

# AVALIAÇÃO ECONÔMICA E SOCIAL DE SISTEMAS AGROSSILVIPASTORIS NOS CERRADOS: UMA PROPOSTA DE MODELAGEM

*Rui Fonseca Veloso<sup>1</sup>*  
*Homero Chaib Filho<sup>2</sup>*

“Pesquisas em sistemas de produção agrossilvipastoris devem ajudar a integrar informações fragmentadas que são geradas em milhares de experimentos individuais...” (Holt, 1988).

## RESUMO

Neste artigo é proposta uma metodologia visando a analisar e sintetizar dados e informações sobre opções de desenvolvimento da agricultura nos cerrados, considerando os objetivos do produtor, os interesses de uma comunidade bem como o meio ambiente amplo em que fazendas de uma sub-região se inserem. Descreve-se como relações quantitativas entre processos de desenvolvimento técnico de sistemas agrossilvipastoris e objetivos sociais e econômicos podem ser modelados. Trata-se de uma estrutura que visa a dar suporte ao processo de avaliação destes sistemas. Nela estão incorporados os seguintes componentes: técnicas de previsão de preços, de produtividade de cultivos alternativos, de programação linear e inteira, de múltiplos critérios envolvidos no processo de desenvolvimento de uma determinada sub-região e um sistema de informações geográficas. Assim, espera-se obter uma ferramenta que possibilite uma avaliação *ex-ante* de custos e benefícios de sistemas agrossilvipastoris para um desenvolvimento rural integrado dos cerrados.

**Palavras-chave:** desenvolvimento agrícola, agricultura nos cerrados, sistemas agrícolas.

## SOCIO-ECONOMIC EVALUATION OF THE CERRADO'S FARMING SYSTEMS: A MODELLING PROPOSAL

## ABSTRACT

In this paper a methodology is proposed, aiming to analyse and sum up data and information about agricultural development options in the Cerrados Region, considering the producer objectives, the interests of a community as well as the whole environment in which farms of a sub-region are settled. The quantitative relations between technical development processes of mixed (including crop, animal and marginal forestry activities) farming systems and the social and economic

<sup>1</sup><sup>2</sup> Pesquisadores da Embrapa Cerrados, BR-020, km 18, Rodovia Brasília/Fortaleza. Caixa Postal 08223. CEP 73301-970 – Planaltina, DF. E-mail: rui@cpac.embrapa.br

objectives are described under a modelling viewpoint. The focus is on a structure that aims to give a support for the evaluation process of alternative farming systems for the Cerrados Region. The whole modelling structure has incorporated components that involve: price forecasting techniques, crop simulation models, different farm models, a multiple objective programming model to mimic the development process in a particular Cerrados Sub-region and a geographic information system. Thus, an ex-ante cost and benefits evaluation tool will be, hopefully, obtained to support farming systems appraisal for a Cerrados integrated rural development.

**Key words:** agricultural development, agriculture in the savannahs, agricultural systems.

## INTRODUÇÃO

A redução de investimentos públicos no setor agropecuário e pressões para melhoria do manejo dos recursos naturais dos cerrados, associadas à maior participação de comunidades locais nos processos de alocação de recursos públicos em programas como: Programa de Apoio a Política de Reforma Agrária (Proclera) e Programa Nacional de Desenvolvimento da Agricultura Familiar (Pronaf) no meio rural, implicam a necessidade de melhor planejamento e gerência de fazendas (Veloso, 1997).

Muitas das tecnologias já desenvolvidas para o meio rural não foram ainda plenamente incorporadas pelos sistemas de produção nos cerrados. Uma avaliação *ex-ante* da incorporação dessas tecnologias é necessária para medir seu impacto em termos econômicos, sociais e ambientais com visão sistêmica.

Este tipo de abordagem aplicado à pesquisa agrícola tem sido apresentado, entre outros, por Holt (1988) e Lynam (1994) por meio de conceitos do que é hierarquia de sistemas e de uma discussão sobre necessidades, percepções e limitações de pesquisas de sistemas de produção agrícola.

Este artigo propõe uma estrutura para avaliação de sistemas agrossilvipastoris nos cerrados que vem sendo discutida com alguns pesquisadores da Embrapa Cerrados e professores do Departamento de Estatística da Universidade de Brasília visando sua implementação através de um projeto de pesquisa e desenvolvimento (P&D).

A estrutura de modelos necessária para dar suporte ao processo de avaliação de sistemas agrossilvipastoris nos cerrados inclui componentes que envolvem: técnicas de previsão de preços, de produtividade de cultivos alternativos, de programação linear e inteira, de múltiplos critérios relacionados com o processo de desenvolvimento de uma determinada região, além de um sistema de informações geográficas que possibilitem medidas de impactos.

Inicialmente, descrevem-se os objetivos a partir das inquietações que norteiam a pesquisa e o desenvolvimento da avaliação econômico-social de sistemas agrossilvipastoris.

Em seguida, por meio da revisão de literatura, mostra-se a conveniência da utilização de modelagem matemática para obter um instrumento de suporte à avaliação desses sistemas.

### ESCOPO DA PROPOSTA DE MODELAGEM

Após um período de expansão geográfica da produção de grãos nas chapadas dos cerrados, constata-se que cultivos de milho, feijão e soja têm atingido bons níveis de produtividade. Contudo, prevalece um sério problema de capitalização e endividamento do produtor que tem sido postergado, após a criação, em julho de 1994, do plano de estabilização econômica, denominado Plano Real, mediante a securitização de suas dívidas (Veloso et al., 1996).

Os sistemas de produção nos cerrados têm-se tornado mais complexos. Fazendas típicas de produção de grãos, que foram implantadas nas chapadas com incentivos de créditos subsidiados, estão procurando integrar novas atividades de produção, dentre elas as de criação de gado. Esses sistemas mais complexos vêm sendo estudados com o objetivo de oferecer opções que sejam operacionais, economicamente sustentáveis e tecnicamente viáveis (Spain et al., 1996). Trata-se de um problema importante, uma vez que muitos produtores de grãos estão enfrentando aumentos nos custos de produção, sem conseguir elevar, ou mesmo manter, os níveis de produtividade de seus cultivos.

Entre as vantagens de um sistema de produção, com atividades de grãos e de pecuária integradas, destacam-se: melhoria na disponibilidade de capital de giro do negócio durante todo o ano; diminuição de riscos na produção de grãos e conseqüentemente do negócio. Entretanto, é necessário que o produtor invista em uma expansão da infra-estrutura da fazenda e aperfeiçoe o nível de planejamento e gerência de todo o seu negócio, pois as atividades de produção agropecuária apresentam baixos índices de taxa interna de retorno (inferiores a 10%) enquanto os juros bancários praticados no Brasil estão mais elevados.

Além disso, vem sendo discutida a necessidade de implantação de quebra-ventos e cercas vivas em áreas com pastagens, o que pode ser estudado como uma questão

de definição das áreas de produção de cada fazenda. Logo, no processo de desenvolvimento de uma fazenda nos cerrados, além dos custos normais de investimentos na correção dos solos, seriam incluídos os custos de aquisição e plantio de mudas, que no médio prazo constituiria uma atividade complementar de produção de madeira na fazenda.

Estudar a viabilidade de tais sistemas agrossilvipastoris é assim uma questão complexa que pode ser tratada por meio do desenvolvimento e aplicação de modelos computacionais. Tal modelagem deve incluir:

- i) o desenvolvimento de um instrumento de suporte à avaliação de resultados de pesquisa e de outros conhecimentos relacionados com os sistemas agrossilvipastoris nos cerrados;
- ii) a formulação e avaliação de sistemas de produção alternativos, sustentáveis em termos econômicos, sociais (medidas pela geração de emprego) e de qualidade ambiental;
- iii) a síntese de resultados de pesquisa visando a dar suporte ao processo de desenvolvimento rural.

A estrutura resultante permitirá responder perguntas como:

- qual o maior custo financeiro (taxa de juros) cobrado pelo sistema financeiro (com respeito a recursos públicos) que um produtor suportaria bancar com diferentes atividades, considerando-se as tendências de preços de produtos e de insumos?
- de que maneira atividades agrícolas, florestais e pecuárias complementar-se-iam para formarem sistemas de produção viáveis em termos econômicos, sociais e de qualidade ambiental, visando ao desenvolvimento rural integrado dos cerrados?

## REVISÃO DE LITERATURA

Enquanto nos países denominados industrializados são necessárias providências para questões como: chuvas ácidas, poluição atmosférica e lixo tóxico; nos países subdesenvolvidos, os problemas ambientais que são enfatizados

dizem respeito a desmatamentos malconduzidos, desertificação, pressões demográficas, erosão dos solos, poluição de água, entre outros. Assim, embora o uso intensivo de recursos não-renováveis (que tem sido a base da denominada revolução verde) e de maquinaria tenha possibilitado altos níveis de produção agrícola em diferentes partes do mundo, é importante ressaltar a conseqüente degradação ambiental resultante desse processo quando ocorre um inadequado planejamento e uso dos recursos naturais. Destaca-se a importância de uma gerência bem-conduzida de recursos para a agricultura, de maneira que mudanças nas necessidades humanas sejam satisfeitas ao mesmo tempo que os recursos naturais são mantidos e que a degradação ambiental é evitada.

Dentro de uma visão sistêmica, a sustentabilidade de recursos naturais deve ser avaliada, considerando uma hierarquia de sistemas, fundamental na síntese de resultados de pesquisa tal como está sendo proposto neste trabalho. Isto porque um sistema de produção economicamente sustentável, no âmbito de uma fazenda, pode fracassar, por exemplo, quando avaliado como um componente do sistema agroecológico conceitualizado por Conway (1987).

Embora decisões de produção sejam tomadas na fazenda, a importância de estudos e pesquisas de uma unidade de produção individual não deve ser superestimada quanto à sustentabilidade de seus processos. Problemas como erosão de solos e poluição de fontes de água transcendem os limites de uma fazenda e são, também, sentidos no âmbito da bacia hidrográfica e comunidades (locais e distantes) de pessoas e animais (Kelly, 1995).

O estabelecimento de estratégias de ação quanto ao uso de recursos dos cerrados requer uma avaliação holística, envolvendo diferentes aspectos técnicos, econômicos, sociais, ambientais e políticos. Tal avaliação, na visão de Naughton (1981), exige a definição e descrição de um modelo conceitual do sistema considerado e sua comparação com a situação do mundo real. Essa comparação proveria elementos básicos para um debate sobre mudanças viáveis e desejáveis entre as pessoas envolvidas nesse processo.

Para estudar o referido problema, optou-se pela modelagem dos sistemas seguindo os conceitos referentes à sustentabilidade de produção agrícola e às questões de gerência de recursos naturais, discutidas por Lynam (1994). Qualquer modelo é somente uma aproximação da complexidade de um sistema dinâmico do mundo real. A potencialidade, por exemplo, de um modelo de cultivo

para prever a produtividade de uma lavoura em um local específico está vinculada a quatro fontes de erros:

- (i) na estrutura do modelo;
- (ii) nos parâmetros do modelo;
- (iii) nos dados meteorológicos;
- (iv) de medidas dos dados de experimentos de campo.

Assim, erros na estrutura de um modelo não podem ser evitados inteiramente, mas podem ser minimizados durante o processo de modelagem. A utilidade desse instrumento complementar à experimentação de campo e ao processo de tomada de decisões gerenciais tem sido defendida por muitos pesquisadores (Swaney et al., 1986; Jones & Kiniry, 1986).

Além disso, a busca isolada do nível ótimo de eficiência técnica de fatores de produção pode resultar em um conflito com os objetivos de um produtor rural. Isto poderia implicar não somente uma escolha inadequada<sup>3</sup> para determinado fazendeiro, mas também em perdas para toda a sociedade. Logo, para problemas no âmbito da fazenda e da região em que ela se insere, são sugeridos estudos conforme os mencionados a seguir.

Portugal & Jones (1984) desenvolveram modelo conceitual que inclui grande número de fatores que podem influenciar metas de desenvolvimento agropecuário tais como: ofertar alimentos e matérias-primas a baixos preços, melhorar a renda e sua distribuição, e evitar a degradação ambiental. Em seguida, aplicaram um modelo de simulação que permitiu avaliar estratégias de desenvolvimento para pecuária de leite em Minas Gerais.

Bogahawarte (1984) realizou estudos sobre a produção agropecuária em Sri Lanka, desenvolvendo modelo de programação linear para representar e avaliar um sistema de produção local.

O desenvolvimento e o uso de um modelo de programação linear para sintetizar dados de sistemas de produção de fazendas agropecuárias do Nordeste

---

<sup>3</sup> Os conceitos de planejamento e gerência de fazenda e do processo decisório de um produtor rural discutido por Veloso (1997) demonstram a necessária racionalidade em qualquer escolha de curso de ação a ser adotado.

do Brasil permitiram a Gutierrez-Aleman et al. (1986) concluírem que a variabilidade da renda dessas fazendas decorria mais de respostas ao clima do que das mudanças nos níveis de eficiência tecnológica de atividades de produção de ovinos e caprinos. Concluíram, também, que a técnica de programação linear é fácil e bastante útil como instrumento para avaliação (*ex-ante*) de tecnologia.

Morrison et al. (1986) desenvolveram um modelo de programação matemática com o propósito de analisar a influência de diferentes níveis de participação de cultivos sobre o nível de renda do negócio de uma fazenda agropecuária que envolve 290 atividades (variáveis) e 130 restrições, representando um ano médio de operações com as diferentes estações de tempo. Relações não-lineares foram aproximadas por segmentação linear e algumas das atividades produtivas implicaram uma formulação de programação mista.

Uma abordagem de planejamento e avaliação de sistemas agrossilvipastoris, em microbacia hidrográfica, compreende a resolução de conflitos entre diferentes objetivos. Para isto, Mendonza et al. (1987) têm defendido o método *Lexicographic Goal Programming* para estudar problemas complexos que envolvem a classificação de prioridades associadas a múltiplos objetivos.

Para investigar a possibilidade de desenvolvimento de uma microbacia no mediterrâneo, Wit et al. (1988) aplicaram uma técnica interativa denominada programação linear de múltiplos objetivos. Os resultados do estudo possibilitaram melhor comunicação entre políticos, planejadores e pesquisadores e demonstraram que o método pode, entretanto, servir como instrumento para um planejamento mais eficiente do desenvolvimento. Isto é, a programação de múltiplos objetivos pode ajudar a decidir sobre alternativas viáveis de desenvolvimento dentro de amplo cenário técnico e socioeconômico. Outro estudo envolvendo questões fundamentais associadas ao uso de recursos rurais foi discutido por Cocklin et al. (1988), no final de 1980, com o propósito de avaliar conflitos. Eles definiram um modelo para tratar múltiplos objetivos associados ao desenvolvimento de uma floresta comercial em Ontário, utilizando-se da técnica *goal programming*.

Mais recentemente, estudos desenvolvidos por Herrero et al. (1997), Alocilia et al. (1997), Hoanh et al. (1997), Ruben et al. (1997) e Boerboom et al. (1997) utilizam técnicas de simulação e programação matemática para tratar decisões que abrangem múltiplos critérios em processos de desenvolvimento agrícola sustentável.

Sharifi & Keulen (1994) têm utilizado várias ferramentas e técnicas de computação científica com o propósito de integrar dados e informações biofísicas, sociais e econômicas em um instrumento de suporte a decisões de planejamento de uso de terras.

Assim, modelos orientados para dar suporte aos processos decisórios, como os que serão desenvolvidos neste estudo, são particularmente úteis quando mudanças em políticas (como taxas de juros para créditos de investimento e custeio agropecuário) de desenvolvimento agrícola podem ser examinadas. O importante é que esses modelos atendam de maneira adequada aos propósitos de avaliação de sistemas agrossilvipastoris estabelecidos neste estudo. O desenvolvimento desses modelos segue princípios de teoria microeconômica denominado por Cyert & March (1963) de comportamento organizacional da firma e, a teoria e a prática de pesquisa em sistemas discutida por Naughton (1981).

## METODOLOGIA

Esta proposta de modelagem de sistemas agrossilvipastoris compreende uma fase de análise que consiste em estudar sistemas de produção de fazendas individuais de uma microbacia (região) ou suas partes, visando a esclarecer a sua natureza e inter-relações e para determinar princípios gerais de comportamento dos processos de produção e gerencial; e uma de síntese onde se representa estes processos por meio de modelagem matemática e ferramentas computacionais, objetivando construir réplicas (modelos) que possam exibir comportamentos similares àqueles das referidas fazendas em uma determinada microbacia ou região, Greenberger et al. (1976, p. 49).

Será adotada uma abordagem sistêmica, em que, inicialmente, serão analisados os processos envolvidos no âmbito de uma fazenda com diferentes atividades produtivas e gerenciais, para, em seguida, incorporá-las a um modelo de programação mista (linear e inteira) e multiperiódica, que busca representar uma fazenda, como um negócio que se insere em um ambiente complexo (Veloso, 1997). Esse modelo incorporará, também, dados de preços de produtos (históricos ou gerados por meio de modelos estatísticos ajustados para cada série temporal de preços) e dados de produtividade (estimados através de modelos de simulação que estejam validados para nossas condições de cerrados ou de observações

de campo que possibilitem o estabelecimento de distribuições de produtividade de atividades agrícolas e pecuárias). Esta primeira etapa englobará, ainda, o desenvolvimento de uma base de dados sociais, econômicos e biofísicos que serão utilizados em modelos de fazenda, de simulação de cultivos e de pecuária, bem como feitas referências bibliográficas para serem incorporadas em um sistema de informações geográficas (SIG).

Modelos de fazendas têm sido desenvolvidos e aplicados com o propósito de dar suporte ao planejamento e extensão rural, à avaliação e planejamento de pesquisa bem como à formulação de políticas para o setor rural. Revisões sobre desenvolvimentos, conceitos e aplicações deste tipo de modelos foram apresentadas por Klein & Narayanan (1992) e Jones et al. (1997) onde mostram que a programação matemática tem sido bastante usada, desde 1960, em avaliações econômicas de sistemas agrícolas.

Uma das versões do modelo de fazenda mencionado tem sido desenvolvida incorporando algumas variáveis inteiras como número de tratores e número de tratoristas empregados. O problema consiste em otimizar uma função-objetivo que maximiza um fluxo de caixa, descontado em horizonte de 126 meses, Veloso et al. (1992).

A variabilidade de preços de produtos, estabelecidos em US\$, pode ser representada através de séries históricas ou de modelos estatísticos de séries de preços mensais. A partir de uma previsão de preços, as operações de vendas são representadas no modelo de fazenda através de variáveis (que incorporam preços previstos ou preços históricos), em uma base mensal.

A variabilidade da produtividade dos cultivos requer o estabelecimento de distribuições que podem ser geradas através de modelos de simulação de cultivos ou de dados de observação de campo. Dados de produtividade são parâmetros do modelo de fazenda.

Em seguida, busca-se desenvolver um modelo de múltiplos critérios (ou objetivos), procurando representar conflitos de interesses concernentes ao uso de recursos de uma microbacia ou região específica dos cerrados. Isto é, dados gerados pelo modelo de fazenda que tem como objetivo maximizar a rentabilidade do negócio serão usados como *input* no modelo regional. Essa abordagem de sistemas que integra um modelo micro (no âmbito de fazenda) a um modelo regional tem sido explorada por Doppler (1994); McGregor & Dent (1993)

para analisar impactos de políticas alternativas e estratégias de pesquisa e extensão. Trata-se de uma proposta abrangente de integração de resultados de pesquisa e práticas em fazendas de uma microbacia ou região e de uma abordagem que Swift et al. (1994); Dent et al. (1995); Stoorvogel (1995) têm adotado, visando ao desenvolvimento de procedimentos com o objetivo de avaliar economicamente novos processos propostos para compor sistemas agrossilvipastoris e o estabelecimento de cenários como um meio para avaliar mudanças socioeconômicas sobre uma área agrícola. Esses autores discutem os fatores que prejudicam o processo de tomada de decisões do fazendeiro, apresentam modelos conceituais do agroecossistema em que o fazendeiro se insere, e uma proposta de geração de conhecimento, com síntese de resultados de pesquisa através do desenvolvimento e uso de modelos matemáticos e ferramentas computacionais.

Uma vez que os modelos de fazenda e regional apresentem resultados aceitáveis para os seus usuários (pesquisadores, extensionistas, professores e formuladores de políticas agrícolas e planos de desenvolvimento) procurar-se-á explorar melhor a ferramenta SIG. Além disso, o SIG proverá informações espaciais, básicas para aplicações dos modelos em questão.

Assim, busca-se desenvolver um instrumento de suporte à tomada de decisões envolvendo a alocação de recursos públicos escassos, no processo de desenvolvimento rural nos cerrados. A estrutura de modelagem a respeito dos principais fatores técnicos e socioeconômicos é conceitualizada na Figura 1 que representa uma extensão de conceitos e modelos desenvolvidos por Veloso et al. (1992); Chaib Filho et al. (1997); Veloso et al. (1994) e a metodologia denominada USTED (Uso Sostenible de Tierras en El Desarrollo) desenvolvida por Stoorvogel (1995). Procura-se a complementaridade entre diferentes técnicas de modelagem para tratar essa problemática.

**FIGURA 1. Estrutura de modelagem de sistemas agropecuários dos cerrados.**

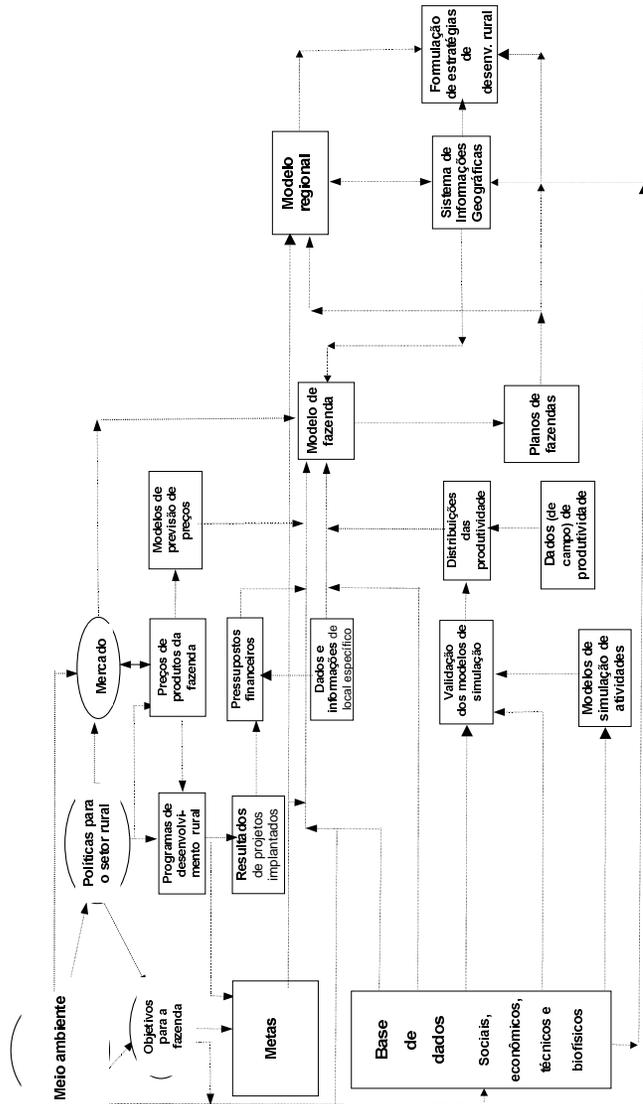


Figura 1 - Estrutura de modelagem de sistemas agropecuários dos Cerrados

## O PROCESSO DE MODELAGEM

A integração de diferentes ferramentas e modelos em uma metodologia de avaliação de sistemas agrossilvipastoris requer uma descrição explícita dos diferentes pressupostos considerados no desenvolvimento dos componentes individuais e da estrutura que os incorpora. Esta preocupação visa evitar que a aplicação dessa metodologia seja interpretada como o uso de uma caixa preta. Os modelos devem ser conceitualizados, desenvolvidos e calibrados independentemente, com uma estrutura comum que se proponha integrar os modelos e ferramentas. A operacionalização dessa estrutura pressupõe o uso de ferramentas de banco de dados, seguindo conceitos de sistemas de informações (Stoorvogel, 1995).

Assim, espera-se obter um subsistema de informações em que as facilidades de banco de dados com um procedimento de interpretação das entradas e saídas do modelo de fazenda, em particular, será desenvolvido. Isto facilitará a utilização de diferentes versões de modelo de fazenda por usuários interessados, por exemplo, em analisar políticas de crédito agrícola do ponto de vista do negócio individual e a geração de resultados a serem incorporados ao modelo regional.

## COMENTÁRIOS FINAIS

A formulação de políticas de alocação de recursos públicos não se pode ater, exclusivamente, ao instrumento acima proposto. Entretanto, este constituirá um meio de análise quantitativa que pode ser incorporado ao processo amplo de formulação de políticas públicas onde outros instrumentos, tais como a metodologia desenvolvida por Avtar et al. (1994), deverão ser considerados de forma complementar.

Recomenda-se que a aplicação de qualquer modelo deve ocorrer após sua validação e no caso específico de modelos no âmbito de fazendas, Schilizzi & Boulier, (1997) enfatizam a necessária participação do fazendeiro. Nesse caso, serão utilizados dados e informações gerados de uma fazenda que tenha sido estudada e diferentes aspectos do negócio tenham sido descritos (como em Veloso et al., 1996), bem como avaliações por extensionistas e fazendeiros visando a sua validação como instrumento de suporte à formulação de políticas de desenvolvimento rural.

Além disso, apesar de a modelagem poder constituir um meio e uma razão para melhorar o processo de comunicação interna e com outras instituições,

em uma organização de pesquisa e desenvolvimento como a Embrapa, o uso prático de modelos computacionais não pode ser uma meta de curto prazo, Penning de Vries et al. (1988).

## REFERÊNCIAS

- ALOCILIA, E. C.; BERNUTH, R. D. VON; BEEDE, D. K. Managing dairy-crop production systems for zero-excess phosphorus: a multi-criteria optimization approach. In: TENG, P. S.; KROPFF, M. J.; ten BERGE, H. F. M.; DENT, J. B.; LANSIGAN, F. P.; LAAR, H. H. van. **Applications of systems approach at the farm and regional levels**. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic, 1997. v.1, p.115-128.
- BOERBOOM, L. G. J.; FLITCROFT, I. D.; KANEMASU, E. T. Interdisciplinary tool for optimizing agricultural production and erosion: a conceptual model. In: TENG, P. S.; KROPFF, M. J.; ten BERGE, H. F. M.; DENT, J. B.; LANSIGAN, F. P.; LAAR, H. H. van. **Applications of systems approach at the farm and regional levels**. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic, 1997. v. 1, p. 31-44.
- AVTAR, K.; KATHRYN, D.; BERNARD, L. Methodology for participatory rapid resource assessment with indicators of sustainability. In: SEBILLOTTE, M. **Systems-oriented research in agriculture and rural development** (international symposium). Montpellier: CIRAD - SAR, 1994. p. 242-247.
- BOGAHAWARTE, C. Evaluating crop-livestock-based farming: part 3 - feed demand and supply. **Agricultural Systems**, v. 14, p. 199-212, 1984.
- CHAIB FILHO, H.; MADEIRA NETO, J. S.; VILARINO, A.; VELOSO, R. F.; PRADO, H. A. Banco de dados georeferenciados como suporte ao desenvolvimento municipal: aplicação ao Município de Silvânia-GO. In: VILELA, P. R. C. **Agrosoft 97** (I congresso da SBI-Agro workshop on supply chain management in agribusiness). Belo Horizonte, Brasil: UFLA, 1997. p. 351-357.
- COCKLIN, C.; LONERGAN, S.; SMIT, B. Assessing conflicts in the use of rural resource: an analytical framework. **Journal of Rural Studies**, v. 4, p.9-20, 1988.

- CONWAY, G. R. The proprieties of agroecosystems. **Agricultural Systems**, v. 24, p.95-117, 1987.
- CYERT, R. M.; MARCH, J.G. **A behavioural theory of the firm**. New Jersey: Prentice-Hall, 1963.
- DENT, J. B.; EDWARDS-JONES, G.; MACGREGOR, M. J. Simulation of ecological, social and economic factors in agricultural systems. **Agricultural Systems**, v. 49, p. 337-351, 1995.
- DOPPLER, W. The role of quantitative methods in integrating farm, village, and regional systems approaches. In: SEBILLOTTE, M. **Systems-oriented research in agriculture and rural development** (international symposium). Montpellier: CIRAD - SAR, 1994. p. 63-70.
- GREENBERGER, M.; CRENSON, M. A.; CRISSEY, B. L. **Models in the policy process - public decision making in the computer era**. New York: Russell Sage Foundation, 1976. p. 47-84.
- GUTIERREZ-ALEMAN, N.; de BOER, A. J.; KEHRBERG, E. W. A bio-economic model of small ruminant production in the semi-arid tropics of the Northeast region of Brazil: part 2 - linear programming applications and results. **Agricultural Systems**, v.19, p. 159-187, 1986.
- HERRERO, M.; FAWCETT, R. H.; PÉREZ, E.; DENT, J. B. The role of systems research in grazing management: applications to sustainable cattle production in Latin America. In: TENG, P. S.; KROPFF, M. J.; ten BERGE, H. F. M.; DENT, J. B.; LANSIGAN, F. P.; LAAR, H. H. van. **Applications of systems approach at the farm and regional levels**. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic, 1997. v. 1, p. 129-136.
- HOLT, D. Agricultural production systems research. **Phi Kappa Phi Journal**, v. 68, p. 14-18, 1988.
- HOANH, C. T.; KEULEN, H. VAN; TUONG, T. P. A model assessing water management strategies for integrated land-use planning in the Mekong Delta of Vietnam. In: TENG, P. S.; KROPFF, M. J.; ten BERGE, H. F. M.; DENT, J. B.; LANSIGAN, F. P.; LAAR, H. H. van. **Applications of systems approach at the farm and regional levels**. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic, 1997. v. 1, p.383-398.
- JONES, C. A.; KINIRY, J. R. **CERES-maize: a simulation model of growth and development**. Texas: Texas A&M University Press, 1986. 194 p.

- JONES, J. W.; THORNTON, P. K.; HANSEN, J. W. Opportunities for systems approaches at the farm level. In: TENG, P. S.; KROPFF, M. J.; ten BERGE, H. F. M.; DENT, J. B.; LANSIGAN, F. P.; LAAR, H. H. van. **Applications of systems approach at the farm and regional levels**. Kluwer Academic Publications, Dordrecht, The Netherlands, 1997. v.1, p. 1-19.
- KELLY, T. C. **A bioeconomic systems approach to sustainable analysis at the farm level**. Florida: University of Florida / A Bell & Howell Information Company, 1995. 210 p. Ph.D. Thesis.
- KLEIN, K. K.; NARAYANAN, S. Farm level models: a review of developments, concepts and applications in Canada. **Canadian Journal of Agricultural Economics**, v. 40, p. 351-368, 1992.
- LYNAM, J. K. Sustainable growth in agricultural production: the links between production, resources, and research. In: GOLDSWORTHY, P.; PENNING DE VRIES, F. W. T. **Opportunities, use, and transfer of systems research methods in agriculture to developing countries**. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic, 1994. p. 3-28.
- McGREGOR, M. J.; DENT, J. B. An application of lexicographic goal programming to resolve the allocation of water from the Rakaia River (New Zealand). **Agricultural Systems**, v. 41, p. 349-367, 1993.
- MENDONZA, A. G.; CAMPELL, G. E.; ROLFE, G. L. Multiple objective programming - an approach to planning and evaluation of agroforestry systems: part 2 - an illustrative example and analysis. **Agricultural Systems**, v. 23, p. 1-18, 1987.
- MORRISON, D. A.; KINGWELL, R. S.; PANNELL, D. J. A mathematical programming model of a crop-livestock farm systems. **Agricultural Systems**, v. 20, p. 243-268, 1986.
- NAUGHTON, J. Theory and practice in systems research. **Agricultural Systems**, v.8, p. 61-69, 1981.
- PENNING DE VRIES, F. W. T.; RABBINGE, R.; JANSEN, D. M.; BAKERNA, A. Transfer of systems and simulation in agriculture to developing countries. **Agricultural Administration & Extension**, v.29, p. 85-96, 1988.

- PORTUGAL, A. D.; JONES, J. G. W. The managerial capacity of farmers and development of cattle industry: part 1 - background and concepts. **Agricultural Systems**, v.14, p. 65-80, 1984.
- RUBEN, R.; KRUSEMAN, G.; HENGSDIJK, H.; KUYVENNHOFEN, A. The impact of agrarian policies on sustainable land use. In: TENG, P. S.; KROPFF, M. J.; ten BERGE, H. F. M.; DENT, J. B.; LANSIGAN, F. P.; LAAR, H. H. van. **Applications of systems approach at the farm and regional levels**. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic, 1997. v.1, p. 65-82.
- SCHILIZZI, S. G. M.; BOULIER, F. Why do farmers do it? validating whole-farm models. **Agricultural Systems**, v. 54, p. 133-157, 1997.
- SHARIFI, M. A.; KEULEN, H. VAN. A decision support system for land use planning at farm enterprise level. **Agricultural Systems**, v. 45, p. 239-257, 1994.
- SPAIN, J. M.; AYARZA, M. A.; VILELA, L.; Crop pasture rotations in the Brazilian Cerrados. In: PEREIRA, R. C.; NASSER, L. C. B., ed. **Anais do 8º Simpósio sobre o Cerrado: biodiversidade e produção sustentável de alimentos e fibras nos Cerrados e proceedings do 1º International Symposium on Tropical Savannas: biodiversity and sustainable production of food and fibers in the Tropical Savannas**. Planaltina, Brasil: Embrapa-CPAC, 1996. p.39-45.
- STOORVOGEL, J. J. Integration of computer-based models and tools to evaluate alternative land-use scenarios as part of an agricultural systems analysis. **Agricultural Systems**, v. 49, p. 353-367, 1995.
- SWANEY, D. P.; JONES, J. W.; MISHOE, J. W.; BAKER, F. A combined simulation-optimisation approach for predicting crop yields. **Agricultural Systems**, v. 20, p.133-157, 1986.
- SWIFT, M. J.; BOHREN, L.; CARTER, S. E.; IZAC, A. M.; WOOMER, P. L. Biological management of tropical soils: integrating process research and farm practice. In: WOOMER, P. L.; SWIFT, M. J. **The biological management of tropical soil fertility**. Chichester, United Kingdom: John Wiley & Sons, 1994. p. 209-227.
- VELOSO, R. F. Planejamento e gerência de fazenda: princípios básicos para avaliação de sistemas agrossilvipastoris nos cerrados. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 14, n.1, p.113-154, 1997.

- VELOSO, R. F.; CARVALHO, E. R. O.; GOULART, A. M. Desempenho técnico, econômico e financeiro da fazenda São Francisco no Projeto Piratinga. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1996. 76 p. (Embrapa-CPAC. Documentos, 58).
- VELOSO, R. F.; MCGREGOR, M. J.; DENT, J. B.; THORNTON, P. K. Farm planning for the Brazilian "Cerrado" region: a planning framework for crop farm development. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTERS IN AGRICULTURAL EXTENSION PROGRAMS, 4., 1992, Orlando, FLORIDA. **Proceedings...** St. Joseph, Michigan: ASAE, 1992. p. 13-18. (ASAE Publication, 1-92).
- VELOSO, R. F.; MCGREGOR, M. J.; DENT, J. B.; THORNTON, P.K. Técnicas de modelagem de sistemas aplicadas em planejamento agrícola dos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n.12, p. 1877-1887, 1994.
- WIT, C. T. de; KEULEN, H. van; SELIGMAN, N.G.; SPHARIM, I. Application of interactive multiple goal programming techniques for analysis and planning of regional agricultural development. **Agricultural Systems**, v.26, p.211-230, 1988.