{*/}. A título de esclarecimento frise-se que a referida área é quase o dobro do total de terras recenseadas na região e aproximadamente 97,0% da superfície terrestre do Nordeste^{**/}. Por aí se vê quão falaciosos são esses zoneamentos, vez que, apenas cinco culturas chegariam a ocupar mais do que o total das terras agricultáveis da região. Isto ocorre porque o método não exclui as terras que são simultaneamente aptas ao desenvolvimento de várias culturas, acarretando por conseguinte, estimativas tendenciosamente ascendentes da produção.

Do exposto pode-se concluir que, apesar de úteis, os índices de aptidão edafoclimática não são conclusivos e podem, quando utilizados indiscriminadamente, levar a estimativas pouco precisas e sem nenhuma significação. Comparativamente aos métodos de projeção da tendência histórica, os zoneamentos agrícolas levam uma pequena vantagem, mas ainda assim são bastante precários pois não impõem quaisquer restrições quanto a implantação e expansão de atividades agrícolas que competem pelo uso dos

^{*/} De acordo com informações contidas no Relatório Síntese do CEPED: "Relatório V: Oportunidades de Investimento em Agroindústrias no Nordeste". Salvador-BA, julho de 1980. pp. 239.

^{**/} Incluindo: lavouras, pastagens, matas e florestas, terras em descanso, irrigadas e produtivas não utilizadas. Censo Agropecuário de 1975/FIBGE.

mesmos recursos, em especial a terra. No cômputo geral entretanto, ambos os métodos parecem inadequados, pois além de abstraírem a essência do problema, não permitem avaliar as prováveis repercussões de um incremento na área cultivada com biomassa sobre a oferta de outras matérias-primas, inclusive a de alimentos para a população.

2.2 A Curva de Possibilidades da Produção: Um Enfoque Alternativo

2.2.1 Caracterização Geométrica do Conflito

Os métodos tradicionais utilizados no cálculo e estimativa da produção potencial de biomassa ignora implicitamente a possibilidade de utilização dos recursos entre fins alternativos, como, por exemplo, o uso de terra para a obtenção de biomassa ou de alimentos.

Dentro de uma ótica estritamente econômica, tal procedimento é inaceitável, porquanto eqüivaleria dizer que o custo de oportunidade dos recursos escassos e potencialmente disponíveis para essa ou aquela atividade é zero. Ou analogamente, admitir que existem fatores ociosos e, por conseguinte, seria possível expandir indefinidamente a produção de biomassa sem causar quaisquer prejuízos à produção de alimentos para a consumo interno e externo.

Na prática, esta não seria uma caracterização realista do problema, pois, a despeito de existirem momentaneamente fatores ociosos que possibilitem a expansão simultânea de produção de biomassa e de alimentos, a longo prazo, eles devarão competir pelo uso dos mesmos recursos, especialmente a terra. Teoricamente, para definir melhor o problema poder-se-ia considerar duas atividades (alimentos e produção de biomassa), cujas funções de

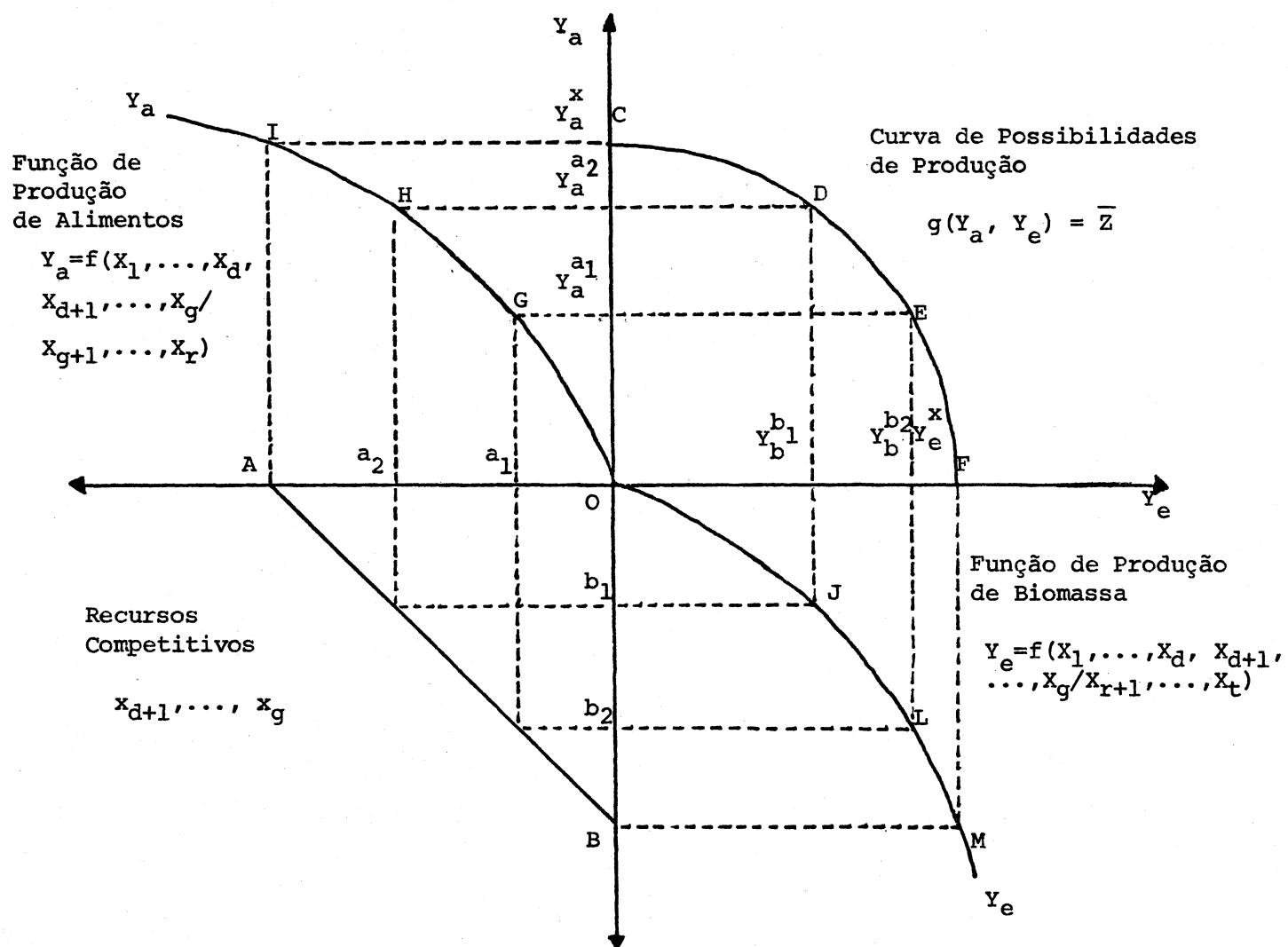


Fig. 1. Derivacão da curva de possibilidades de produção e partes de funções de produção contínuas.

produção agregadas estariam representadas na figura a seguir:
creio que é melhor colocar "na Figura 1."

As funções de produção Y_a e Y_e , especificadas na Figura 1, pressupõem um determinado nível tecnológico (relação fator/produto específico) a podem dar origem a uma curva de possibilidades de produção $g(Y_a, Y_e) = \bar{Z}$, a qual representa a máximo de alimentos e de biomassa que podem ser obtidos a partir dos recursos competitivos e não-competitivos.

O triângulo OAB delimita a disponibilidade de fatores produtivo (montante OA = OB) e, pela forma do diagrama apresentado, vê-se claramente que as atividades Y_a e Y_e competem pelo uso dos mesmos recursos^{*/}. Assim sendo, caso todo o estoque disponível no montante OA viesse a ser alocado para produzir um máximo de alimentos (Y_a^X), nada seria obtido da biomassa. Alternativamente, poder-se-ia utilizar todo o estoque de fatores competitivos (montante OB) para obter um máximo de biomassa (Y_e^X) e nada de alimentos. Soluções intermediárias são obviamente possíveis e, até certo ponto, mais frequentes na vida real. Na Figura 1, por exemplo, verifica-se que seria possível obter diversas combinações de alimentos e de biomassa (pontos D e E) a partir do mesmo estoque de fatores e que dentro da amplitude C F, só seria viável expandir a produção de biomassa reduzindo-se a de alimentos, e vice-versa.

A alocação mais eficiente de cada recurso vai depender dos valores de suas produtividades à margem. Cabe distinguir aqui que os fatores variáveis x_1, \dots, x_d , daqueles como x_{d+1}, \dots, x_g .

^{*/}Note que qualquer combinação dentro do triângulo OAB esgota todo o estoque de recursos competitivos disponível ou seja: $oa_1 + ob_2 = oa_2 + ob_1 = OA = OB$.

os quais, embora limitados para o todo, podem variar entre atividades. No caso dos primeiros, os princípios gerais de equimarginalidade prevalecem e, desse modo, os valores das produtividades marginais de cada um deles na produção de alimentos e de biomassa devem igualar seus respectivos preços e se igualarem entre si, isto é:

$$P_{Y_a} \left(\frac{\partial Y_a}{\partial x_i} \right) / P_{x_i} = P_{Y_e} \left(\frac{\partial Y_e}{\partial x_i} \right) / P_{x_i} \quad i = 1, 2, \dots, d \quad (a)$$

Para aqueles recursos cuja oferta é fixa, mas existem várias atividades competindo pelo seu uso, o montante ótimo a ser alocado é obtido igualando-se os valores de suas respectivas produtividades marginais na produção de cada uma das atividades competitivas (no caso biomassa e alimentos). Implicitamente, isto nada mais é do que a aplicação do princípio do custo de oportunidade*/ pelo uso alternativo desses recursos competitivos; algebricamente esta igualdade pode ser expressa pela seguinte equação:

$$P_{Y_a} \frac{\partial Y_a}{\partial x_i} = P_{Y_e} \frac{\partial Y_e}{\partial x_i} \quad i = d+1, \dots, g \quad (b)$$

Note que na expressão (b), o preço dos recursos x_{d+1}, \dots, x_g , é determinado implicitamente, e o valor imputado a cada um deles para a produção de uma unidade extra de alimento ou de energia, deve corresponder exatamente às suas contribuições marginais. Tomando-se como exemplo o fator terra, o qual poderá ser utilizado tanto em Y_a como em Y_e , significa dizer que no equilíbrio lhe seria

*/ Aqui definido como o valor da produção de alimentos que foi sacrificada em virtude dos recursos competitivos terem sido alocados na produção de biomassa.

atribuído um valor imputado de tal forma que o valor de sua produtividade à margem, para a produção de alimentos, deverá ser exatamente igual ao valor que essa mesma unidade extra ou adicional geraria em sua melhor utilização alternativa (no caso a produção de biomassa).

Convém lembrar que, a curva constituída pelos pontos CDEF (fig. 1) também poderá ser interpretada como uma curva de "iso-custo," haja vista que, ao lonto da mesma, existirão várias combinações de alimentos e de biomassa que poderão ser obtidas a partir de um mesmo estoque de recursos e certamente com o mesmo dispêndio. Alguns desses custos entretanto, como aqueles referentes ao uso dos fatores x_i ($i=d+1, \dots, g$), são imputados e, implicitamente, refletem o seu valor no melhor uso alternativo ou simplesmente um custo de oportunidade. Embora não ilustrado na Figura 1, uma curva de "iso-receita" representando as diversas combinações de alimentos e de biomassa que resultariam sempre na mesma renda poderia ser superposta à curva CDEF. Para se obter o melhor nível de produção, de lucratividade, e, concomitantemente, os montantes ótimos de cada recurso utilizados na produção de alimentos e de biomassa.

2.2.2 Caracterização Algébrica e Compatibilização do Conflito

A Figura 1 é bastante intuitiva e facilita o entendimento do clássico problema de alocação de recursos competitivos e não-competitivos entre diferentes alternativas, como no caso da produção de alimentos e/ou de biomassa. Sua desvantagem mais aparente é que a mesma se restringe apenas a duas atividades, e nem sempre possibilita uma visualização clara das inúmeras

relações (explícitas e implícitas) do problema em questão. A formulação alternativa e convencional é a algebrica onde o problema pode se estender a n fatores e a m produtos, para se obterem simultaneamente os níveis de produção e lucros máximos, além dos montantes ótimos de cada fator a serem utilizados. Mais precisamente, poder-se-ia partir de duas funções de produção agregadas, representativas da produção de alimentos e de biomassa, e definidas pelas expressões a seguir:

$$Y_a = f(x_1, \dots, x_d, x_{d+1}, \dots, x_g/x_{g+1}, \dots, x_r)$$

$$Y_e = f(x_1, \dots, x_d, x_{d+1}, \dots, x_g/x_{r+1}, \dots, x_t)$$

onde:

Y_a e Y_e = níveis de produção máxima esperada (alimentos e biomassa)

x_1, \dots, x_d = recursos variáveis para a produção de alimentos e/ou de biomassa;

x_{d+1}, \dots, x_g = recursos fixos para o todo, mas variáveis entre a produção de alimentos e de biomassa;

x_{g+1}, \dots, x_r = recursos fixos utilizados unicamente na produção de alimentos;

x_{r+1}, \dots, x_t = recursos fixos utilizados unicamente na produção de biomassa.

Mais uma vez ressalte-se que nas duas funções, além dos fatores fixos necessários tão-somente à produção de alimentos ou de biomassa, existirá um certo montante de recursos x_{d+1}, \dots, x_g , cuja oferta global é fixa, mas passível de alocação entre as duas atividades (ex.: terra).

A determinação algébrica do montante ótimo dos recursos, do nível máximo de produção e da lucratividade advindos da produção de biomassa e de alimentos, é feita através da solução

simultânea de um sistema de equações e segue fundamentalmente as regras de otimização definidas pelas expressões a e b apresentadas anteriormente. Referido sistema é constituído pelas funções de produção (Y_a e Y_e), por uma equação de lucro (π) além da indentidade $Q_i = x_i^{Y_a} + x_i^{Y_e}$, que define o montante disponível dos recursos x_{d+1}, \dots, x_g a ser utilizado entre a produção de alimentos e de biomassa. Algebricamente, a estrutura geral do sistema de equações estaria definida conforme a especificação a seguir:

$$Y_a = f(x_1, \dots, x_d, x_{d+1}, \dots, x_g, x_{g+1}, \dots, x_r) \quad (1)$$

$$Y_e = f(x_1, \dots, x_d, x_{d+1}, \dots, x_g, x_{g+1}, \dots, x_r, x_{r+1}, \dots, x_t) \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \pi = & (P_{Y_a} Y_a + P_{Y_e} Y_e) - \sum_{i=1}^d (P_{x_i} x_i^{Y_a} + P_{x_i} x_i^{Y_e}) - \\ & - \sum_{i=d+1}^g \lambda_i (x_i^{Y_a} + x_i^{Y_e})^{*/} - K \end{aligned} \quad (3)$$

$$\frac{\partial \pi}{\partial x_i^{Y_a}} = P_{Y_e} \left(\frac{\partial Y_a}{\partial x_i} \right) - P_{x_i} = 0 \quad i = 1, 2, \dots, d \quad (4)$$

$$\frac{\partial \pi}{\partial x_i^{Y_e}} = P_{Y_a} \left(\frac{\partial Y_e}{\partial x_i} \right) - P_{x_i} = 0 \quad i = 1, 2, \dots, d \quad (5)$$

$$\frac{\partial \pi}{\partial x_i^{Y_a}} - \frac{\partial \pi}{\partial x_i^{Y_e}} = P_{Y_a} \left(\frac{\partial Y_a}{\partial x_i} \right) - P_{Y_e} \left(\frac{\partial Y_e}{\partial x_i} \right)^{**/} = 0 \quad i = d+1, \dots, g \quad (6)$$

$$Q_i - x_i^{Y_a} - x_i^{Y_e} = 0$$

*/ Este termo define o custo total dos fatores fixos x_i ($i = d+1, \dots, g$), onde $x_i^{Y_a} + x_i^{Y_e}$ representa o montante disponível, e λ_i os seus preços (imputados) ou custos de oportunidade.

**/ Como $\frac{\partial \pi}{\partial x_i^{Y_a}} = P_{Y_a} \frac{\partial Y_a}{\partial x_i} - \lambda_i = 0$, e, $\frac{\partial \pi}{\partial x_i^{Y_e}} = P_{Y_e} \frac{\partial Y_e}{\partial x_i} - \lambda_i = 0$,

$$\text{segue-se que: } p_{Y_A} \left(\frac{\partial Y_A}{\partial x_i} \right) = p_{Y_E} \left(\frac{\partial Y_E}{\partial x_i} \right) = \lambda_i$$

onde:

Além de Y_a , Y_e , π , λ_i e Q_i já definidos anteriormente, P_{x_i} e x_i representam os preços e as quantidades dos fatores, x_i ($i=1, \dots, d$), K é o custo total dos fatores fixos x_i ($i=g+1, \dots, t$), e P_{y_a} e P_{y_e} os preços dos produtos, no caso alimentos e biomassa^{*/}. O sistema completo terá $2g + 3$ equações e a sua solução permite a determinação dos valores das incógnitas do problema como Y_a , Y_e , π , os recursos variáveis x_i ($i=1, \dots, g$) e os preços imputados (shadow prices) dos recursos fixos, x_i ($i=d+1, \dots, g$).

2.3 Viabilidade Empírica e Operacionalização do Modelo Proposto: A Técnica da Programação Linear

Conquanto teoricamente plausível, várias restrições se antepõem ao uso do modelo em apreço para a estimativa do montante ótimo dos recursos competitivos e não-competitivos a serem utilizados na produção de alimentos e de energia. Na realidade, no exemplo dado, o caso foi extraordinariamente simplificado vez que o problema de escolha se restringiu a uns poucos recursos e apenas a duas atividades (Y_a e Y_e). Mesmo assim, ressalte-se que a derivação de curvas de possibilidade de produção, a partir de funções de produção agregadas, contínuas e diferenciáveis, poderia converter-se num processo laborioso e complexo.

^{*/} Se os mercados de fatores e produtos não forem perfeitamente competitivos P_{x_i} , P_{y_a} e P_{y_e} seriam representados nas equações (3), (4), (5) e (6) pelas seguintes expressões: $P_{x_i} + x_i \left(\frac{\partial P_{x_i}}{\partial x_i} \right)$, $P_{y_a} + Y_a \left(\frac{\partial P_{y_a}}{\partial Y_a} \right)$, e $P_{y_e} + Y_e \left(\frac{\partial P_{y_e}}{\partial Y_e} \right)$.

No caso de vários fatores e produtos, as dificuldades operacionais triplicam as mesmo tempo em que surgem vários outros problemas relacionados com a classificação, contabilização e agregação dos insumos e produtos, estimativa dos valores das produtividades marginais, especificação da forma funcional adequada, etc^{*/}. Na prática, entretanto, é possível, mediante alguns ajustamentos, obter razoáveis aproximações das verdadeiras funções de produção e operacionalizar o modelo proposto sem alterar-lhe o conteúdo ou lógica da concepção. Para tanto, é bastante segmentar as funções de produção Y_a e Y_e em secções lineares (OG, GH, ..., LM) e ajustar a solução do problema aos métodos convencionais de programação matemática como a programação linear. As funções de produção resultantes representam de fato sub-funções e se comportam como se fossem diferentes processos ou vetores de produção.

Rigorosamente, não há diferença entre os dois métodos propostos. Apenas as funções de produção implícitas na programação linear são descontínuas gerando, por conseguinte, produtividades e custos marginais descontínuos. Por outro lado, embora descontínuas, pressupõem-se que tais funções de produção sejam estritamente côncavas, compatíveis por com a lei dos rendimentos decrescentes e a derivação de uma curva de possibilidades de produção descontínua, e estritamente convexa^{**/} conforme apresentada na Figura 2 a seguir.

^{*/}Veja, para detalhes, JOHNSON, G. L. (13) e BERNINGER, C. (6)

^{**/}Conforme enfatizado e apresentado por BAUMOL, W. G. (5), pp. 280-281 e VERNON, J. M. e NAYLOR, J. M. (15), pp. 213-333.

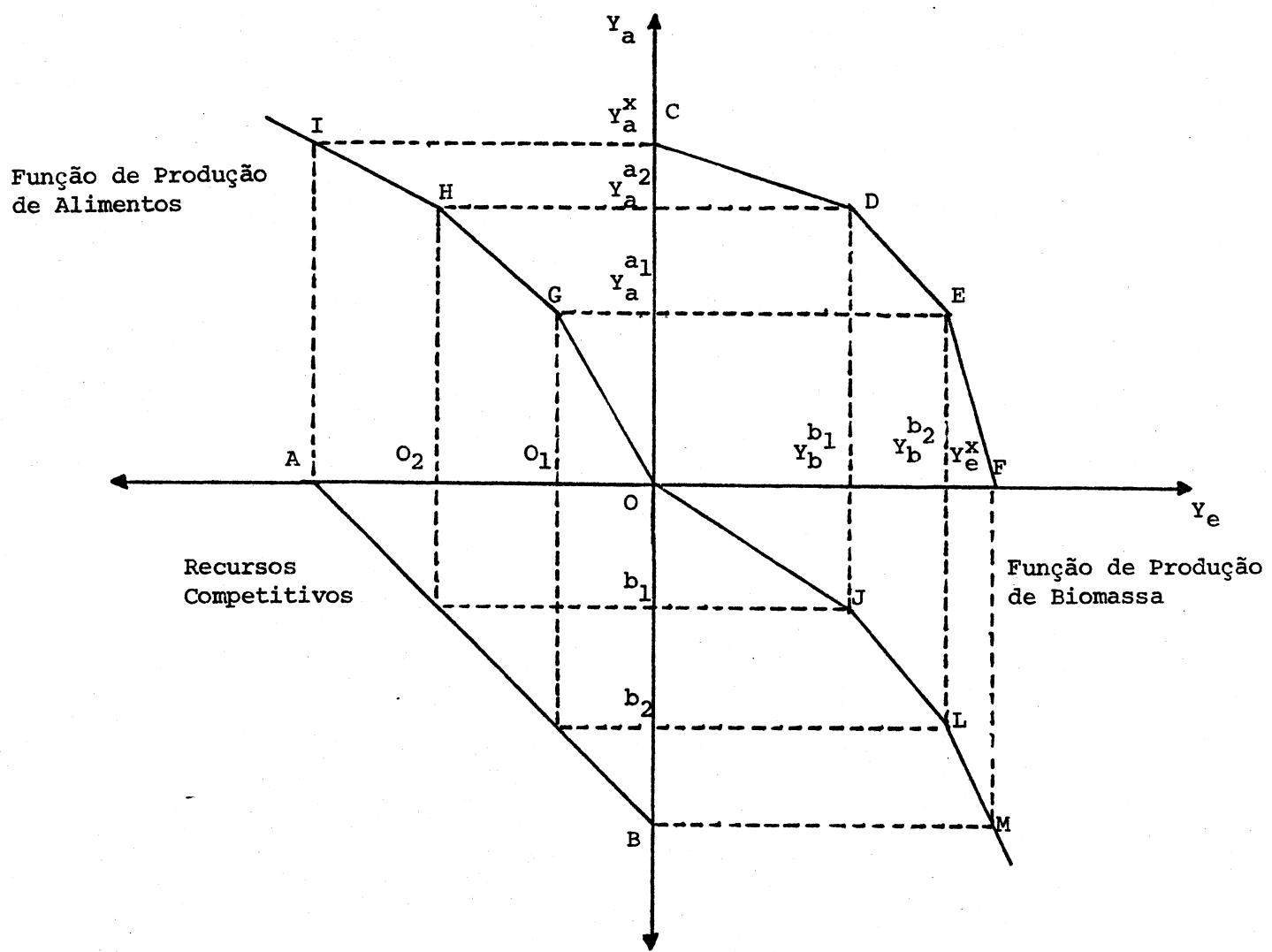


Fig. 2. Derivação da curva de possibilidades de produção a partir de funções de produção descontínuas.

Conforme se vê, a Figura 2 mantém uma estreita analogia com a Figura 1, apresentada anteriormente (pág. 7a). A rigor, elas se diferenciam apenas pela linearização de alguns segmentos das funções de produção originais (para alimentos e biomassa), gerando como contrapartida uma curva de possibilidades de produção também linearizada e descontínua, mas muito próximo da configuração anterior (curva CDEF).

Igualmente e a exemplo da Figura 1 a curva de possibilidade de produção CDEF aqui representada indica todas as combinações de alimentos e de biomassa que podem ser obtidas a partir de um determinado estoque de recursos competitivos e não competitivos. Portanto, conforme enfatizado anteriormente, Y_a e Y_e competem pelo uso dos mesmos recursos, e o custo de obtenção de uma unidade extra de biomassa está implicitamente representada pelo valor da unidade marginal de alimentos que deixou de ser produzida, ou simplesmente pelo seu custo de oportunidade*/

A combinação mais eficiente de alimentos e matérias-primas energéticas deverá recair sobre um dos pontos da curva de possibilidades de produção ou mais precisamente ao longo dos seus pontos extremos (BCD ou F), os quais determinam a "fronteira de possibilidades de produção". Definidos estes pontos e o objetivo a ser atingido (ex.: eficiência econômica máxima) pode-se, com o auxílio das técnicas de programação matemática usuais, determinar facilmente a melhor

*/ Também representado pela taxa de transformação de alimentos em biomassa, cujo valor é constante em cada segmento da curva de possibilidade de produção, mas decrescente em toda a sua amplitude.

alternativa ou plano ótimo de produção^{*/}. Também é possível obter, através das próprias rotinas do programa, estimativas da oferta^{**/} e os valores imputados (shadow prices) ou os preços dos recursos fixos, utilizados na produção de alimentos e/ou energia:

Efetuados os ajustamentos, o modelo em apreço pode ser generalizado para m vetores de produção (atividades) e n fatores restritivos, e resolvidos simultaneamente através de um sistema de equações lineares, cuja estrutura e formulação convencional, é: maximizar $Z = P'_Y$, sujeito a: $AY \leq Q_0$, onde, A é uma matriz de ordem $m \times n$, representativa dos coeficientes técnicos de produção (relação fator/produto); P'_Y e Y são vetores $n \times 1$, representando respectivamente os preços e as atividades; e finalmente Q_0 , um vetor de ordem $m \times 1$, representativo dos recursos ou restrições do problema.

A formulação matemática definida acima pode ser continuamente elaborada, a fim de tornar o modelo ainda mais consistente com o problema e os objetivos em questão. Assim, ao invés de maximização de lucros a função objetivo pode ser transformada ou convertida numa de bem estar^{***/}; ao mesmo tempo o vetor Y , pode ser decomposto em atividades de produção, consumo, distribuição, transporte, etc.

^{*/} Uma das mais comuns e de uso bastante generalizado é o método "simplex", conforme discutido e analisado por AGRAWAL e HEADY (1) pp. 44-78, e VERNON e NAYLOR (15) pp. 174-206.

^{**/} Também definidas como funções de oferta normativa, as quais indicam o montante de produto a ser obtido, para cada nível de preço, e plano, ótimo de produção. Para detalhes, veja: ANDERSEN e HEADY (3).

^{***/} Ressalte-se que as funções de bem estar comumente obtidas a partir do conceito de excedente do consumidor são quadráticas, mas mesmo neste caso é possível linearizá-las e obter razoáveis aproximações.

Os resultados destas transformações terão obviamente algumas repercuções sobre a estrutura e operacionalidade do modelo proposto, mas, do ponto de vista estritamente técnico, tais dificuldades podem ser contornadas ou removidas.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo deste trabalho, tentou-se caracterizar e indicar um tratamento analítico mais adequado para a solução do clássico problema de alocação de recursos na produção de alimentos e/ou de energia. Em princípio, ressalte-se que os métodos usuais utilizados na estimativa do potencial produtivo da biomassa energética são inadequados, pois partem de uma concepção errônea do problema. Em consequência disso, as previsões realizadas são bastante precárias, ora porque se restringem a meras projeções das condições prevalecentes no passado, ora porque levam em conta simples indicadores físicos, como os índices de aptidão edafoclimática.

A seleção e determinação de prioridades para o setor alimentar ou energético constituem essencialmente um problema econômico, e, como tal, não se pode ignorar a possibilidade de usos alternativos dos recursos escassos, em especial aqueles competitivos. Esta caracterização parece bem nítida com a apresentação e análise do modelo produto/produto, onde se vê claramente a interdependência da produção de energia e de alimentos. Para a sociedade como um todo o custo de produzir uma unidade extra de energia é equivalente ao valor da produção marginal de alimentos que não foi realizada.

O montante de cada recurso e o nível ótimo de produção de alimentos e de energia podem ser facilmente determinados através

dos métodos de programação matemática convencionais como a programação linear. Referida técnica é de fato uma aproximação realista e operacional do modelo produto/produto apresentado, vez que se ajusta perfeitamente à solução de problemas de maximização condicionada envolvendo funções de produção descontínuas e não diferenciáveis. Além do seu fácil manuseio e adequação, a técnica de programação linear possibilita a derivação de curvas de oferta, determinação dos níveis de produção e lucratividade máxima (ou bem estar) bem como dos preços imputados (shadow prices), dos recursos fixos utilizados na produção de energia ou de alimento.

Ressalte-se que, além dos problemas de especificação, agregação e grau de diferencialidade, a grande limitação das funções de produção que deram origem ao modelo produto/produto aqui apresentado é serem essencialmente estáticos, ou seja, ambas pressupõem que a tecnologia é constante e portanto admite implicitamente que não há deslocamentos da fronteira de possibilidades de produção. Contudo, sua aproximação através de programação linear permite simularem-se deslocamentos nas funções de produção e, consequentemente, na curva de possibilidades de produção, via modificações nas relações fator/produto, ou nos coeficientes tecnológicos de produção. Trata-se, conforme se vê, de mais um subproduto da técnica de programação linear cujas características e vantagens operacionais sobrepujam todas e quaisquer deficiências ou limitações.

Por fim, ressalte-se que os métodos tradicionais de estimativa da produção e oferta de matérias-primas energéticas, não devem ser totalmente descartados, em especial, os índices de aptidão edafoclimáticos, os quais deverão formar o vetor de restrições do modelo de

programação linear. Tratando-se de indicadores meramente físicos os índices de aptidão edafoclimáticos não são conclusivos, mas são absolutamente necessários à especificação e solução do modelo proposto.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGRAWAL, R. C. e HEADY, E. O. "Operations Research Methods for Agricultural Decisions." The Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA 1972. pp. 1-77.
2. ALBUQUERQUE, J. L. "O Programa Nacional do Álcool e Suas Perspectivas Para o Nordeste". I Simpósio Sobre a Produção de Álcool no Nordeste, patrocinado pelo MINTER/SEPLAN/SUDENE/BNB. Fortaleza-CE, Agosto 1979 pp. 35-65.
3. ANDERSEN, J. C. e HEADY, E. O. Normative Supply Functions and Optimum Farm Plans for Northeastern Iowa. Research Bulletin No. 537. The Iowa State University. Ames, Iowa, June 1965, pp. 427-463.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE REFORMA AGRÁRIA (ABRA). Reforma Agrária. Ano X, Jan/Fev 1980, No. 01, 60 p.
5. BAUMOL, W. J. "Economic Theory and Operations Analysis". Prentice-Hall, Inc. Sec. and Edition, New Jersey, 1965, pp. 270-294.
6. BERINGER, C. "Problems of Finding a Method to Estimate Marginal Value Productivities for Imput and Investment Categories on Multiple-Enterprise Farms". In: Resource Productivity Returns to Scale and Farm Size. The Iowa State College Press. Ames, Iowa, USA 1956, pp. 106-113.
7. BUENO, R. "PROÁLCOOL: Rumo ao Desastre". Ed. Vozes Ltda. Petrópolis-RJ, 1980, pp. 1-70.
8. DIRIGENTE RURAL. "O Programa Nacional do Álcool em Fase Decisiva-Lavoura". Março 1980, pp. 11-15.
9. GOMES, J. B. "O PROÁLCOOL Discrimina os Menos Desenvolvidos". Rumos do Desenvolvimento. Ano 4, No. 23, Mar/Jun, 1980, pp. 16-18.
10. GUILHON, C. V. "A Agricultura e a Crise Energética" Energia. Ano 1979, Vol. 1, Nov/Dez 1979, No. 5, pp. 13-17.
11. HOLANDA, N. C. "Efeitos Sócio-Económicos do Programa Nacional do Álcool". I Simpósio Sobre a Produção de Álcool no Nordeste, patrocinado pelo MINTER/SEPLAN/SUDENE/BNB. Fortaleza-CE., Agosto 1979, pp. 17-34.
12. HOMEM de MELO, F. B. "A Crise Energética e o Setor Agrícola no Brasil". XVIII Congresso da Sociedade Brasileira de Economia Rural. Rio de Janeiro-RJ, Jul 1980, 26 p. (mimeografado).

13. JOHNSON, G. L. "Classification and Accounting Problems in Fitting Production Functions to Farm Record and Surveys Data". In: Resource Productivity Returns to Scale and Farm Size. The Iowa State College Press. Ames, Iowa, USA, 1956, pp. 90-96.
14. REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. "III Plano Nacional de Desenvolvimento 1980/85 - Projeto". Brasilia-DF, Set 1979, 97 p.
15. VERNON, J. M. e NAYLOR, T. H. "Microeconomics and Decision Models of the Firm". The Harbrace Series in Business and Economics, New York, 1969, 482 p.