

# AGROSOFT 99

## II Congresso da SBI-Agro

### **TAMU21: um modelo de simulação para análise de sistemas de produção de gado de corte**

#### ***Autores***

##### **Pedro Franklin Barbosa**

Vínculo: CPPSE/EMBRAPA – São Carlos  
Telefone: (16) 261-5611

##### **Miguel A. Bueno da Costa**

Email: [mbcosta@power.ufscar.br](mailto:mbcosta@power.ufscar.br)  
Vínculo: Departamento de Engenharia de Produção – UFSCar  
Endereço: Rod. Washington Luiz Km 235, Sao Carlos, SP  
Telefone: (16) 260-8236

##### **Isaías Torres**

Vínculo: Departamento de Engenharia de Produção – UFSCar  
Endereço: Rod. Washington Luiz Km 235, Sao Carlos, SP  
Telefone: (16) 260-8236

#### ***Resumo***

Este trabalho apresenta uma nova abordagem para tratar o modelo de simulação de bovino de corte TAMU, da Texas A&M University. As modificações feitas no modelo original estão atreladas à construção de um módulo de simulação, utilizando o *software* de simulação dinâmica ARENA, e um módulo decisor, utilizando um *software* de sistemas especialistas chamado NExpert. A integração destas duas ferramentas computacionais tornam o modelo de simulação mais flexível e amigável. Outras modificações dizem respeito ao tratamento dado aos animais que, diferentemente do TAMU original, nesse modelo as simulações consideram os animais individualmente. O modelo de simulação em questão foi desenvolvido em conjunto pela EMBRAPA/Pecuária Sudeste e pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), através do grupo de ensino e pesquisa SIMUCAD do Departamento de Engenharia de Produção.

#### ***Abstract***

The paper presents a new approach about the Texas A&M University beef cattle simulation model (TAMU). The changes made in the original TAMU model deal with a simulation module developed on ARENA software. Besides, an expert system was developed on NExpert software to emulate decision making. These tools, combined within a simulation model, render the model more flexible and friendly. This model,

named TAMU21, was built by a group of researchers from EMBRAPA/ CPPSE and from Federal University of Sao Carlos (Sao Carlos, SP, Brazil).

### **Palavras Chaves**

Simulação, Sistema de Produção de Gado de Corte, Sistema Especialista.

## **1. INTRODUÇÃO**

A simulação é a abordagem de análise de sistemas complexos que mais cresce em popularidade atualmente (HARREL & TUMAY, 1995), sendo considerada uma ferramenta poderosa para o planejamento, projeto e controle de sistemas de grande porte (PEGDEN, 1995). Além de descrever o comportamento de um sistema, permite a construção de teorias e hipóteses que explicam o comportamento observado ou, ainda, fazem previsão de resultados futuros, através da observação dos efeitos das mudanças executadas no modelo ou no seu modo de operação.

A metodologia para desenvolver simulações é a mesma metodologia da Pesquisa Operacional (PO), utilizada para solucionar problemas existentes em sistemas complexos. Essa metodologia pode ser compreendida como projetar um modelo de um sistema real e conduzir experimentos neste modelo, com o objetivo de entender o comportamento do sistema e/ou avaliar várias estratégias para a operação do mesmo (PEGDEN, 1995). A simulação serve para descrever, explicar, entender, melhorar um sistema, prever seu comportamento futuro, comparar alternativas ou cenários, comunicar ideias e assistir no desenvolvimento destas.

O modelo de simulação aqui tratado é resultado de adaptações feitas no modelo TAMU. A alteração mais significativa foi o acréscimo de um módulo decisor, criado em um "shell" de sistemas especialistas, para emular as tomadas de decisão do pecuarista, no modelo de simulação.

## **2. O TAMU**

Os mesmos autores deste artigo fazem uma apresentação condensada do que é o modelo TAMU, na referência BARBOSA et al.(1999), que será aproveitada nesta seção. O modelo de simulação TAMU, desenvolvido entre 1972 e 1977 na Texas A&M University (SANDERS & CARTWRIGHT, 1979), (BAKER, 1982), (DOREN et al., 1985) é do tipo dinâmico, determinístico e trata da utilização de pastagens por um rebanho de bovinos de corte, considerando aspectos como taxa de crescimento, produção de leite, fertilidade, taxas de mortalidade, além de características genéticas. O modelo foi usado para comparar vários cenários alternativos, estudando a melhor combinação entre rebanho e recursos existentes. Foi aplicado com sucesso em vários países como Guiana, Colômbia, Venezuela, Botsuana, Tanzânia e EUA (SMITH, 1979).

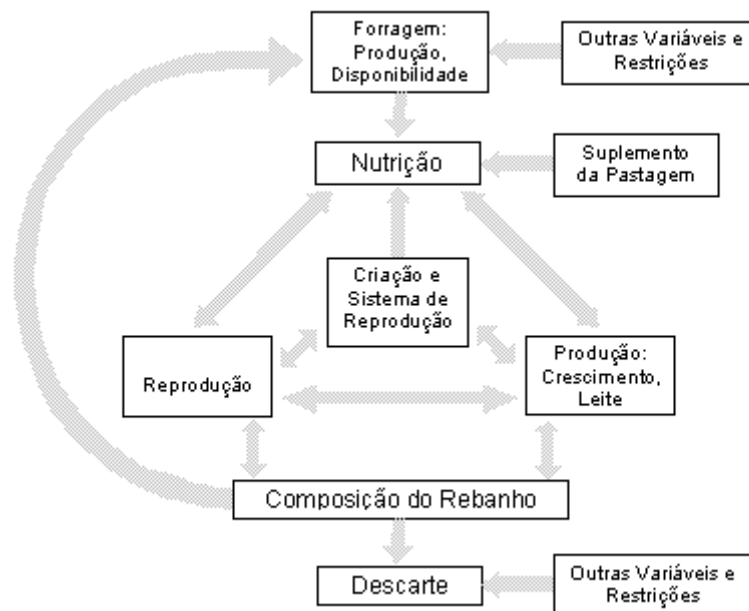
A **Figura 1** exibe um diagrama do modelo TAMU, como foi planejado inicialmente. Na sua implementação vários desses componentes apresentados foram limitados e/ou considerados parcialmente. Por exemplo:

- A forragem é descrita através de dados determinísticos de entrada. Apesar do modelo prever a influência de "Outras Variáveis e

Restrições", estas variáveis não foram consideradas no modelo, senão através dos dados de entrada.

- Quanto à nutrição, foi utilizado um modelo de crescimento que pode servir a qualquer raça de bovinos. Fica ausente aqui também a dimensão estocástica da simulação já que o desempenho dos animais é totalmente determinístico;
- Também não foi considerado o efeito da presença do rebanho no local de pastagem e seus efeitos sobre a disponibilidade e produção de forragem;
- A questão genética está presente no modelo somente através dos dados de desempenho, tanto dos animais quanto das pastagens;

Questões de manejo foram tratadas também de forma simplificada, incluindo-se períodos de monta (sistema de reprodução), idade de primeiro cruzamento e algumas regras simples de descarte.



**Figura 1:** Modelo TAMU (adaptado de SMITH, 1979).

Outros componentes, que merecem atenção e que devem ser considerados para enriquecimento do modelo, são as questões de gerenciamento e os processos de tomada de decisão. Uma nova dimensão a ser adicionada ao modelo é a capacidade de se auto-controlar, a partir da incorporação do conhecimento do pecuarista no modelo. Assim a adição de um sistema de regras de produção, ou especialista, acrescenta a possibilidade do modelo considerar decisões, essenciais em uma produção animal eficiente. Um trabalho de L.H.COSTA (1995) aponta várias vantagens do uso desta tecnologia da informação. Um modelo deste tipo, além de poder tomar decisões de forma independente, pode assessorar o pecuarista na solução de problemas.

Os elementos comentados anteriormente levam a propor um modelo TAMU enriquecido com algumas das tendências encontradas hoje (**Figura 2**). Esta proposta tem apenas o caráter de ilustrar a possibilidade de se obter um modelo mais amplo, que considere mais parâmetros envolvidos com o processo decisório em sistemas de produção animal.

Os modelos brasileiros normalmente não incorporam os elementos anteriormente apresentados. Certamente a complexidade envolvida tem sido um motivo para tal tratamento, além da necessidade de aquisição de conhecimento e desenvolvimento de tecnologias que viabilizem a incorporação desses elementos nos modelos.

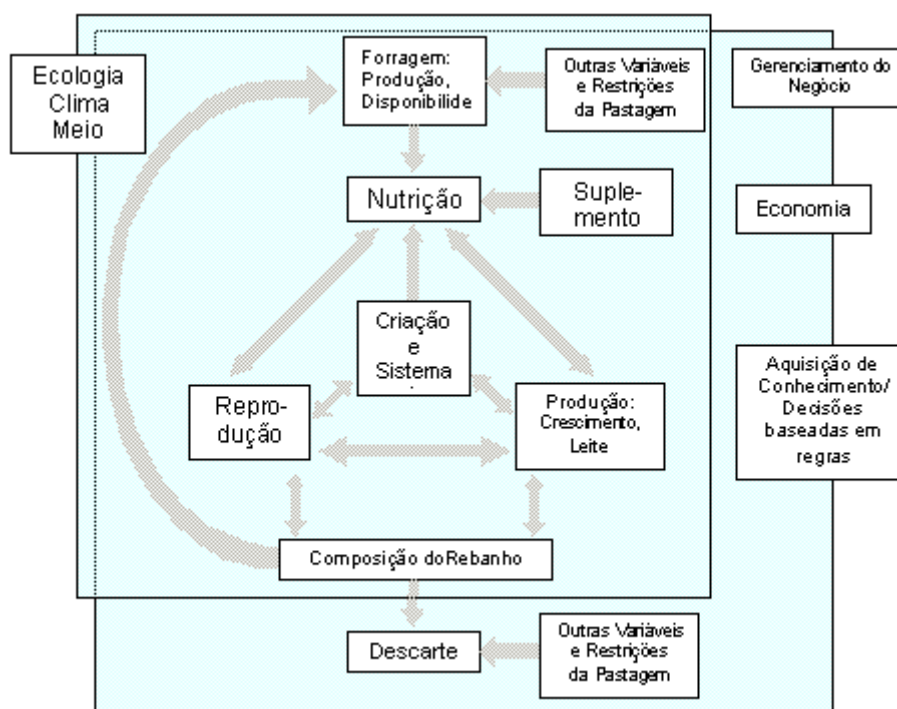


Figura 2: Modelo TAMU enriquecido.

### 3. INTEGRANDO SIMULAÇÃO E SISTEMAS ESPECIALISTAS

Especificamente, com relação aos sistemas de produção de gado de corte, há a necessidade de se aplicar uma série de conhecimentos para dar suporte à decisão do pecuarista. É difícil para o pecuarista manipular um grande conjunto de informações e tomar decisões com segurança. Depreende-se daí a necessidade de um sistema de apoio à decisão que gerencie essas informações. É importante que o pecuarista possa estabelecer cenários viáveis, e analisar as possíveis consequências de suas escolhas.

Dois aspectos importantes a serem considerados no tratamento de grandes modelos sistêmicos é a integração do conhecimento, que se dá na maioria dos casos através de sistemas computadorizados, e a amigabilidade do *software* gerado. Trabalhos têm apontado que a alternativa prática para se sanar a falta de um modelo, que integre as ferramentas necessárias para a tomada de decisão em sistemas complexos, é "trabalhar com um conjunto de diversos *softwares* independentes, cada qual responsável por parte da tentativa de solução do problema (SARAIVA, 1997)".

#### O Módulo de Simulação

A primeira adaptação feita no TAMU diz respeito à linguagem de computação utilizada. Ao contrário do TAMU, desenvolvido na linguagem de aplicação geral FORTRAN, para rodar em computadores de grande porte, o modelo criado na EMBRAPA – CPPSE (em parceria com o Departamento de Engenharia de Produção da Universidade

Federal de São Carlos) foi projetado para rodar em microcomputadores da linha IBM PC, inicialmente utilizando um "shell" denominado ELSE ("Extended Lancaster Simulation Environment) e, posteriormente, evoluindo para um ambiente de simulação, denominado ARENA (ARENA, 1996).

Com o surgimento dos novos ambientes de simulação animada, a evolução para o *software* ARENA ocorreu naturalmente. Nesse ambiente, além da facilidade na edição da lógica do modelo, o tratamento estatístico fica facilitado, tanto no que diz respeito aos dados de entrada (utilizando o módulo *Input Analyser*), quanto nas análises dos dados de saída (*Output Analyser*). A animação do modelo também é uma característica nova e interessante, como pode ser visto na tela apresentada na **Figura 3**. Nesta tela é possível ver como a entidade animal é tratada individualmente.

O *software* ARENA se mostrou adequado na construção do módulo de simulação, além de apresentar uma ferramenta interna VBA, que facilitou muito a comunicação entre usuário e modelo.

### **O Módulo Decisor Interno**

Uma alteração significativa no modelo TAMU foi a incorporação de um módulo decisor interno, programado como um sistema especialista, para conter a política do pecuarista, no que diz respeito à compra e descarte de animais. A adição desse módulo permite que o modelo se torne mais amplo em termos de utilização. A troca do usuário não exigirá que o modelo de simulação seja alterado, pois as regras referentes a nova política (do novo pecuarista) serão carregadas somente no módulo decisor. O *software* utilizado para criar o módulo decisor foi o NEXPERT (NEXPERT, 1998), que trabalha com regras de produção do tipo *IF... THEN*, em um ambiente amigável, rodando na plataforma *Windows*.

A integração de sistemas de simulação com sistemas especialistas é um assunto bem tratado na literatura, por exemplo: CROOKES et. al. (1986), DOUKIDIS (1987), da London School of Economics, R. O'KEEFE (1986), R. REDDY (1987), R. SHANNON et al (1988), SALIBY & OLIVEIRA (1991), COSTA et al (1993), entre outros.

A inteligência artificial, em especial os Sistemas Especialistas (SE), apesar de ter surgido nos anos 50, "renasceu" como grande área de pesquisa apenas nos anos 80. Hoje o mercado dispõe de dezenas de "softwares" amigáveis que permitem o desenvolvimento de complexos sistemas baseados em conhecimento. São os chamados "shells".

A simulação de sistemas, que evoluiu de forma lenta nas décadas de 60 e 70, está vivendo uma grande fase de crescimento, que se iniciou em meados dos anos 80, graças ao surgimento de "softwares" que aliam facilidades de modelagem com flexibilidade de aplicação.

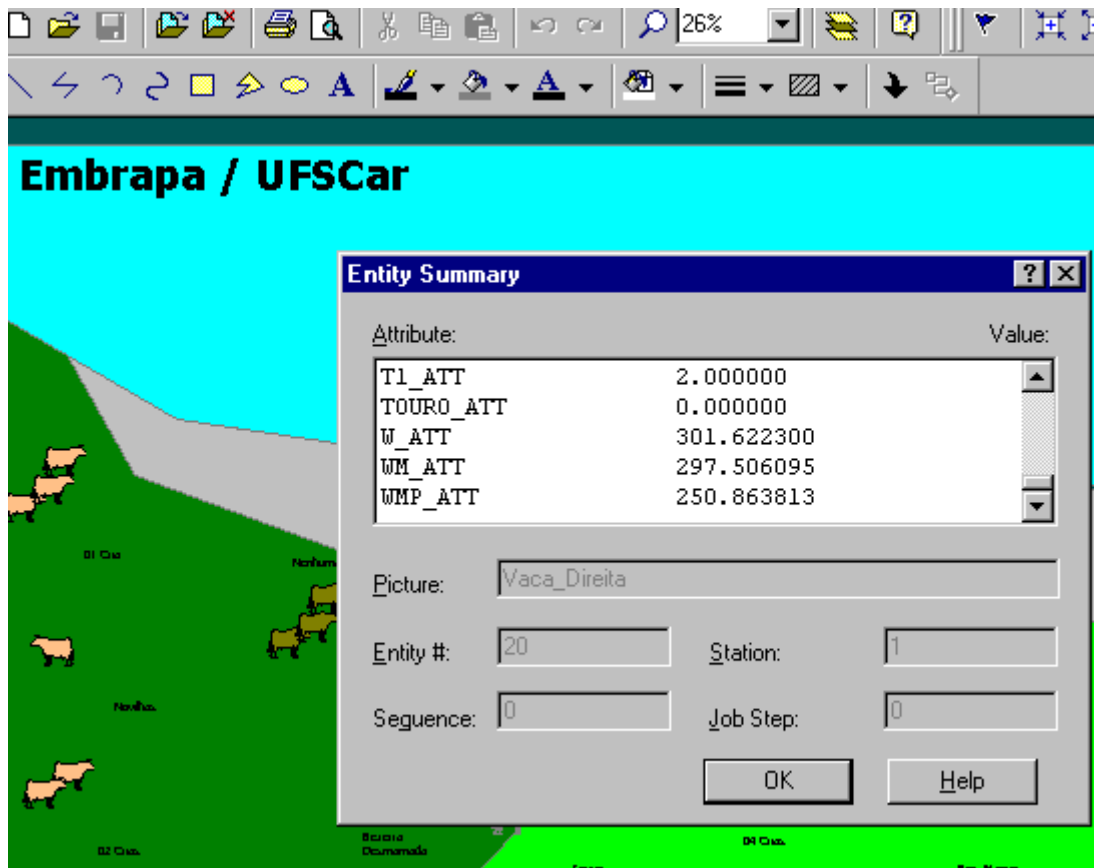


Figura 3: Tela gerada durante a simulação do TAMU21

Os modelos desenvolvidos com o auxílio dessas modernas ferramentas permitem uma representação fiel dos sistemas reais estudados. De posse de um modelo confiável é possível realizar experimentações, via computador, que seriam difíceis, ou até mesmo impossíveis, de serem realizadas na prática, por questões físicas e/ou econômicas.

A simulação de sistemas é uma poderosa ferramenta computacional de auxílio à tomada de decisão em sistemas complexos. Porém a abordagem adotada, quando do desenvolvimento de modelos de simulação, é "procedural", onde procedimentos são criados para representar situações e qualquer tipo de alteração necessita manipulação direta dos códigos programados. Isto torna a simulação extremamente amarrada e, portanto, pouco flexível.

O projeto em desenvolvimento na EMBRAPA - CPPSE (Barbosa & Costa, 1994), em São Carlos, SP, busca integrar o poder de geração e controle de números do "software" de simulação ARENA com a facilidade de análise proporcionada pelo "shell" de sistemas especialistas NEXPERT. O resultado deste trabalho é um simulador animado que representa um sistema de produção de gado de corte, integrado com um módulo decisor interno que gerencia a política de compra e descarte do pecuarista. A junção dessas duas ferramentas flexibiliza o modelo de simulação, permitindo que a troca do pecuarista não interfira no modelo de simulação, que permanece inalterado. As novas políticas de compra e descarte, do novo pecuarista, são representadas por regras num módulo decisor a parte. Este projeto busca auxiliar o tomador de decisão no planejamento e controle dos manejos de seu rebanho, permitindo análise de várias situações combinadas (cenários), por exemplo, associando estação de monta, com idade de desmama, com idade de primeira monta, suplementação alimentar e políticas de descarte de animais.

#### 4. CONCLUSÕES

A partir do modelo de simulação sistemas de produção de gado de corte TAMU, da Texas A&M University, foi desenvolvido, em conjunto, por pesquisadores da EMBRAPA/CPPSE e do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), um novo modelo, aqui denominado TAMU21, que combina o grande poder de manipulação de números da simulação com o poder de análise de um sistema especialista.

O resultado é um modelo flexível, que permite utilização por pecuaristas com diferentes políticas de manejo, de compra e de descarte de animais. As decisões do pecuarista são estruturadas como regras de produção em um módulo decisor, separado do módulo de simulação. Trocando o pecuarista, não é preciso alterar a lógica de simulação, bastando carregar, separadamente, as novas regras no módulo decisor.

Devido às características de animação do *software* de simulação utilizado (ARENA) e também às facilidades decorrentes de uma ferramenta que possui um módulo VBA (Visual Basic) interno, o modelo resultante é muito amigável, tornando transparente para o usuário os mecanismos da simulação.

Muitas alterações ainda devem ocorrer no modelo TAMU21, principalmente para incorporar as necessidades comentadas na seção 2 deste artigo. O modelo, combinando simulação e sistema especialista, ainda precisa ser verificado e futuramente validado, comparando-se seus resultados com os de um experimento real.

#### 5. REFERÊNCIAS

- ARENA, Manuais, Systems Modelling Corp., USA, 1996.
- BAKER, J.F., Evaluation of Genotype-Environment Interactions in Beef Cattle Production Systems, **Texas A&M University**, Texas, 1982.
- BARBOSA, P.F., COSTA, M.A.B., Desenvolvimento de sistema especialista para tomada de decisão interna em modelo de produção de bovinos de corte, **Projeto EMBRAPA - CPPSE**, São Carlos, SP, Brasil, 1994.
- BARBOSA, P.F., COSTA, M.A.B., TORRES, I., Modelos de simulação como ferramentas de auxílio à tomada de decisões em sistemas de produção de gado de corte, Anais do Workshop sobre Modelagem e Simulação de Sistemas de Produção Animal, EMBRAPA/CPPSE, 1999.
- COSTA, L. H.; **Potencial e Aplicações de Sistemas de Apoio à Decisão para Empresas Rurais**; AGROSOFT 95, 1995.
- COSTA, M.A.B., BARBOSA, P.F. FERNANDES, J.F., A knowledge-based simulation model for analysis and synthesis of beef cattle production systems, **IFORS Conference**, Portugal, 1993.
- CROOKES, J.G., BALMER, D., CHEW, S.T., PAUL, R.J., A three-phase simulation system written in Pascal, **JORS**, Grã-Bretanha, v.37, n.6, p. 603-618, 1986

- DOREN, P., SHUMWAY, C., KOTHMANN, M. An economic evaluation of simulated biological production of beef cattle, **Journal of Animal Science**, Champain, v.60, n.4, pp. 913-934, 1985.
- DOUKIDIS, G.I., An anthology on the homology of simulation with artificial intelligence, **JORS**, v. 18, n. 8, pp. 701- 712, 1987.
- HARREL, C; TUMAY, K. **Simulation Made Easy: A Manager's Guide**, Engineering & Management Press, Georgia, USA, 311 pp.,1995
- O'KEEFE, R., Simulation and expert systems: a taxonomy and some examples, **Simulation**, USA, v.46, n.1, pp.10-16,1986
- PEGDEN,C.D., SHANNON,R.F., SADOWSKY,R.P., Introduction to Simulation using SIMAN, McGraw-Hill, USA, 1995
- REDDY,R., Epistemology of knowledge based simulation, **Simulation**, USA, v. 48, n. 4, pp. 162-166, 1987
- SALIBY, E. OLIVEIRA, G.C., GERSIMUL: Um gerador automático de programas de simulação em turbo Pascal, **Pesquisa Operacional**, Rio de Janeiro, v.11, n.1, pp. 41-66, 1991.
- SANDERS, J.O., CARTWRIGHT, T.C., A general cattle production systems model, **Agricultural Systems**, Essex, v.4, n.3, pp. 217-227, 1979.
- SARAIVA A. M.; BASSETO, B. A.; MASSOLA, A. M. de A.; **Interoperabilidade de Software para Uso em Agricultura de Precisão**; AGROSOFT 97, 1997.
- SHANNON,R.,E, MAYER,R., ADELSBERGER,H.H., Expert systems and simulation, **Simulation**, USA, v.44, n.6, pp. 275-284, 1985.
- SMITH, G.E, **The TAMU Beef Cattle Production Model**, Texas A&M University, 1979, 9pp.