

TÉCNICAS DE MODELAGEM DE SISTEMAS APLICADAS EM PLANEJAMENTO AGRÍCOLA DOS CERRADOS¹

RUI FONSECA VELOSO², M.J. MACGREGOR³, J.B. DENT⁴ e P.K. THORNTON⁵

RESUMO - Em qualquer esforço de planejamento para analisar oportunidades de investimentos em regiões como os cerrados brasileiros se faz necessário enfatizar um desenvolvimento sustentável. Isto implica a mudança da abordagem tradicional de um único objetivo de expansão agrícola para uma abordagem de múltiplos objetivos incorporando fatores econômicos, sociais e ambientais. Este artigo descreve um método de planejamento que permite uma avaliação *ex-ante* de custos e benefícios (trade-offs) entre fatores econômicos, sociais e ambientais, visando determinar as mais apropriadas opções de desenvolvimento.

Termos de indexação: pesquisa operacional, simulação, programação matemática, desenvolvimento rural.

SYSTEM MODELLING TECHNIQUES APPLIED TO AGRICULTURAL PLANNING IN THE CERRADO REGION

ABSTRACT - To be successful any planning framework for analysing investment opportunities in regions, such as the "Cerrado" of Brazil must emphasise sustainable development. This implies a shift from the traditional single objective of agricultural expansion to a multiple objective approach incorporating economic, social and environmental factors. This paper describes a planning method which allows *ex-ante* evaluation of trade-offs between economic, social and environmental factors in determining the most appropriate development options.

Index terms: operational research, simulation, mathematical programming, rural development.

INTRODUÇÃO

Até o final dos anos 80, um esforço considerável foi dirigido para o desenvolvimento econômico do Centro-Oeste brasileiro, através de projetos de investimentos e suas linhas de crédito subsidiado, para expansão de novas áreas agropecuárias na região dos cerrados. Contudo, embora estes projetos tenham sido efetivos em termos de produção agropecuária e tenham melhorado a infra-estrutura básica na região, eles

¹ Aceito para publicação em 15 de setembro de 1994.

² Eng.-Agr., Ph.D., Especialista em Gerência de Recursos Rurais, EMBRAPA-Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Caixa Postal 08223, CEP 73301-970 Planaltina, DF, Brasil.

³ Eng.-Agr., Ph.D., Head of Rural Systems and Management Department, The Scottish Agricultural College (Edinburgh), Scotland.

⁴ Eng.-Agr., Ph.D. Professor of Agricultural Resource Management, University of Edinburgh, Scotland.

⁵ Eng.-Agr., Ph.D. Systems Modeller, International Fertilizer Development Centre, Muscle Shoals, Alabama, USA.

têm sido criticados por não terem melhorado as condições sócio-econômicas de grande parte da população local. Apenas um pequeno número de pessoas tem-se beneficiado política e economicamente com tais programas (Ferreira, 1985). Entre as principais razões para isto, identifica-se o seguinte:

- . grande quantidade de capital tem sido requerida para o estabelecimento de fazendas produtivas em áreas de solos pobres dos cerrados;
- . pequeno número de fazendeiros envolvidos;
- . altos riscos na produção de cereais, tais como arroz e milho em regime de sequeiro;
- . não incorporação de riscos de produção em planos de administração de um negócio agropecuário;
- . falta de estimativas dos impactos ecológicos decorrentes do uso de novos pacotes tecnológicos para produção agropecuária; e
- . falta de participação das comunidades locais no processo de planejamento.

Este trabalho apresenta resultados de um estudo orientado para o desenvolvimento de um método de planejamento que permite uma análise ex-ante de um projeto de desenvolvimento agrícola na região dos cerrados, e prevê a tomadores de decisões os meios de avaliar custos e benefícios entre impactos econômicos, sociais e ambientais, resultantes de tal desenvolvimento.

MATERIAL E MÉTODOS

Fontes de dados

Em qualquer esforço de modelagem, a disponibilidade de dados é muito importante. Durante a fase de formulação do problema, as fontes de dados devem ser identificadas e avaliadas em termos de adequação. Contudo, a extensão das dificuldades de coleta de dados não é facilmente identificada quando diferentes fontes de dados e pessoas são envolvidas (Velo, 1990).

Como em muitas outras aplicações práticas de planejamento rural em países em desenvolvimento, este estudo foi conduzido com limitações de importantes dados e informações básicas.

Para a estrutura de modelagem descrita abaixo, foram utilizados os seguintes dados e informações:

- . Uma série de 15 anos de dados diários de clima do município de Paracatu, Minas Gerais. Tais dados foram fornecidos pelo Instituto de Meteorologia do Ministério da Agricultura para gerar valores de variáveis climáticas.
- . Dados experimentais do CPAC para ajustar modelos de simulação de cultivos para as condições do cerrado.
- . Quatro séries de preços mensais de produtos agrícolas foram fornecidas pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) do Ministério da Agricultura.
- . Estimativas de custos de atividades agrícolas com base em experiências de extensionistas da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER) do Distrito Federal e em um estudo de caso desenvolvido por um dos autores deste estudo, alguns dos dados utilizados no desenvolvi-

mento do modelo de fazenda foram descritos abaixo.

Estimativas de reservas ecológicas e de classes de solos, obtidas através de publicações disponíveis no CPAC/EMBRAPA.

Método de planejamento

Este estudo foi conduzido do ponto de vista de pesquisa em sistemas, porque tal abordagem apresenta uma oportunidade para sintetizar em uma perspectiva ampla vários resultados de pesquisas focalizadas separadamente. Os limites do sistema foram definidos pela rede de relações, no negócio de fazenda e na região, em um meio-ambiente socio-econômico. Uma estrutura de modelo híbrido, descrita na Fig. 1, foi desenvolvida de forma que produtividades de cultivos e preços de produtos gerados através de modelos individuais de previsão se incorporam como entradas (input) em um modelo de programação linear de multiperíodos, com variáveis inteiras e incorporação de riscos de produção através de formulação "Minimum of total average deviation" (MOTAD) na fazenda. Algumas das saídas (outputs) do modelo são, por sua vez, usadas como coeficientes em um modelo de programação de multiobjetivos para avaliar questões regionais. Os diferentes modelos (modelos auto-regressivos de previsão de preços, simulação de crescimento e desenvolvimento de cultivos, programação linear e programação de multiobjetivos através da técnica "goal programming") que compõem a estrutura de suporte para planejamento agrícola de uma área dos cerrados trabalham independentemente, e, com exceção dos modelos estatísticos de previsão de preços, é requerido que um conjunto apropriado de dados seja fornecido para cada um deles (detalhes do desenvolvimento e aplicação da

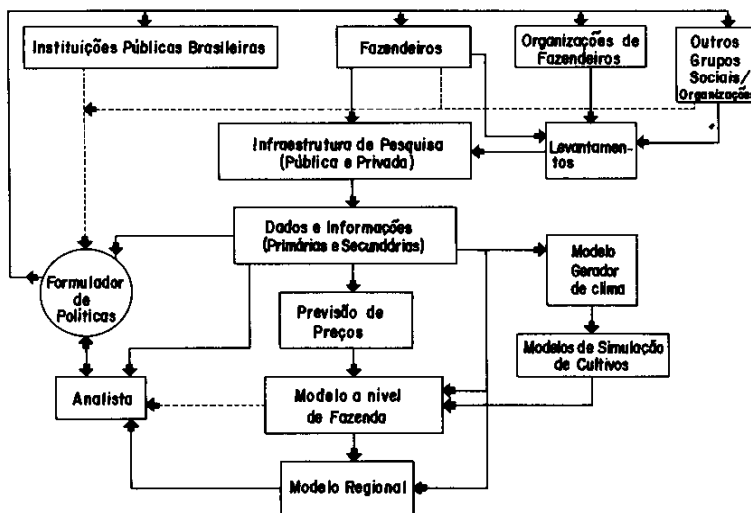


FIG. 1. A Estrutura de planejamento.

estrutura de modelagem descrita na Figura 1 são apresentados em Veloso, 1990).

Os modelos acima mencionados são:

Modelos de simulação de cultivos - Quatro modelos de simulação de cultivos (arroz, milho, trigo e soja) foram usados para gerar coeficientes de entrada e saída, específicos para os modelos de programação linear na fazenda. Estes modelos foram estabelecidos como modelos genéricos, de maneira que simulem o crescimento e desenvolvimento da planta em qualquer lugar onde o cultivo possa ser instalado. Isto possibilitou a definição de distribuições de produtividades de cultivos considerando alternativas gerenciais de data de plantio, variedades, e quantidades de água para irrigação.

Contudo, a aplicação destes modelos em lugares específicos requer uma validação contra conjuntos independentes de dados locais. No presente caso, os dados disponíveis não estavam completos para calibrar e validar tais modelos para a sub-região de Paracatu. Para que este processo de calibração e validação seja completado, se faz necessário um esforço efetivo nas estações de pesquisa dos cerrados. Entretanto, para o propósito de desenvolvimento do método sob consideração, tais modelos foram julgados apropriados, após serem parcialmente ajustados com os dados experimentais disponíveis no CPAC/EMBRAPA.

Um total de quinze distribuições (Fig. 2) de produtividade de cultivo foram estabelecidas através da aplicação de cada um dos modelos de cultivo. Estas distribuições foram aleatoriamente amostradas, objetivando definir dez coeficientes de produtividades para o modelo de fazenda (versão risco com formulação MOTAD). Esta amostragem foi obtida sobre distribuições de produtividades não ordenadas, de forma a preservar as correlações observadas entre cultivos dentro dos anos. As informações resultantes foram então incorporadas no modelo de fazenda (versão risco), atendendo aos requerimentos da formulação MOTAD nele estabelecida.

Modelos de previsão de preços - Previsão de preços é uma tarefa difícil, sob quaisquer circunstâncias. No Brasil, tal dificuldade aumenta consideravelmente, por apresentar uma economia agrícola com os preços dos produtos influenciados por variações climáticas, taxas de inflação extremamente altas e frequentes

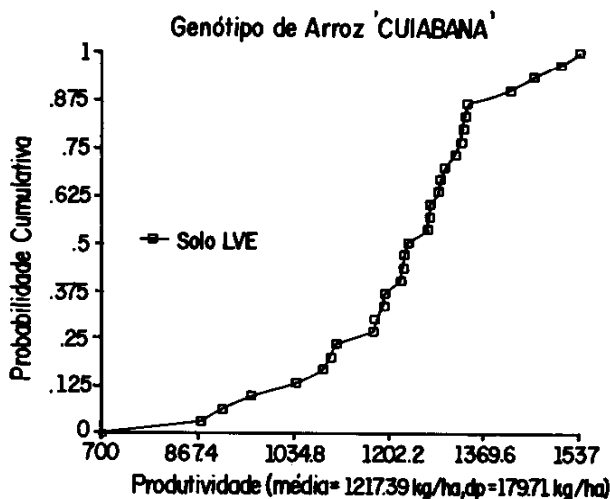


FIG. 2. Exemplo de uma distribuição gerada.

intervenções do Governo no mercado. Muitas técnicas são encontradas na literatura de análise de dados de séries de tempo, mas suas aplicações, em muitos casos, não são apropriadas, por razões de custos de implementação, e outras. Neste trabalho, a adoção de métodos de modelagem mais complexas foi evitada, e modelos auto-regressivos foram satisfatoriamente ajustados e usados. O termo modelagem se refere à representação das características de um sistema real através de funções matemáticas, freqüentemente realizada com o uso de um computador, de maneira que se aproxima à realidade. Esta aproximação pode ser por causa de restrições em nosso entendimento das interrelações físicas entre partes constantes do sistema, ou ser uma limitação na maneira que o sistema natural, contínuo, real, deve ser representado.

A descrição matemática geral dos modelos de previsão de preços dos produtos agrícolas considerados é:

$$y_t = \sum_{i=1}^{12} \theta_i D_i + \sum_{j=1}^k d_j I_j + b_1 t + \sum_{\beta=1}^r c_\beta y_{t-\beta} + e_t$$

onde:

y_t é a variável resposta no período mensal t ;

D_i , $i = 1, 2, \dots, 12$, são variáveis indicadoras que denotam períodos sazonais;

I_j , $j = 1, 2, \dots, k$ denotam intervenções que variam de série para série;

r é a ordem do processo auto-regressivo; e

e_t é o componente aleatório homocedástico.

É importante enfatizar que aqui foram encontradas as condições descritas por Fuller (1976, p.435) para as análises pelo método de quadrados mínimos global.

Detalhes das análises de quadrados mínimos mencionadas acima, bem como os resultados gerados através dos modelos ajustados, indicaram que, apesar das dificuldades reais em considerar as intervenções do Governo, o enfoque usado apresentou um nível de precisão satisfatório. As aplicações dos referidos modelos auto-regressivos foram detalhadas por Veloso (1990).

Modelo de fazenda - As informações geradas pelos modelos de simulação de cultivos e os modelos de previsão de preços foram usados como coeficientes em um modelo representativo de uma fazenda de cultivos nos cerrados. O modelo básico desenvolvido consiste de uma matriz de programação linear mista, com multiperíodos e com incorporação de médias das distribuições de produtividades, enquanto outra versão desse modelo incorporou riscos de produção através de formulação MOTAD.

O modelo de fazenda de cultivos denominado CECROPF, descrito de acordo com a Fig. 3, foi desenvolvido para analisar uma classe de fazendas. Tal modelo foi descrito de forma a incorporar cultivos alternativos de arroz, milho, soja e trigo, três tipos de solo, políticas de crédito rural, investimentos de capital a juros de mercado, e muitos outros aspectos do sistema de produção e todo o negócio (concebido como um fluxo de caixa mensal descontado, a ser maximizado no final de um período de dez anos e seis meses) concernente a uma fazenda comercial de cultivos nos cerrados.

O desenvolvimento agrícola segue o ponto de vista de tomador de decisões responsável por políticas de crédito rural. A função objetivo, usada no modelo CECROPF, foi o valor presente (VP) do negócio agrícola em termos de Obrigações do Tesouro Nacional (OTN) (OTN constituía-se um índice para elaboração de orçamentos em 1990), mas poderá ser alterada para outro índice de

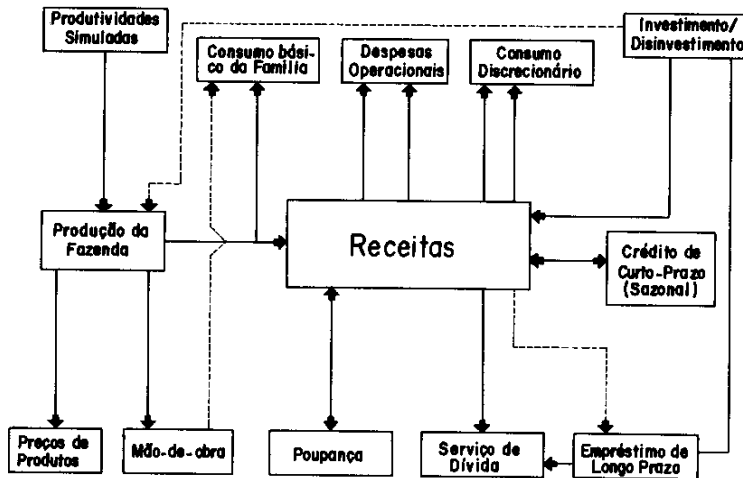


FIG. 3. Modelo conceitual de uma fazenda como um sistema.

— fluxo de fundos ... fluxo de influências

Fonte: Thornton & Dent (1987).

maneira relativamente fácil. Maximizando o VP do negócio agrícola, o modelo CECROPF estabelece os requerimentos de uma fazenda comercial de cultivos específica.

O modelo CECROPF incorpora os principais aspectos de produção, financeiros e sociais (consumo familiar, trabalho familiar, mão-de-obra de terceiros, tratoristas, assalariados e diaristas). Contudo, seguindo uma orientação de desenvolvimento regional integrado, avaliações (**trade-offs**) devem ser feitas entre objetivos divergentes (isto é, econômicos, sociais e ambientais) de maneira a selecionar o(s) sistema(s) de fazenda mais apropriado(s). As saídas do modelo CECROPF com formulação MOTAD foram usadas para definir os sistemas de fazenda, seus requerimentos de recursos e lucratividades, que constituíram coeficientes de um modelo regional descrito abaixo.

Modelo regional - Neste estado, foi usada a técnica conhecida como "programação de metas lexicográfica" (LGP), devido:

- i) ao seu potencial em representar o processo de tomada de decisões (onde o estabelecimento de metas e suas prioridades é questão essencial);
- ii) às aplicações bem sucedidas em um número de estudos anteriores envolvendo a resolução de conflitos no uso de recursos; e
- iii) à disponibilidade de programa de computador de fácil aplicação (Bartlett et al., 1976).

O objetivo de desenvolver um modelo LGP foi porque ele permite analisar as conseqüências de planos agrícolas alternativos regionais e desenvolver um entendimento dos custos e benefícios entre os interesses de fazendeiros e os interesses da sociedade brasileira associados com o desenvolvimento rural nos cerrados.

Dados de sistemas de produção alternativos foram gerados pelo uso do modelo CECROPF e integrados com dados específicos da região de Planície de Paracatu,

os quais são concernentes a amplos impactos sociais e ambientais resultantes da expansão de fazendas agrícolas comerciais. A matriz final que forma o modelo LGP seguiu a formulação matemática descrita em Veloso(1990, p. 122-128). Do ponto de vista do Governo, as metas relevantes são organizadas em termos de níveis e prioridades de metas e seus pesos relativos. As prioridades, seus pesos relativos e níveis de metas podem todos ser variados pelo analista.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O esforço de modelagem aqui desenvolvido permitiu investigar o impacto que diferentes níveis de investimento de capital público teria sobre outras metas em um programa de desenvolvimento rural integrado para a sub-região de Planície de Paracatu. Seguindo os diferentes passos do esforço de modelagem ilustrados na Fig. 1, foi possível chegar a situações alternativas com custos e benefícios (**trade-offs**), tais como as mostradas na Tabela 1 e nas Fig 4a, 4b, 4c e 4d, as quais podem ser exploradas por um ou mais tomadores de decisões envolvidos em um processo de planejamento de uso dos recursos cerrados. Por exemplo, na escolha entre possíveis sistemas (projetados através do modelo de fazenda CECROPF e incorporadas através dos seus principais parâmetros tais como: área de cada tipo de solo, investimento de capital em correção de solo, máquinas e implementos, área alocada para cada tipo de cultivo, requerimento de mão de obra, receita líquida e outros, no modelo regional LGP) e de fazenda, para um programa de desenvolvimento rural integrado da referida sub-região, se faz necessário analisar custos e benefícios entre opções de incluir um maior número de fazendeiros com uma contribuição de renda regional marginal menor mas com possibilidades de gerar um consumo discricionário maior pelas suas famílias; ou um número menor de fazendeiros com possibilidades de gerar uma renda regional maior e possibilidades de um consumo discricionário menor por suas famílias. Outros gráficos poderiam ter sido gerados a partir de resultados do modelo regional LGP, visando ilustrar outras análises de custos e benefícios, envolvendo, por exemplo, perdas totais de solo e áreas alocadas para cultivos de arroz, milho e soja.

A Tabela 1 e as Fig. 4a a 4d incluem resultados de corridas dos modelos de fazenda e de região, envolvendo sistemas de produção que variam de 170 a 470 hectares. Tais resultados consideraram estabelecidas curvas de produtividades de sistemas de cultivos alternativos e de uma previsão de preços de produtos para o desenvolvimento da região de Planície de Paracatu. Ficou demonstrado que seria necessário uma significativa quantidade de capital público (de 5.000.000 a 29.083.310 OTN a um valor de aproximadamente US\$ 7,50 /OTN) a uma taxa de -13,20% ao ano, a baixo custo de capital de mercado, que seria de 12,00% ao ano em OTN. Outro resultado interessante diz respeito à área mínima de 218,75 hectares de solo cultivado que seria necessário para justificar a compra de um trator por um dos produtores. Assim, para sistemas de produção menores se faria necessário o aluguel de máquinas e equipamentos de terceiros, que, no caso, seriam de uma cooperativa. Mas vale lembrar que estes resultados seriam diferentes, com mudanças, por

Tabela 1. Valores das Variáveis de Decisão do Modelo Regional LGP (efeitos de mudanças nos níveis de metas)

Variável	descrição	(unidade)	execução 11	execução 15	execução 16	execução 17	execução 18	execução 19	execução 20
			total	total	total	total	total	total	total
X014	Sistema de Faz. 01	n°	652.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	372.45
X016	Sistema de Faz. 03	n°	0.00	53.36	0.00	510.85	340.56	170.28	130.65
X017	Sistema de Faz. 04	n°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
X020	Sistema de Faz. 07	n°	831.20	553.85	0.00	0.00	0.00	0.00	833.84
X022	Sistema de Faz. 09	n°	0.00	428.35	681.13	0.00	0.00	0.00	34.77
X001	Inv. in solos	1000 OTN	18696.31	17751.02	15232.09	11424.07	7616.05	3808.02	18898.11
X002	Inv. in máquinas	1000 OTN	10387.00	7248.98	4767.90	3575.93	2383.95	1191.98	9601.89
X003	Inv. total	1000 OTN	29083.31	25000.00	20000.00	15000.00	10000.00	5000.00	28500.00
X004	área total (arroz)	ha	233410.80	274459.70	264891.20	198668.40	132445.60	66222.79	254078.40
X005	área total (milho)	ha	195869.20	213721.00	198821.60	149116.20	99410.80	49705.40	207514.10
X006	área total (soja)	ha	920139.90	793414.10	636242.80	477182.10	318121.40	159060.70	902530.60
X007	Perdas de solo	t	15828750.00	15534310.00	13611140.00	10208360.00	6805571.00	3402786.00	16173310.00
X008	Capital inicial	1000 OTN	3709.64	2588.92	1702.82	1277.12	851.41	425.71	3429.25
X009	Capital de mercado	1000 OTN	1091.97	889.30	681.13	510.85	340.56	170.28	1053.12
X010	Renda líquida	1000 OTN	5661.21	6243.04	5839.66	4379.75	2919.83	1459.92	6020.40
X011	Mão-de-obra cont.	homem/ano	7521.67	7531.17	6679.15	5009.37	3339.58	1669.79	7736.71
X012	Consumo discrec.	1000 OTN	707.80	451.53	264.89	198.67	132.45	66.22	639.73
X013	Número de fazendas	n°	1483.86	1035.57	681.13	510.85	340.56	170.28	1371.70

exemplo, nas curvas de produtividade dos cultivos. O importante foi o desenvolvimento do método, porque todos os dados de entrada dos modelos utilizados teriam de ser submetidos a uma equipe técnica competente.

A abordagem de planejamento aqui descrita é um esforço de incorporar a força individual de técnicas de modelagem de maneira que possam ser usadas de forma integrada (a integração de técnicas, tal como foi concebida neste estudo, tem recebido a denominação de "modelo híbrido" em diferentes artigos editados por Watson et al., 1992) para suportar políticas de desenvolvimento rural. As vantagens deste amplo esforço de modelagem consistem na possibilidade de projetar o uso de terras e outros recursos, usando dados e informações de diferentes fontes, de maneira experimental. Contudo, o potencial de qualquer abordagem de modelagem para superar as dificuldades naturais em representar problemas do meio rural depende, entre outras coisas, das habilidades do modelador e do analista, da disponibilidade de dados e das suposições incorporadas no modelo.

A complementaridade entre pesquisas experimentais de campo e esforços de modelagem de sistemas na busca de um aprimoramento de sistemas de produção alternativos foi discutida por Thornton & Dent (1987). Pesquisas de sistemas agrossilvopastoris têm evoluído após a constatação de que novas agrotecnologias deveriam ser avaliadas pelo usuário potencial, dentro de um contexto mais abrangente. Isto é, a viabilidade biológica e econômica de tais sistemas não significa que as novas técnicas, serão adotadas por fazendeiros. Diferentes métodos têm sido propostos para pesquisas de tais sistemas. Todos eles devem considerar os seguintes aspectos essenciais:

- i) as atividades na propriedade são analisadas holisticamente, implicando que o enfoque seja inter e multidisciplinar;

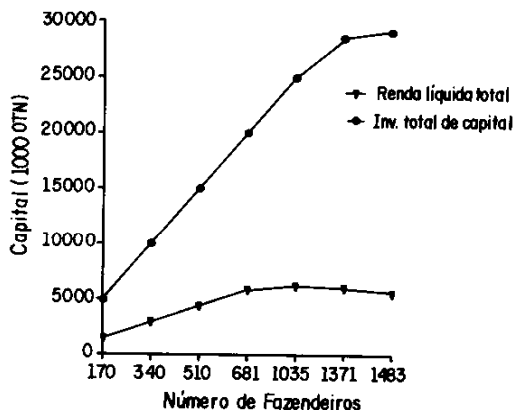


FIG. 4a. Resultados do modelo regional.
(efeitos de mudanças nos níveis de metas)

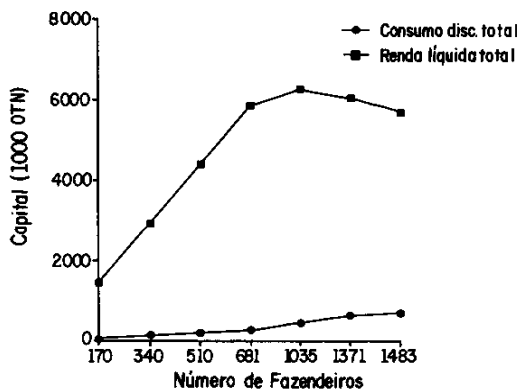


FIG. 4c. Resultados do modelo regional.
(efeitos de mudanças nos níveis de metas)

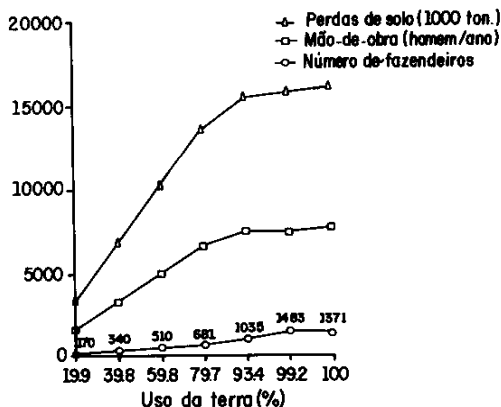


FIG. 4b. Resultados do modelo regional.
(efeitos de mudanças nos níveis de metas)

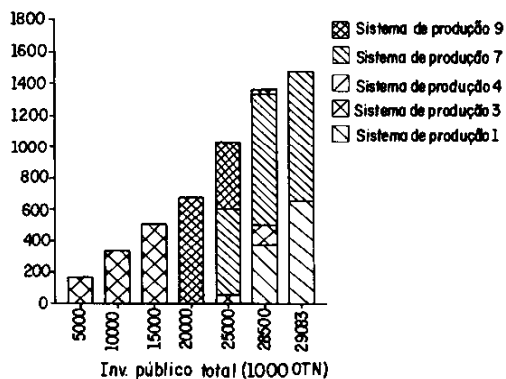


FIG. 4d. Resultados do modelo regional.
(efeitos de mudanças nos níveis de metas)

ii) os clientes de tais pesquisas tendem a ser grupos razoavelmente homogêneos de pequenos fazendeiros;
 iii) uma abordagem de resolução de problema;
 iv) a participação do fazendeiro em levantamentos e ensaios em propriedades; e
 v) trata-se de um processo dinâmico, com capacidade de ajustes.
 Quatro diferentes fases podem ser identificadas em pesquisas de sistemas agrossilvopastoris. São elas:

- i) a fase de diagnóstico, onde os sistemas de produção existentes são examinados no que diz respeito a restrições de todos os tipos;
- ii) a fase de planejamento (design), onde possíveis melhoramentos são identificados;
- iii) a fase de teste, onde possibilidades de produção indicadas são avaliadas sob condições locais do fazendeiro; e

- iv) a fase de monitoramento e extensão, onde o pacote tecnológico é difundido e avaliado entre os demais fazendeiros da vizinhança que pertencem ao mesmo grupo.

É claro que um esforço de modelagem em uma estação experimental vai depender de uma equipe treinada em diferentes disciplinas, de bases de dados, de recursos computacionais apropriados, e de clientes ou usuários (pesquisadores, extensionistas, formuladores de políticas, fazendeiros e outros) dos resultados dos modelos e sistemas de informações. Além, disso, assim como tais pesquisas têm sido desenvolvidas em algumas estações experimentais e universidades do primeiro mundo, faz-se necessário um trabalho gradativo, onde primeiro se desenvolvam modelos simples de subcomponentes de um cultivo (tais como balanço hídrico), para, em seguida, abordar outros níveis dos processos que envolvam as atividades agrossilvopastoris.

As dificuldades na definição de prioridades de pesquisa agrossilvopastoris têm aumentado à medida que conhecimentos mais detalhados sobre os processos biológicos se fazem necessários e a escassez de recursos financeiros se perpetua. Assim, a decisão de investir no desenvolvimento de modelos biológicos e sócio-econômicos de sistemas agrossilvopastoris deve ser cuidadosamente analisada e julgada em termos de custos e benefícios, para o desenvolvimento de sistemas de produção alternativos.

Objetivando dar um melhor suporte ao processo de decisões que envolve o uso de recursos naturais, faz-se necessário o desenvolvimento de sistemas de informações geográficas e estudos tais como o apresentado por Chaib Filho (1990). Com isso, o esforço de modelagem de problemas regionais e a formulação e implementação de políticas de uso e preservação de recursos tais como os cerrados brasileiros seriam facilitados.

CONCLUSÕES

1. A eficácia deste instrumento de suporte ao processo de planejamento rural, dependerá de sua implementação prática por formuladores de programas e de planos de desenvolvimento rural integrado para a região dos cerrados do Brasil.

2. Para que esse instrumento seja efetivo em incorporar os objetivos e metas abrangentes da comunidade regional, faz-se necessário um processo interativo de formuladores de políticas com os requerimentos estabelecidos pela referida comunidade.

3. Com a limitação dos recursos financeiros que se podem conseguir para investimentos agrossilvopastoris em um país como o Brasil, o qual conta com significantes áreas de fronteira e abundância de mão-de-obra não especializada, é importante que seja considerado o custo de oportunidade de qualquer quantidade de capital a ser aplicado em algum projeto de investimento público.

4. É também importante mencionar que o uso sustentável de recursos naturais requer que suficientes recursos financeiros sejam alocados

adequadamente, objetivando o cumprimento de legislações pertinentes, e isto não vem ocorrendo no Brasil, onde, por exemplo, não se cumpre a obrigatoriedade de reservar, para preservação, por razões ecológicas, 20% da área de qualquer fazenda na região dos cerrados.

5. Após alguns refinamentos e adequada validação dos modelos de simulação de cultivos, esse instrumento se constituirá um melhor suporte aos processos de planejamento de desenvolvimento rural sustentável dos cerrados.

6. Pode-se verificar, através de trabalhos apresentados na "4th International Conference on Computers in Agricultural Extension Programs", editados por Watson et al. (1992), que a tendência é a de desmistificação do uso de recursos computacionais em processos de decisões do setor rural.

7. Verifica-se, cada vez mais, a integração de técnicas de modelagem em sistemas computacionais abrangentes, como suporte à tomada de decisões em processos de planejamento, gerência e controle do setor rural.

REFERÊNCIAS

- BARTLETT, E. T., BOTTOMS, K. E., POPE, R.P. **GOAL: Multiple Objective Programming**. [S.l.]: Range Science Department, College of Forestry and Natural Resources, Colorado State University, 1976 (Range Science Series, n.27).
- CHAIB FILHO, H. **Análises de Estruturas Agrárias Mediante Técnicas de Análisis de Datos Multidimensionales: El Caso del Nordeste Brasileño**. España: Universidad Politécnica de Madrid, 1990. p 221.
- FERREIRA, R. J. F. A atuação do POLOCENTRO e o desenvolvimento regional. **Fundação João Pinheiro**, Belo Horizonte, v.15, n.5/6, p.3-17, 1985.
- FULLER, W. **Introduction to Statistical Time Series**. New York: John Wiley, 1976.
- THORNTON, P. K.; DENT, J.B. **IBSNAT crop models in a socio-economic whole farm framework**. **Agrotechnology Transfer**, Honolulu, n. 2. Hawaii, p. 1-13, 1987.
- VELOSO, R. F. **Crop farm development in the Brazilian Cerrado Region: An ex-ante evaluation**. United Kingdom: University of Edinburgh, 1990. p.268.
- WATSON, D. G., ZAZUETA, F. S., BOTTCHER, A.B. **Farm planning for the Brazilian "Cerrado" Regions: A planning framework for crop farm development**. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTERS IN AGRICULTURAL EXTENSION PROGRAMS**, 4, 1992, Orlando, Florida. **Proceedings...** Orlando, Florida: American Society of Agricultural Engineers, 1992. p.13-18.