

MODELAGEM DE SISTEMAS NO CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO TRÓPICO ÚMIDO

Saturnino Dutra

Paulo Choji Kitamura

1. Introdução

O termo "modelagem de sistemas" pode significar diferentes coisas para muitas pessoas, dependendo particularmente do conjunto de experiências, sucessos ou falhas obtidos no desenvolvimento de modelos de sistemas.

Como o método científico, a modelagem de sistemas é uma metodologia orientada a resolver problemas, com a diferença de que está baseada na teoria de sistemas.

O termo "sistema" tem sido um dos mais frequentes encontrados na literatura nos últimos anos, sendo muitas vezes confundido com o termo "processo". Para definir o que é um sistema, temos que considerar a teoria de sistemas dividida em duas correntes de pensamento: matemático e subjectivo.

O enfoque matemático ou Teoria Geral de Sistemas define um sistema geral S como a relação:

$$S \subset X . Y$$

ou seja, um subconjunto pertencente a um conjunto de ordem maior representado por variáveis de entrada (X) e variáveis de saída (Y) (Mesarovich 1964; Klir 1968).

O enfoque subjectivo ou Pensamento Sistêmico define sistema como o modo de olhar o mundo, ou seja, cada indivíduo ver a realidade, os problemas etc. de modo diferente (Weinberg 1975).

Entre disciplinas específicas, o termo sistema tem sido também definido de diferentes formas. Na área agrícola, uma definição aceitável é apresentada por Brockington (1979): "sistema consiste em um número de componentes os quais são ligados entre si visando objetivos comuns". Há um consenso entre os autores que cada sistema tem em sua estrutura cinco elementos: componentes, processos, entradas, saídas e limite do sistema.

Este informe tem por objetivo apresentar as atividades de modelagem de sistemas em desenvolvimento no Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópi

co Úmido - CPATU, um Centro de Recurso da EMBRAPA, localizado em Belém, Estado do Pará.

2. Atividades de Modelagem de Sistemas

2.1. Manejo de pastagens

A implantação de pastagens em áreas de floresta amazônica envolve as operações de derrubada e queima da biomassa vegetal e o plantio de gramínea, principalmente o capim-colonião (*Panicum maximum*).

Durante os primeiros anos após a implantação, esta pastagem apresenta uma produtividade bastante elevada. Porém, depois de 5 a 8 anos, mesmo com manejo satisfatório, observa-se um declínio gradual da produtividade das pastagens que pode ser apresentado em três categorias: 1. pastagens ainda produtivas - com até 20% de invasoras; 2. pastagens com produtividade regular - com 20 a 60% de invasoras; e 3. pastagens em degradação - com mais de 60% de invasoras (Figura 1).

Na região amazônica, existem, aproximadamente, 1.100.000 ha de pastagens cultivadas de capim-colonião localizadas principalmente às margens das estradas de penetração. Aproximadamente 550.000 ha são ainda produtivos, 450.000 ha são de regular produtividade e 100.000 ha estão em avançado estágio de degradação.

As causas da degradação destas pastagens têm sido identificadas como consequência do manejo inadequado dado a elas, principalmente pela limitação do nutriente fósforo no rendimento forrageiro e pelas altas lotações de animal utilizadas durante o ano.

As pesquisas desenvolvidas nos últimos anos pelo CPATU, através do Projeto de Melhoramento das Pastagens da Amazônia Legal - Propasto - (EMBRAPA 1980) permitiram indicar tecnologias biologicamente viáveis para manter ou recuperar a produtividade de pastagens de capim-colonião degradadas ou em degradação (Figura 2). Entretanto, a longo prazo, não são conhecidos os retornos econômicos do uso dessas tecnologias.

Está sendo desenvolvido um modelo de sistema utilizando dados biológicos coletados da pesquisa com manejo de pastagens, no município de Paragominas, Pará, visando os seguintes objetivos: a) análise econômica das alternativas de manejo de pastagens cultivadas em área de mata; e b) exame da sensibilidade dos resultados a mudanças nos preços reais da carne bovina e dos pre

FIGURA 1. Fases da produtividade de uma pastagem de capim-colonião em áreas de floresta amazônica.

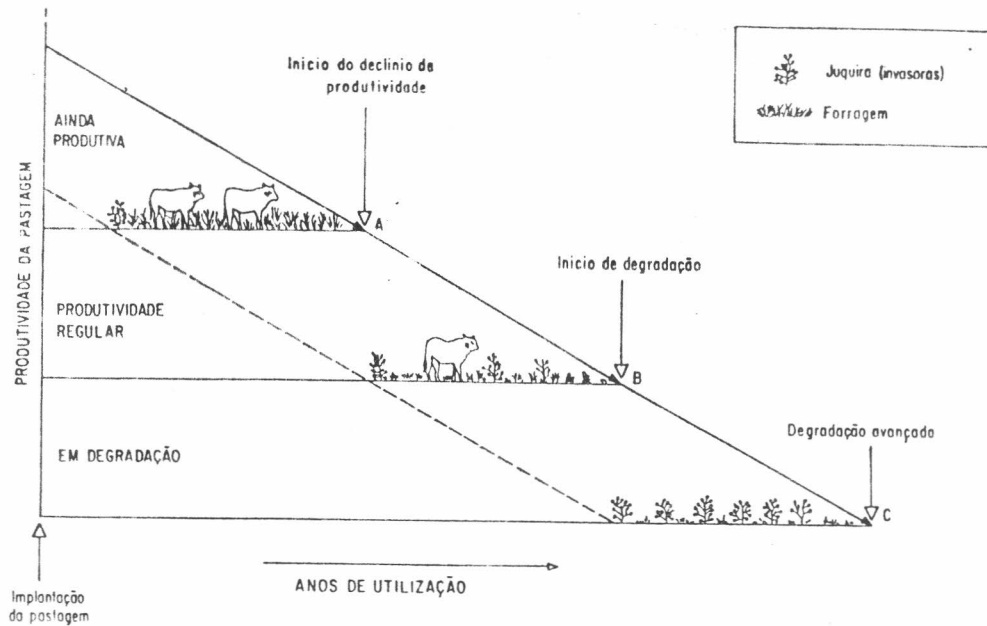
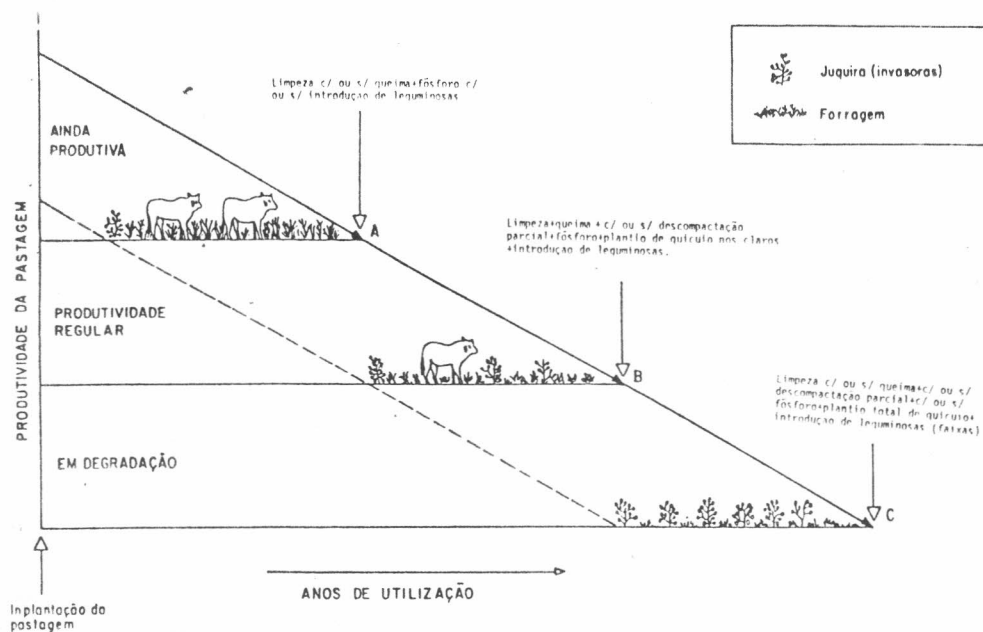


FIGURA 2. Tecnologias recomendadas para manter ou recuperar a produtividade de uma pastagem de capim-colonião em área de floresta amazônica.



ços de fertilizantes.

O modelo utiliza relações teóricas existentes na literatura entre o ganho de peso por animal e por área em relação à taxa de lotação animal (Jones & Sandland 1974).

As principais relações biológicas incorporadas ao modelo foram:

$$Y_t = f(G_t, L_t), \quad (1)$$

$$G_t = f(C_t, MP_t, S_t | MA_t, A_t, P_t), \quad (2)$$

$$C_t = f(F_t, L_t | A_t, MA_t), \quad (3)$$

$$F_t = f(L_{t-1}, F_{t-1}, MP_{t-1}, T_t), \quad (4)$$

onde: Y é o ganho de peso/ha; G o ganho de peso por animal; L a taxa de lotação; C o consumo de forragem pelo animal; S a suplementação alimentar do animal; A as condições biológicas dos animais; P as condições biológicas das pastagens; MA o manejo animal; MP o manejo da pastagem; F a quantidade de forragem disponível; T as condições físico-biológicas do solo; e t a variável tempo em anos.

As relações econômico-financeiras incorporadas ao modelo foram:

$$CT_t = CO_t + CR_t + CF_t + CI_t + CP_t + CB_t, \quad (5)$$

$$CO_t = CM_t + CA_t, \quad (6)$$

$$CR_t = X_t \cdot CV, \quad (7)$$

$$CI_t = X_t \cdot CG, \quad (8)$$

$$RB_t = Pg \cdot (YHA_t + EG_t) + VR_t, \quad (9)$$

$$L_t = RB_t - CT_t, \quad (10)$$

onde: CT , CO , CR , CF , CI , CP , CB , CM , CA , CV , e CG referem-se aos custos totais, operacional da pastagem, operacional do rebanho, mão-de-obra permanente, investimento em rebanhos, investimentos em pastagens, investimentos em benfeitorias, limpeza da pastagem, adubação da pastagem, manejo de um animal e custo de aquisição de um animal, respectivamente. A receita total (RB) é obtida pela

agregação do preço de venda (P_g) pelo estoque do produto (YHA + EG), mais o valor residual da pastagem (VR). O lucro líquido (L_t) é, então, obtido pela diferença entre a receita bruta (RB) e o custo total (CT) no período considerado.

Com base nessas relações, foi escrito um programa em linguagem Fortran e implementado no microcomputador Polymax do Centro. Os resultados encontrados (Tabela 1) permitem fazer as seguintes conclusões: a) a recuperação de pastagens com introdução de leguminosas, adubação fosfatada e plantio de capim quicuío-da-amazônia nos claros das pastagens de colômbio é economicamente viável, porém implica aumentos consideráveis nos custos de produção; b) o manejo das pastagens com lotação animal pesada foi mais rentável que a lotação leve; c) o pastejo rotativo aumenta a longevidade produtiva da pastagem bem como sua rentabilidade ao longo dos anos; d) um aumento no preço da carne bovina favorece o uso de pressão mais leve de pastejo, enquanto que um aumento no preço do fertilizante fosfatado favorece o uso de pressão mais alta de pastejo.

2.2. Engorda de gado

Na Amazônia, a pecuária é desenvolvida com a finalidade principal visando a produção de carne. A engorda de gado baseada em pastagens cultivadas é uma atividade bastante frequente entre produtores da região, principalmente onde a exploração está mais desenvolvida: as margens das estradas de penetração.

De acordo com pesquisas realizadas pelo CPATU, o rendimento de animais em pastejo, a produtividade e longevidade produtiva das pastagens são particularmente sensíveis a dois parâmetros: adubação fosfatada das pastagens e lotação animal (EMBRAPA 1980).

Está em fase inicial de desenvolvimento um modelo de simulação para engorda de gado nas principais regiões pecuárias da região, visando conhecer o desempenho biológico e econômico da engorda baseada em pastagem, sob diferentes níveis de adubação fosfatada e lotação animal.

O modelo em desenvolvimento está dividido em três submodelos: climático, pastejo e econômico. O intervalo de tempo para simulação será de uma semana.

O clima tem influências diretas no animal, através da produção e comportamento em pastejo, e indireta, através da quantidade e qualidade da pastagem disponível dos animais. As variáveis a serem consideradas como componentes do clima são: precipitação, temperatura, evapotranspiração, água no

TABELA 1. Custo médio e lucro líquido anual (Cr\$/ha) na engorda de bovinos em pastagens em degradação vs. pastagens recuperadas com fósforo, leguminosas e quicuío-da-amazônia.

Tipo de pastagem	Sistema de pastejo	Lotação animal	Custo médio	Lucro líquido
Colonião tradicional	Contínuo	Leve	10.459,00	2.296,00
"	"	Média	12.019,00	2.897,00
"	"	Pesada	10.392,00	2.810,00
"	Rotativo	Média	12.770,00	3.059,00
"	"	Pesada	13.837,00	3.287,00

Colonião+L+P+quicuío	Contínuo	Leve	27.194,00	6.829,00
"	"	Média	35.399,00	10.073,00
"	"	Pesada	38.246,00	10.973,00
"	Rotativo	Média	35.459,00	10.042,00
"	"	Pesada	40.807,00	11.528,00

solo etc.

O submodelo pastejo está dividido em três componentes: solo, pastagem e animal, os quais, interrelacionados, formam um sistema bastante complexo. Neste modelo, o componente solo é considerado como uma unidade com papel de armazenar umidade. No componente pastagem, a forragem disponível vai depender de fatores climáticos e fertilização fosfatada. O componente animal abrange principalmente o consumo de forragem em pastejo, disponibilidade e digestibilidade da pastagem, e lotação animal.

O submodelo econômico está caracterizado por variáveis econômicas: preço de venda, custo de produção, ingressos, taxa interna de retorno.

Na fase atual, os dados necessários para a síntese deste modelo estão sendo coletados e relações funcionais entre variáveis, identificadas e ajustadas.

3. Conclusão

Técnicas econômicas de manejo e o nível adequado de fertilização fosfatada nas pastagens da região amazônica são, sem dúvida, problemas que podem ser melhor entendidos através da modelagem de sistemas.

Esta metodologia, além de possibilitar um melhor uso dos dados experimentais coletados da pesquisa disciplinar, pode ser mais útil aos extensionistas e produtores por oferecer uma visão mais global dos problemas ou fenômenos.

A pesquisa convencional através do método científico produz resultados os quais são largamente específicos para um lugar, um período de tempo, e um número limitado de tratamentos. Os resultados da modelagem de sistema são mais generalizados a locais, anos, e a um maior número de tratamentos.

Nossa experiência indica, no entanto, que a eficiência desta generalização depende da magnitude de três fatores: 1) uso do delineamento adequado durante a pesquisa disciplinar; 2) qualidade dos dados coletados; e 3) validade do modelo desenvolvido. As maiores limitações que encontramos referem-se aos dois primeiros fatores, e a algumas dificuldades de ordem prática que normalmente aparecem nas fases de síntese e análise do modelo.

4. Referências

Brockington, N.R. (1979). Computer Modelling in Agriculture. Clarendon Press, Oxford. 156 p.

- EMBRAPA. (1980). Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido. Relatório Técnico do Projeto de Melhoramento de Pastagens da Amazônia Legal-Propasto , 1976-1979. Belém, CPATU, 294 p.
- Jones, R.J. & Sandland, R.L. (1954). The relation between animal gain and stocking rate. Journal of Agricultural Science, 83:335-42.
- Klir, G.J. (1968). An approach to general systems theory. General Systems: 13 : 13-20.
- Mesarovick, M.D. (1964). Views on General Systems Theory. John Wiley, New York.
- Weinberg, G.M. (1975). An Introduction to General Systems Thinking. John Wiley, New York, 279 p.