

# Uma abordagem sobre inteligência artificial e simulação, com uma aplicação na pecuária de corte nacional

Miguel Antonio Bueno da Costa

Professor Assistente DEP-UFSCar.

Doutorando em Engenharia de Sistemas na UNICAMP.

Departamento de Engenharia de Produção Universidade Federal de São Carlos-UFSCAR

Via Washington Luiz, km. 235, 13560 - São Carlos-SP

**Palavras-chave:** Inteligência Artificial, Simulação, Gado de Corte.

**Key word:** Artificial Intelligence, Simulation, Beef Cattle.

## RESUMO:

UMA ABORDAGEM SOBRE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E SIMULAÇÃO, COM UMA APLICAÇÃO NA PECUÁRIA DE CORTE NACIONAL: Este trabalho apresenta um histórico e uma visão geral sobre o potencial de aplicação de Inteligência Artificial (IA) em ambientes de Simulação. Como exemplo é apresentada uma aplicação dessa Nova Simulação (que utiliza conceitos de IA) na análise e síntese de sistemas de produção de gado de corte no Brasil.

## ABSTRACT:

AN ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND SIMULATION APPROACH WITH AN APPLICATION IN THE BRAZILIAN BEEF CATTLE PRODUCTION: *This paper presents a general view on the potentialities of Artificial Intelligence (AI) applications in Simulation environments. It illustrates through an example the use of this New Simulation (with AI concepts embodied) in the analysis and synthesis of brazilian beef cattle production.*

Rec. 20/03/91 Rev. 16/05/91 Apr. 31/05/91

## Introdução

Inteligência Artificial, em particular Sistemas Especialistas (SE), são tópicos importantes na comunidade científica atual. Nos últimos anos têm ocorrido várias tentativas de aplicação de métodos e “softwares” de IA no desenvolvimento de Simulações. Os sistemas assim gerados, utilizando-se da tecnologia de IA, permitem construções rápidas de modelos, aceleram as validações dos mesmos, e rodam com a base de conhecimento interna ao sistema/pacote. Este último fato permite que decisões sejam tomadas sem interromper o processo de simulação.

A IA tem suas raízes nos ensaios especulativos sobre o poder dos computadores, realizados por Turing, em 1950 (Turing, 1950). Como coloca R.E.Shannon (1985), a IA como é conhecida hoje é resultado de um encontro de dez cientistas, interessados em computação simbólica, realizado em Dartmouth College, New Hampshire, em 1956. Entretanto, somente nos últimos anos a IA tornou-se comercial, atuando em áreas bastante restritas.

Existem muitas definições para Inteligência Artificial, algumas filosóficas, outras mais pragmáticas, dependendo muito do campo de atuação dos autores das mesmas. Por exemplo:

Segundo E. Rich (17) “Inteligência Artificial é o estudo de como fazer computadores realizarem tarefas para as quais, até o momento, o homem faz melhor”. Uma definição simples mas que retrata com muita clareza o propósito da IA.

D. Waterman (1985) define IA como “uma subárea da Ciência da Computação que objetiva desenvolver programas computacionais inteligentes. Esses programas são: solucionadores de problemas, programas que me-

lhoram sua própria performance, programas que interpretam linguagens, programas que reconhecem esquemas visuais, enfim que se comportam de maneira que seria considerada inteligente se observada num homem”.

Um ponto comum e intrínscico às definições, aqui apresentadas ou não, é a necessidade de compreensão dos processos humanos de aprendizagem, e a modelagem dos mesmos, permitindo a emulação desses processos numa máquina computacional.

Segundo R.Shannon (1985) a IA atua em dois grandes campos: i. Imitação das habilidades humanas (visão, fala, gestos, ...) e ii. Duplicação de resultados estabelecidos pelo homem através de sua habilidade e/ou experiência. Para exemplificar melhor a colocação acima, apresentaremos algumas áreas de pesquisa da IA :

- Solucionadores de Problemas (abordagem heurística que, sem analisar todas as alternativas, mostra um caminho com boa chance de êxito);
- Raciocínio Lógico (dedução);
- Processamento de Linguagem Natural (tradução e compreensão de textos);
- Robótica e Visão (manipulação de objetos, seqüenciamento de tarefas, reconhecimento de padrões);
- Programação Automática (geradores automáticos de programas computacionais);
- Aprendizagem (o sistema aprendendo com sua própria experiência, melhorando sua performance);
- Sistemas Especialistas (armazenam o conhecimento de uma área específica de atuação, utilizando-o como suporte à tomada de decisão).

J.G. Moser (1986) coloca IA como um termo abrangente que inclui diversas áreas, mas enfatiza que a área que está causando maior impacto nas ciências administrativas é, sem dúvida, Sistemas Especialistas (SE). Ele define SE, também chamado Sistema Baseado em Conhecimento, como um "software" capaz de acessar e processar logicamente as informações que uma pessoa, especialista numa área particular de conhecimento, utilizaria para tomar uma decisão.

Da mesma forma que para IA, são várias as definições para Sistemas Especialistas. Apresentaremos a seguir algumas:

M.S. Fox (1990): "É um programa computacional que limita o comportamento de exploração (busca) dos especialistas humanos na solução de problemas".

Kerchoff (1986): "São sistemas de processamento de informações que utilizam uma combinação de raciocínio simbólico com processamento de dados".

Shannon (1985): São sistemas projetados para compilar a experiência de um certo número de especialistas, de um campo de atuação bem definido, numa série de regras. Essas regras serão utilizadas para gerar inferências e sugerir ao usuário um curso de ação no tratamento de um problema".

De uma forma geral as definições de Sistemas Especialistas possuem alguns pontos comuns:

- São sistemas computacionais (programas computacionais);
- Processam informações obtidas junto à especialistas com área de atuação bem definida e restrita;
- Trabalham com regras e dados incertos;

- Utilizam raciocínio simbólico;
- Explicam a linha de raciocínio e justificam suas conclusões;
- Possuem interação amigável.

Dentro do exposto, uma definição que reflete bem o que entendemos por SE é dada por D. Waterman (1985): "Sistema Especialista é um programa computacional que utiliza conhecimentos de especialistas (peritos) para alcançar altos níveis de performance numa área restrita do conhecimento. Esses programas representam conhecimento simbolicamente, examinam e explicam seus processos de raciocínio, e tratam com problemas de áreas que requerem anos de treinamento especial e educação para que um homem possa dominá-lo".

Para atender ao que se propõe, um típico sistema especialista deve ser composto de:

- Uma Base de Dados Global;
- Uma Base de Conhecimento;
- Uma Estrutura de Inferências.

A Base de Dados Global é composta pelo conhecimento declarativo, contendo os fatos representativos da realidade do problema particular tratado. a Base de Conhecimento descreve os fatos e as heurísticas que representam o conhecimento do especialista (conhecimento relacional). A Estrutura (máquina) de Inferências define como os dados e conhecimentos serão manipulados para se chegar à solução do problema.

Sistemas Especialistas diferem um pouco das pesquisas puras em IA, porque seu objetivo principal não é entender os mecanismos básicos utilizados pelo especialista para chegar a algum resultado, mas sim duplicar con-

sistentemente esses resultados. SE são projetados para compilar a experiência de especialistas de um campo restrito de trabalho, transformá-la em regras que permitam inferências, e sugerir cursos de ação ao usuário.

## A nova simulação

Existe uma relação estreita entre simulação e IA, devido às similaridades metodológicas. Ambas tentam modelar a realidade, representando os objetos e as relações entre eles. Segundo Doukidis (1987), nos anos 60 e 70, os mesmos conceitos de simulação foram utilizados no campo da IA, para solucionar problemas como configuração de computadores e diagnósticos médicos.

Para R.M.O'Keefe (1986) o que torna os métodos de Simulação e SE similares, é que eles são baseados em uma representação modular de um sistema, com um mecanismo de inferência que dirige essa representação.

K.J.Murray (1988) cita que muitos pesquisadores envolvidos com simulação enxergam SE e Simulação como tecnologias complementares, que podem ser combinadas para fornecer um suporte poderoso para tomada de decisão. Tradicionalmente um projetista de sistemas de simulação constrói seu modelo utilizando-se de uma linguagem de programação geral (como FORTRAN e PASCAL por exemplo) ou de uma linguagem própria de simulação (GPSS, SIMULA, SIMSCRIPT, e outras). O modelo então é validado, executado e os resultados analisados e interpretados. Várias partes desse ciclo de desenvolvimento do sistema podem ser automatizadas, utilizando-se ferramentas e técnicas de IA.

Com relação à análise de resultados, muitos sistemas incluem a presença de um tomador de decisão que tem controle sobre o que acontece no sistema. Para simular tal sistema,

o processo precisa ter acesso ao tomador de decisão quando necessário, ou este precisa ser modelado. A interpretação de resultados altamente complexos da simulação só pode ser feita por especialistas. A escassez e o custo do serviço especializado para interpretar as saídas podem criar um sério gargalo e muitas vezes anular as vantagens da simulação como uma ferramenta de planejamento gerencial.

Moser (1986) propõe a criação de sistemas integrados de suporte à decisão, desenvolvidos pela combinação da habilidade da simulação para prever valores de conjuntos complexos de variáveis, com a habilidade de raciocínio dos Sistemas Especialistas. Esses sistemas permitem análises das saídas da simulação, fazendo as inferências necessárias.

A combinação da simulação tradicional com os conceitos de IA (em especial SE) gera uma poderosa ferramenta de suporte ao projeto, conhecida como Simulação Baseada em Conhecimento (SBC) (Reddy, 1987). Essa abordagem transforma a simulação, de uma ferramenta descritiva, numa ferramenta prescritiva.

A simulação por nós chamada de tradicional (que não incorpora conceitos de IA) possui alguns pontos fracos, que inibem a sua maior utilização e sobrecarregam os projetistas e programadores quando do desenvolvimento do modelo. Algumas desvantagens dessa simulação, que serão comentadas a seguir, podem ser vistas como particularidades de uma afirmação mais ampla dada por Evans (1984), que diz: "Uma das maiores limitações da Simulação Tradicional é a sua inabilidade de modelar comportamentos inteligentes"

A fase de formulação de um modelo de simulação discreta é um procedimento custoso e longo, porque normalmente os programas auxiliados por computador não se preocupam com essa fase. As facilidades de

comunicação entre usuários e projetistas são, via de regra, inadequadas, não existindo ferramentas que façam essa interação de forma mais amigável. Uma forma de contornar esse problema seria a utilização de geradores automáticos de programas de simulação (Balm-er & Paul, 1986).

A simulação tradicional, por trabalhar a-través de abordagens procedurais, amarra o sistema. As regras de decisão, uma vez codificadas, são fixas, tornando o sistema pouco flexível. Se essas regras pudessem ser construídas em separado da simulação, numa linguagem facilmente modificável, o resultado seria um sistema mais maleável. Isso facilitaria a manutenção do sistema, permitindo que novos conhecimentos fossem incorporados, sem afetar o módulo de controle existente.

Uma limitação bastante crítica da simulação tradicional é a não preocupação com a análise de resultados e inferência ao final do processo de simulação. Normalmente o que ocorre é a apresentação de números, sem qualquer comentário mais profundo. O modelo de simulação fornece uma previsão. Ele prevê as conseqüências de um curso de ação escolhido entre muitos pertencentes a um cenário. A Simulação Baseada em Conhecimento fornece uma prescrição como resultado. Dada uma meta a ser atingida, a SBC sugere um curso de ação a ser seguido. esse procedimento é de extrema importância uma vez que, como já foi comentado anteriormente, a análise de resultados complexos de simulação, é feita externamente ao "software", por especialistas caros e raros.

## Características da simulação baseada em conhecimento

Podemos sintetizar o processo da simulação tradicional nos seguintes passos:

a) Formulação do Problema, utilizando fluxogramas, formas estruturadas, diagramas ciclo-atividades, etc.;

b) Desenvolvimento do Modelo. Pode ser utilizada uma linguagem de aplicação geral (FORTRAN, PASCAL, ALGOL, ...), ou uma linguagem específica de simulação (GPSS, SIMULA, ...); c) Verificação do Modelo. Examinar se as especificações foram implementadas corretamente (se o sistema foi construído corretamente);

d) Validação do Modelo. Verificar se a performance do sistema satisfaz as necessidades (se construiu o sistema certo);

e) Execução do Modelo;

f) Análise de Resultados (decidir sobre novas rodadas de simulação).

A SBC tem o propósito de automatizar, na medida do possível, todas as atividades "inteligentes" do processo de simulação, atualmente realizadas por especialistas. Nesse sentido propõe a utilização de sistemas especialistas para:

- Organizar e conservar conhecimentos;
- Permitir acesso a conhecimentos só disponíveis num especialista;
- Validar os processos de raciocínio do usuário, analisando os resultados da simulação;
- Evitar altas complexidades, utilizando raciocínio qualitativo em vez de métodos matemáticos.

Dentro do exposto, as atividades que caracterizam uma Simulação Baseada em Conhecimento, segundo Reddy (1987), são:

a) Receber a descrição de um problema e sintetizar um modelo de simulação, consultando uma base de conhecimento apropriada;

b) Receber uma meta (em forma de um conjunto de expectativas ou restrições), selecionar um modelo, determinar a performance, gerar o espaço de pesquisa dos cenários possíveis, rodar e recomendar o cenário que satisfaz a meta estabelecida;

c) Explicar a razão de certos cenários terem sido escolhidos e porque um cenário particular foi recomendado;

d) Aprender da experiência;

e) Apresentar o modelo resultante, com alto grau de transparência para o usuário.

Devido à utilização muitas vezes errônea do termo "Simulação Inteligente", Oren (1987a), (1987b) criou o termo "Simulação Cognizante" para diferenciar do que ele chama de Simulação Baseada em Conhecimento. Uma (cognitiva) que utilizando ferramentas de IA emularia habilidades humanas, como interpretação de textos, modelagem, análise de resultados, análise das tomadas de decisões, etc. Outra ("cognizante") que se utilizaria das atividades cognitivas para aprender com o desenrolar do processo de simulação, ampliando sua base de conhecimento. Nesse último caso se inclui a Simulação Introspectiva onde o ambiente de simulação pode analisar trajetórias da própria simulação, agrupando conhecimentos do comportamento do modelo e utilizando-os como conseqüências. Esses modelos introspectivos podem ser explorados para criar um modelo de SBC que aprenda, isto é, aumente o seu conhecimento com o aumento do número de simulações.

## Exemplo de aplicação na pecuária de corte nacional

A origem desse trabalho se deve a um projeto apresentado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA/UEPAE, São Carlos, SP, ao Conselho Nacional de Pesquisa de Gado de Corte - CNPGC/Campo Grande, MS.

Os objetivos iniciais do trabalho estavam atrelados ao sistema americano TAMU, da Texas A & M University. Esse sistema, desenvolvido por J.O. Sanders e T.C. Cartwright (1977), (1979a), (1979b), nos anos 70, foi aperfeiçoado na década de 80 por J.F. Baker (1982), sendo responsável por inúmeras aplicações em diferentes regiões do mundo. O TAMU foi programado em FORTRAN IV, para rodar numa máquina Amdahl 470V/6-II de grande porte, utilizando um compilador FORTRAN H estendido. O sistema se propunha a fazer (e faz) análises de sistemas de produção de gado de corte, utilizando conceitos de simulação.

Uma primeira tentativa foi a de adaptar o TAMU para as condições brasileiras, alterando as funções associadas aos animais e ambiente, e fazê-lo rodar numa máquina IBM 370/148 ou maior. Essa idéia não vingou, uma vez que não foi possível ter acesso ao sistema americano.

Foi desenvolvido então um sistema, nos mesmos moldes do TAMU, voltado para atender o pequeno pecuarista nacional. Em decorrência desse novo objetivo, o sistema foi projetado para rodar em microcomputadores da linha IBM PC. Dessa forma não fica difícil a um pequeno pecuarista ter acesso às vantagens computacionais, fornecidas por essa ferramenta de apoio à decisão (no caso o modelo), a um baixo custo.

\* Características Principais do Modelo

- Pode ser processado em qualquer micro-computador da linha IBM PC;
- Foi programado em PASCAL;
- Utiliza um módulo central de simulação, que mensalmente emula as condições de um rebanho de gado de corte, em relação às funções de Concepção, Nascimento, Crescimento e Morte.  
Todos os animais são classificados de acordo com a sua idade e sexo. Após cada rodada de simulação, cada animal é reclassificado, com seu vetor de dados atualizado (peso, tamanho estrutural, prenhez, cobertura, lactação, etc.);
- O modelo contém um módulo econômico que apresenta, a qualquer momento da simulação, a situação contábil e financeira do sistema;
- Existe um módulo decisor inteligente que, durante a simulação, é responsável pelas decisões de compra e descarte de animais. Essas decisões, programadas através de regras, ocorrem sem a necessidade de se interromper o processo de simulação. Esse módulo trabalha como um sistema consultivo, incorporando o conhecimento de especialistas na área de compra e venda de animais.

Os módulos centrais do modelo (Simulação e Decisor) atuam em paralelo (visto pelo usuário), ligados a dois bancos de dados (um contendo informações sobre os animais e ambiente, e outro com dados econômicos).

O módulo de simulação foi montado utilizando-se um "shell" denominado ELSE (na época ainda em desenvolvimento), obtido a partir de notas de aula da London School of Economics and Political Science (Paul & Balmer, 1985), (Chew et. al, 1985).

Esse módulo, recebendo informações dos animais e ambiente e das compras e descartes ocorridos, simula mensalmente a concepção, nascimento, crescimento e morte dos animais. Os resultados simulados são enviados de volta à base de dados dos animais, atualizando-a.

As funções internas do módulo Simulação são:

- Concepção: Estabelece a probabilidade de concepção a partir de informações sobre o início da ciclagem, grau de maturidade, condições do animal, mudança no peso, lactação, intervalo pós parto e mês de monta;
- Nascimento: Controla o nascimento dos bezerros;
- Crescimento: Trata-se de uma função maior e mais delicada, que envolve todas as necessidades de manutenção, prenhez, produção de leite, alteração de peso, etc. É utilizada por todos os animais mensalmente, independente de sua categoria;
- Morte: também utilizada por todos os animais, mensalmente, cujos parâmetros centrais são peso e idade.

O módulo decisor recebe as informações atualizadas pelos resultados da simulação ocorrida, bem como as informações fornecidas pela base de dados econômicos. Feito sobre regras, que representam o conhecimento de especialistas na área de compra e venda de animais, esse módulo (analisando dados históricos e projeções futuras de preço de animais, e dados do rebanho) infere sobre decisões a serem tomadas em relação a compra e descartes. Os resultados são então comunicados às bases de dados existentes, modificando-as.

Maiores informações sobre o modelo desenvolvido podem ser obtidas junto ao autor desse trabalho.

## Conclusões

Segundo M.S.Fox (1990) "...Inteligência Artificial e Sistemas Especialistas não constituem panacéias, nem curiosidades científicas. Ao contrário, são tecnologias viáveis que permitem uma nova abordagem para solucionar muitos problemas de decisão". A combinação da metodologia da Simulação tradicional com conceitos de IA produz uma poderosa ferramenta de suporte ao projeto, conhecida como Simulação Baseada em Conhecimento. Essa abordagem transforma a simulação, de uma ferramenta descritiva, em uma ferramenta prescritiva.

A tendência de se ter cada vez mais sistemas de simulação expertos, e outras aplicações de IA em simulação, contribui para o avanço da mesma, tornando-a uma poderosa ferramenta de suporte à tomada de decisão em sistemas complexos.

## Bibliografia

- BAKER, J.F., "Evaluation of genotype-environment interactions in beef cattle production systems using a computer simulation model", Texas A&M University, Texas, 1982.
- BALMER, S.T.; PAUL, R.J., "CASM - The right environment for simulation", *Journal of Operation Research Society*, 37, pp. 443-452, Great Britain, 1986.
- CHEW, S.T.; PAUL, R.J.; BALMER, D.W., "Three-phase simulation modelling using an interactive simulation program generator", London School of Economics and Political Science, London, 1985.
- DOUKIDIS, G., "An anthology on the homology of simulation with artificial intelligence", *Journal of operation Research Society*, 38, 8, pp.701-712, Great Britain, 1987.
- EVANS, J.B., "Simulation and intelligence", —, Hong Kong, 1984.
- FOX, M.S., "AI and Expert Systems Myths, Legends and Facts AI Magazine, pp.8-20, Fev.1990.
- KERCKOFFS, E.; VANSTEENKISTE, G.C., "The impact of advanced information processing on simulation-an illustrative review". *Simulation, USA*, 46, 1, pp.17-26, Jan. 1986.
- MOSER, J.G., "Integration of artificial intelligence and simulation in a comprehensive decision support system", *Simulation, USA*, 47, 6, pp.223-229, Dec. 1986.
- MURRAY, K.J.; SHEPPARD, S.V., "Knowledge-based simulation model specification", *Simulation*, 50, 3, pp.112-119, 1988.
- O'KEEFE, R.M., "Simulation and expert systems - a taxonomy and some examples", *Simulation*, 46, 1, pp.10-16, 1986.
- ORENT, T.I., "Artificial Intelligence and Simulation: from cognitive simulation toward cognizant simulation", *Simulation*, 48, 4, pp.129-130, 1987a.
- ORENT, T.I.; ZEIGLER, B.P., "Artificial Intelligence in modelling and simulation: directions to explore", *Simulation*, 48, 4, pp.131-134, 1987b.
- PAUL, R.J.; BALMER, D., "Simulation Lecture Notes", London School of Economics and Political Science, Notas de Aula 1985.
- PAUL, R.J.; CHEW, S.T., "Simulation modelling using an interactive simulation pro-



- gram generator", *Journal of Operation Research Society*, 38,8, pp. 735-752, 1987.
- REDDY, R., "Epistemology of Knowledge Based Simulation", *Simulation*, 48, 4, pp. 162-166, 1987.
- RICH, E., "Artificial Intelligence", McGraw-Hill, N.Y., 1983.
- SANDERS, J.O., "Application of a beef cattle production model to the evaluation of genetic selection criteria", Texas A&M University, Texas, 1977.
- SANDERS, J.O.; CARTWRIGHT, T., "A general cattle production systems model. I. Description of the model.", *Agricult. Systems*, 4, 3, pp. 217, 1979a.
- SANDERS, J.O.; CARTWRIGHT, T., "A general cattle production model. II. Simulation of animal performance.", *Agricult. Systems*, 4, 4, pp. 289, 1979b.
- SHANNON, R.E.; MAYER, R.; ADELSBERGER, H.H., "Expert systems and simulation", *Simulation*, 44, 6, pp. 275-284, 1985.
- TURING, A.M., "Computing machinery and intelligence", *\_\_\_*, 49, pp. 433-460, 1950.
- WATERMAN, D.A., "A guide to Expert Systems", Addison-Wesley 1985.