

00476

CPAC

1992

FL-00476

ISSN 0102-0021

Dezembro, 1992



$nt =$



**USO DE MODELOS MATEMÁTICOS DE SIMULAÇÃO
PARA ESTABELECIMENTO DE
PRIORIDADES DE PESQUISA**

Uso de modelos matematicos de
1992 FL - 00476



15841-1

O ABASTECIMENTO E DA REFORMA AGRÁRIA

operação - EMBRAPA
os Cerrados - CPAC



SEDE

ISSN 0102-0021

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, DO ABASTECIMENTO E DA REFORMA AGRÁRIA



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - **EMBRAPA**

Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados - **CPAC**

USO DE MODELOS MATEMÁTICOS DE SIMULAÇÃO PARA ESTABELECIMENTO DE PRIORIDADES DE PESQUISA

Orfeo Apolo D. Affin
José Mendes Barcellos
Alfredo J. Barreto Luiz
Fernando A. Macena da Silva
Luiz H. Rodriguez Castro
José Luiz Fernandes Zoby

Planaltina, DF
1992

Copyright © EMBRAPA-1992

EMBRAPA - CPAC. Documentos, 49

Exemplares desta publicação podem ser solicitados ao:
CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DOS CERRADOS - CPAC
BR 020 - km 18 - Rodovia Brasília/Fortaleza CEP 73301/970
Caixa Postal: 08223 Telex: (061)1621
Telefone: (061) 389-1171 FAX: (061) 389-2953

Tiragem: 200 exemplares

Editor: Comitê de Publicações

Arioaldo Luchiari Júnior (Presidente), Carlos Roberto Spehar,
Dauí Antunes Correa, Juscelino Antonio de Azevedo, Lúcio Vi-
valdi (Secretário Executivo), Regina de Almeida Moura, Vânia de
Cássia Arantes Hugo e Wilson Vieira Soares.

Normalização, revisão gramatical, composição, desenho e arte-final:
Área de Transferência de Tecnologia - ATT.

Capa: Chaile Chernes S. Evangelista

AFFIN, O.A.D.; BARCELLOS, J.M.; LUIZ, A.J.B.; SILVA, F.A.M. da; RODRI-
GUEZ CASTRO, L.H.; ZOBY, J.L.F. **Uso de modelos matemáticos de
simulação para estabelecimento de prioridades de pesquisa.** Pla-
naltina: EMBRAPA - CPAC, 1992. 43p. (EMBRAPA - CPAC. Documentos,
49).

1. Simulação - Modelo matemático. 2. Agropecuária - Pesquisa - Priori-
dade - Estabelecimento. I. Barcellos, J.M., colab. II. Luiz, A.J.B., colab. III.
Silva, F.A.M. da, colab. IV. Rodriguez Castro, L.H., colab. V. Zoby, J.L.F., co-
lab. VI. EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (Planaltina,
DF). VII. Título. VIII. Série.

CDD 511.8

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	5
1. INTRODUÇÃO.....	7
1.1 Necessidade de procedimentos para o estudo de prioridades na pesquisa agropecuária.....	7
1.2 O estabelecimento de prioridades.....	9
1.3 A utilidade dos modelos matemáticos de simulação.....	10
1.4 O universo explícito de eventos-problemas de um determinado modelo.....	13
1.5 Linhas de pesquisa e projetos de pesquisa.....	15
1.6 Formulação de metas para a pesquisa a médio e longo prazo.....	15
1.7 Limitações dos modelos.....	17
1.8 Finalidade deste trabalho e suas limitações.....	18
2. METODOLOGIA PROPOSTA.....	18
2.1 Materiais.....	18
2.2 O método.....	19
2.3 Experimentação abstrata.....	21
2.4 Processamento adicional dos resultados da experimentação abstrata.....	22
2.5 Escolha de uma unidade física de referência.....	22
2.6 Determinação dos incrementos que produz cada tratamento em relação à testemunha.....	23
2.7 Determinação do valor dos recursos alocados na pesquisa, para cada unidade física de referência da função-objetivo, e para cada um dos diferentes tratamentos.....	23
2.8 Conversão dos valores dos custos unitários de recursos, alocados na pesquisa, para cada acréscimo de uma unidade física de referência da função-objetivo em cada tratamento.....	24

3. EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO MÉTODO.	24
3.1 Características do modelo utilizado.	24
3.2 Desenvolvimento do exemplo.	26
3.2.1 O universo explícito de eventos-problemas do modelo	26
3.2.2 Escolha dos critérios de avaliação.	27
3.2.3 Escolha da função-objetivo.	27
3.2.4 Universo de projetos a serem avaliados.	27
3.2.5 Estimativas quantitativas dos possíveis efeitos das fu-	
turas tecnologias.	27
3.2.6 Experimentação abstrata.	28
3.2.7 Inclusão dos recursos econômicos: orçamentos dos	
projetos de pesquisa.	34
4. UMA ALTERNATIVA.	37
5. CONCLUSÕES.	41
5.1 Vantagens.	41
5.2 Precauções.	42
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	42

APRESENTAÇÃO

O presente trabalho é constituído por um conjunto de idéias, expostas à análise e à crítica, que pretende, através da sua filosofia contribuir para o processo de aprimoramento metodológico.

Os modelos matemáticos de simulação, com o desenvolvimento dos computadores e linguagens de programação, tornou-se uma ferramenta auxiliar de grande utilidade nas atividades onde é necessário se fazer aproximações dos fenômenos reais com o objetivo de prever situações futuras, com custo mínimo e num período de tempo relativamente curto. Em situações que exigem a ordenação de alternativas de procedimento por grau de importância, segundo certos critérios básicos, esta ferramenta permite o estudo destas alternativas e auxilia na escolha das mais adequadas.

Neste documento, apresenta-se uma opção de uso dos modelos matemáticos de simulação como ferramenta auxiliar no estudo de prioridades no processo de pesquisa agropecuária.

Ariovaldo Luchiari Jr.
Chefe Adjunto Técnico

USO DE MODELOS MATEMÁTICOS DE SIMULAÇÃO PARA ESTABELECIMENTO DE PRIORIDADES DE PESQUISA

Orfeo Apolo D. Affin¹
José Mendes Barcellos²
Alfredo J. Barreto Luiz³
Fernando A. Macena da Silva³
Luis H. Rodriguez Castro⁴
José Luiz Fernandes Zoby²

1. INTRODUÇÃO

1.1 Necessidade de procedimentos para o estudo de prioridades na pesquisa agropecuária

As instituições brasileiras de pesquisa agropecuária ainda não dispõem de procedimentos que, com objetividade, permitam-lhes decidir, dentre as diferentes propostas de projetos de pesquisa, quais as que devem ser aprovadas e executadas.

É preciso esclarecer que estamos nos referindo a projetos de pesquisa igualmente bons, quanto a qualidade científica e metodológica, e diferentes apenas do ponto de vista dos objetivos aos quais se propõem.

Neste aspecto, normalmente fica pairando no ar a dúvida: qual das diferentes propostas é mais (ou menos) importante para a solução dos atuais problemas da produção agropecuária nacional?

Revisando a literatura podemos encontrar diversas colocações, que ressaltam a enorme importância que há em se determinar, de forma adequada, o quê pesquisar; por exemplo: "...A habilidade na definição dos problemas pode contribuir para a redução desejável do tempo hábil para que a compreensão científica se transforme em benefícios para o homem" (Blumenschein 1978).

¹ Economista, B.S., EMBRAPA - Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Caixa Postal 08223, CEP 73301-970 Planaltina, DF.

² Eng.-Agr., Ph.D., EMBRAPA-CPAC.

³ Eng.-Agr., B.S., EMBRAPA-CPAC.

⁴ Estatístico, Ph.D., EMBRAPA-CPAC.

"...Muitas vezes, a fonte de inspiração para as programações de pesquisa é a curiosidade inata dos pesquisadores. Os criativos tendem a analisar constantemente os fenômenos, fatos e acontecimentos que os rodeiam, tendo sua curiosidade aguçada por algum deles, os quais procuram explicar através de trabalhos de pesquisa. Muitas vezes, este procedimento leva a obtenção de resultados interessantes para a cultura humana, mas que podem estar distantes das soluções para os problemas que restringem a produção agrícola, falhando, portanto, quanto a sua objetividade" (Blumenschein 1978).

"...O importante é se ter uma visão clara dos fatores essenciais e daqueles que podem dinamizar o desenvolvimento agrícola, dentro do contexto sócio-econômico de cada país" (Resende 1986).

"...Do ponto de vista do interesse social, as prioridades de pesquisa estarão na linha com os interesses maiores do país" (Resende 1986).

"...O enfoque sistêmico proporciona métodos objetivos para resolver as dúvidas existentes com relação a uma proposta de pesquisa, se ela é ou não de utilidade" (Jones 1979).

"...O enfoque sistêmico deve constituir-se na estratégia básica da programação da pesquisa agropecuária" (Gastal 1989).

Colocações desta natureza existem em abundância e geralmente abordam pontos comuns, tais como:

- a importância de se estabelecer prioridades;
- a necessidade de determinar o quê pesquisar;
- como fazer a pesquisa agropecuária mais eficiente; etc.

Porém, não encontramos na literatura indicações objetivas de como proceder para resolver ou evitar as dúvidas, que surgem diante da necessidade de decidirmos sobre a aprovação de um ou mais projetos de pesquisa.

Por outro lado, estamos cientes de que há uma certa insatisfação, por parte dos responsáveis pela direção das unidades de pesquisa agropecuária, pelo fato de ainda não contarem com procedimentos quantitativos objetivos, que lhes permitam discriminar, dentre diferentes alternativas, quais seriam aquelas que proporcionariam uma maior e/ou melhor contribuição ao processo produtivo agropecuário, no contexto local, regional ou nacional.

1.2 O estabelecimento de prioridades

Um procedimento para determinar ou conhecer uma escala ou “ranking” de preferências supõe a existência de um conjunto de eventos e/ou entidades conhecidos, que serão motivo de ordenação segundo sua maior ou menor importância. Esta ordenação se faz aplicando alguns critérios, também conhecidos e aceitos, que são os elementos que justificam sua necessidade. Também podemos dizer que: (a)- existindo o **conjunto de entidades** e os **critérios** a serem aplicados, as prioridades já estão, de fato, determinadas, embora quase sempre não sejam visíveis (b)- os mecanismos ou procedimentos utilizados têm a finalidade de **conhecer o que já existe, mas não está explícito**.

Os mecanismos de determinação e conhecimento das prioridades podem resultar numa escala de importância, ou ordenação sequencial, de cada uma das entidades do conjunto com relação aos critérios aplicados. A escala pode ser simplesmente de posições na lista, sem dimensionamento numérico das distâncias entre cada posição ou com grandezas que permitam visualizar essas distâncias.

Os critérios e mecanismos utilizados podem exigir, também, certos requisitos mínimos para a participação na escala de ordenação, o que pode significar que algumas entidades do conjunto sejam excluídas.

Outro caso, semelhante ao anterior, ocorre quando os eventos, aos quais se aplicam os critérios, têm de disputar uma parte de um orçamento limitado, o que daria, como decorrência, a possível exclusão de alguns dos eventos que ocupem, na ordenação, os últimos lugares.

Apresentamos, a seguir, os elementos que interagem num processo de determinação e/ou conhecimento das prioridades:

- um conjunto de eventos conhecidos (sujeito do processo);
- critérios conhecidos e aceitos (operador do processo);
- limitações orçamentárias, requisitos mínimos, etc. (condições nas quais se desenvolve o processo); e
- mecanismos que permitam a visualização das prioridades, já determinadas pelos **critérios**, em relação ao conjunto de entidades.

Os mecanismos e critérios utilizados podem dar como resultado

algumas das seguintes variantes:

- a) Simples ordenação, sem exclusão de nenhuma entidade;
- b) Ordenação, com grandezas que mostram as distâncias entre as posições;
- c) Ordenação, com exclusão de entidades, por falta de requisitos mínimos; ou
- d) Ordenação, com exclusão de entidades, por limitações orçamentárias.

No caso da pesquisa agropecuária, o **conjunto de entidades** (sujeito do processo) é conhecido e pode ser: 1) um conjunto de propostas de projetos de pesquisa formulados pelos pesquisadores de uma instituição; 2) diferentes linhas de pesquisa, de responsabilidade da instituição; ou 3) um conjunto de problemas conhecidos e que ainda não têm uma solução satisfatória.

Neste trabalho, o critério básico utilizado, para o funcionamento dos mecanismos que deverão permitir a visualização das prioridades, será o seguinte: a possível contribuição de cada um dos diferentes eventos (propostas de projetos de pesquisa e/ou linhas de pesquisa) à eficiência do processo produtivo agropecuário, ponderada no custo monetário dessa contribuição, em termos de recursos alocados na pesquisa.

1.3 A utilidade dos modelos matemáticos de simulação

Os Modelos Matemáticos de Simulação para Fenômenos Biológicos (MMDS) têm a característica de representar a articulação, concatenada dos estados que assume a matéria no tempo, como decorrência de um conjunto de processos, correspondentes à totalidade da complexidade de um determinado fenômeno biológico.

Olhando de outro ângulo, podemos dizer ainda que eles formam uma máquina abstrata que tenta imitar os valores dos estados que assume a matéria, na dinâmica real da vida (**autopoiesis**) de um caso específico.

Lembramos, com ênfase, que cada MMDS é feito para tentar imitar os valores ou grandezas dos estados que assume a matéria, no tempo, de uma determinada realidade biológica. Cada MMDS é feito

para uma realidade específica.

Assim sendo, eles permitem efetuar o processo chamado de **experimentação abstrata** no qual, ao invés de se fazer um experimento com a realidade biológica, ele é efetuado usando-se o MMDS.

Esta utilidade dos MMDS será nosso mecanismo fundamental para conhecer e/ou visualizar as prioridades já determinadas pelos critérios.

Como cada um dos MMDS é uma articulação concatenada, ou uma **máquina unitária abstrata**, isso nos permite escolher, com grande facilidade, a chamada "FUNÇÃO-OBJETIVO".

Chamamos de função-objetivo aquela peça ou parte do MMDS que mais se identifica com uma resultante específica, de interesse da sociedade, para resolver um problema e/ou satisfazer uma necessidade.

Esta função-objetivo representa os critérios que serão utilizados para identificar as prioridades.

Num mesmo MMDS, para uma determinada realidade, a função-objetivo escolhida pode variar, dependendo: das necessidades a satisfazer; do problema a resolver; e dos critérios escolhidos.

Utilizando como exemplo um MMDS que tente imitar os valores dos estados que assume a matéria no tempo, para a cultura da soja, num determinado espaço geográfico, com a aplicação da tecnologia "y", etc., poderíamos eleger diversas funções-objetivo, tais como:

- se a necessidade é "maior produtividade" e esse foi o critério escolhido, a função-objetivo pode ser a **"quantidade e peso de grãos por hectare na colheita"**;

- se o problema é acamamento das plantas antes da colheita, a função-objetivo pode ser a **"altura e consistência dos tecidos dos caules das plantas"**;

- se o problema é aumentar o teor de óleo, a função-objetivo sem dúvida será outra...; etc.

O MMDS pode ser o mesmo em todos os casos anteriores, já que ele pode ter considerado a articulação dos valores dos estados que assume a matéria com o suficiente grau de detalhe para incluir, não só estas três possibilidades, como também diversas outras.

Portanto, a função-objetivo deve ser escolhida expressamente para um determinado processo de identificação de prioridades, dado um

determinado critério.

Entre a função-objetivo, e os critérios escolhidos para a determinação de prioridades, existe uma relação de identificação facilmente perceptível.

Podemos dizer que a função-objetivo é a parte do MMDS que, enfaticamente, representa o critério escolhido.

Em algumas ocasiões, os MMDS incluem um processamento adicional dos valores que assumem os diferentes estados da matéria através do tempo, formando os chamados **indicadores** e/ou relações de comparação ou proporções.

Eventualmente, alguns desses indicadores podem ser excelentes representantes da função-objetivo.

Como os MMDS são quantitativos, por definição, eles serão de grande utilidade no estudo das prioridades, já que apresentam, em forma quantificada, as distâncias entre as diferentes posições de uma escala de ordenação ou preferências.

Para poder fazer uso dos MMDS, na identificação de prioridades, será indispensável possuir uma estimativa quantitativa das possíveis mudanças no processo produtivo agropecuário. Estas estimativas referem-se aos **resultados esperados** de cada proposta de projeto de pesquisa a ser avaliada, visualizando, em forma quantitativa, o grau de resolução do **evento-problema** abordado, supondo que as propostas de projetos de pesquisa fossem aceitas, executadas com sucesso, e adotadas por uma parcela importante dos produtores rurais.

Convém lembrar que diferentes proporções no processo de adoção de uma nova tecnologia, darão, como decorrência, diferentes contribuições ao processo produtivo agropecuário.

Também é necessário frisar que os produtores podem ser classificados em diferentes grupos, e que cada grupo pode precisar de MMDS diferentes, considerando que representam realidades distintas e, portanto, as contribuições podem variar.

Sem prejuízo do comentário anterior, é imprescindível que o MMDS represente, de forma geral, o conjunto total e que possa fornecer uma visão global e uma boa compreensão das contribuições a nível local, regional ou nacional.

Conhecendo as possíveis mudanças quantitativas parciais, das diferentes propostas de projetos de pesquisa, é possível efetuar um pro-

cesso de **experimentação abstrata**, com a finalidade de conhecer as contribuições de cada projeto à função-objetivo.

Portanto, a utilidade dos MMDS está fundamentalmente baseada na possibilidade de identificar neles a **função-objetivo**, que melhor represente o **critério escolhido** e que nos permita fazer experimentos abstratos, supondo que as futuras tecnologias já pudessem ser adotadas pelos produtores rurais. Isto nos permite visualizar, em forma quantitativa, as possíveis contribuições de cada proposta de projeto de pesquisa à nossa função-objetivo.

Também é bom salientar que a operacionalização dos MMDS possui uma grande velocidade, permitindo a obtenção de resultados em tempos relativamente curtos: minutos ou horas (dependendo do tipo de equipamento eletrônico disponível).

1.4 O universo explícito de eventos-problemas de um MMDS

Todo MMDS inclui uma estrutura com um conjunto de variáveis de estado, cujos valores estão sofrendo influência de diferentes processos e/ou eventos inerentes ao fenômeno biológico total de que trata o modelo em questão.

Uma parcela importante destes processos pode ter sido considerada explicitamente na estrutura do modelo, através das relações numéricas com as quais eles influem nos valores que assumem as variáveis de estado; uma outra parcela de processos pode estar só implicitamente considerada pelos autores do modelo. Existem, ainda, aqueles processos que, embora participem da realidade do fenômeno biológico, são desconhecidos pelos autores; geralmente os efeitos destes processos desconhecidos são atribuídos ao **"ambiente"**.

Este conjunto de processos e/ou eventos considerados, explicitamente nas suas relações numéricas com as variáveis de estado, é o que podemos chamar de **universo explícito de eventos-problemas de um modelo**.

Portanto, cada MMDS elaborado para uma determinada realidade, e com um dado grau de detalhamento, contém explicitamente uma listagem de problemas potenciais, que podem ser objeto de projetos de pesquisa. As mudanças nas relações numéricas dos eventos-problemas, com relação aos valores das variáveis de estado, podem

trazer diferentes contribuições para os valores que assume a função-objetivo escolhida.

Para uma mesma realidade biológica podem ser formulados diferentes modelos, com diferentes **universos explícitos de eventos-problemas**. Tudo vai depender do grau de detalhamento com que foi elaborado o modelo, ou a finalidade que foi considerada pelos autores.

O uso dos modelos, nesta proposta de procedimento, somente será viável se eles contiverem, explicitamente, o universo de eventos-problemas de responsabilidade da Unidade e que estão sendo considerados nas propostas de projetos de pesquisa.

Como os MMDS são construídos *ad hoc*, para uma realidade específica, é de se esperar que o uso deste procedimento seja feito operacionalizando modelos especialmente elaborados, para o universo de eventos-problemas inerentes às responsabilidades e/ou viabilidades de pesquisa da Unidade que está estudando as prioridades. Também é lícito o caso de modelos cujo universo explícito de eventos-problemas contemple àqueles de responsabilidade da Unidade, e mais alguns que não são de sua competência, mas que formam parte do fenômeno biológico total.

Nestes casos, a unidade tem a oportunidade de conhecer a importância das contribuições que as pesquisas, desenvolvidas por outras unidades, poderiam ter para sua função-objetivo. No caso presente, seria importante encomendar as pesquisas a uma outra unidade ou instituição, e realizar as coordenações necessárias para viabilizar essas pesquisas, que podem ter um significado muito grande do ponto de vista da **sinergia**.

Aqui, aparece mais uma importante vantagem do uso dos MMDS no estudo das prioridades da pesquisa, que é a possibilidade de fazer **coordenação com a programação de outras unidades**.

Uma unidade de pesquisa, para efeitos de fazer estudos de prioridades, pode trabalhar simultaneamente com vários MMDS, em diferentes níveis de detalhamento e com diferentes graus de abrangência, o que possibilita um conhecimento mais fino de prioridades dentro das prioridades.

Isto significa que os modelos de menor abrangência serão peças mais particularizadas de eventos-problemas explícitos no modelo maior, que é mais abrangente e menos pormenorizado.

Assim, podemos ter modelos que representam **sistemas de produção** e que podem incluir mais de um produto, outros que representem **só um produto**, outros que refiram-se a **um evento-problema específico**, etc.

1.5 Linhas de pesquisa e projetos de pesquisa

Com alguma frequência, as propostas de projetos de pesquisa estão dirigidas a um problema bem específico e determinado. As limitações práticas na construção dos modelos, como a paciência dos autores, nem sempre dão como resultado um modelo que considere, no universo explícito de eventos-problemas, todos os possíveis problemas a serem pesquisados e suas relações numéricas com os valores que assumem as variáveis de estado.

Neste caso, podemos dizer que alguns dos eventos-problemas explícitos no modelo, podem corresponder às **linhas de pesquisa** que podem ser abordadas por diferentes projetos de pesquisa.

Porém, nada impede o estudo do impacto de cada um dos diferentes projetos nessa linha de pesquisa - ou função-objetivo - e das possíveis combinações entre os diferentes projetos da mesma linha ou de diferentes linhas, com a finalidade de visualizar os efeitos de **sinergia**.

Isto é mais uma visualização das potencialidades dos MMDS para estudar prioridades em linhas de pesquisa, em projetos específicos, etc.

1.6 Formulação de metas para a pesquisa a médio e longo prazo

Vamos definir como **metas na programação da pesquisa agropecuária** a seguinte conceituação: metas são "as diferentes quantidades de acréscimos, na eficiência do processo produtivo agropecuário, a serem atingidas em alguns períodos futuros, como decorrência do desenvolvimento e adoção de inovações tecnológicas na agropecuária local, regional ou nacional".

Os acréscimos na eficiência podem ser quantificados com as mesmas unidades de medida da função-objetivo.

Usando os MMDS através de operações sequenciais, podemos fazer projeções no futuro dos possíveis estágios de eficiência do processo produtivo agropecuário, como decorrência da incorporação de conjuntos de inovações tecnológicas adequadas à transição entre um e outro dos possíveis estágios futuros do processo produtivo.

Os estágios futuros, da eficiência do processo produtivo agropecuário, começam a ser visualizados como mudanças em comparação com a **realidade de hoje**, o presente, como pontos de referência a serem alcançados com a melhoria da eficiência do processo produtivo, ou seja, **metas no tempo**.

Primeiro estágio futuro: uma simulação com as propostas de projetos de pesquisa, para estudo e aprovação no presente, deve nos mostrar o possível nível de eficiência do primeiro estágio futuro, como decorrência da incorporação das futuras tecnologias, resultado das propostas de pesquisa que hoje estamos avaliando.

Segundo estágio futuro: com uma análise metódica, do novo perfil da possível eficiência obtida pelo desenvolvimento do primeiro estágio futuro, podemos estudar uma nova constelação de propostas de pesquisas, atacando os pontos que dariam maior dinamismo ao processo para mudar o perfil de eficiência do primeiro estágio, e assim atingir um segundo nível, que deverá ser visualizado através de um segundo processo de simulação, elaborado a partir da realidade prevista pelo primeiro estágio, mais as contribuições da segunda constelação de propostas de projetos de pesquisas. Este segundo estágio de eficiência do processo produtivo é a **segunda meta no tempo**, sequencial com relação à primeira.

E assim, em forma interativa, podem ser estudados "n" estágios futuros de possível eficiência do processo produtivo, que corresponderão a "N" metas futuras a serem alcançadas, em forma sequencial, pela pesquisa agropecuária.

Este procedimento tem a vantagem de mostrar caminhos futuros para a pesquisa agropecuária e, ao mesmo tempo, esclarecer coisas como: "o que a pesquisa agropecuária pode fazer" e "o que a sociedade pode esperar dela".

As informações fornecidas por um estudo desta natureza são, obviamente, uma peça de grande importância no planejamento, a médio e longo prazos, das instituições de pesquisa.

No processo de planejamento, a médio e longo prazos, é possível visualizar as futuras necessidades de recursos humanos qualificados, como também as características que deverão ter os programas de treinamento, entre outras coisas.

Outra vantagem de extraordinária importância, decorrente da formulação de metas com o procedimento ora apresentado, é a possibilidade de negociar recursos econômicos de origem nacional ou internacional para a execução da pesquisa agropecuária, com base nos possíveis retornos futuros para a sociedade; dos recursos pleiteados, com indicações claras e objetivas do que será feito; e dos resultados esperados.

Por outro lado, aparece nitidamente a possibilidade de estabelecer e implementar melhorias nos procedimentos de controle do funcionamento e eficiência das instituições de pesquisa.

É claro que, tudo o que foi anteriormente sugerido deve ser efetuado, sem prejuízo das preferências da sociedade, explicitadas através das colocações e políticas formuladas para o setor pelas autoridades pertinentes.

1.7 Limitações dos modelos de simulação

Os MMDS têm certas características que devem ser respeitadas. Obviamente, querer usar um modelo com uma finalidade diferente daquela prevista pelos autores, ou aplicá-lo a uma realidade diferente daquela que o modelo tenta representar, será motivo suficiente para o aparecimento de incongruências e erros crassos.

A finalidade com que foi feito o modelo e a realidade de referência estão mostrando limites que não devem ser ultrapassados.

Uma segunda fonte de limitações é o conhecimento e a compreensão que os autores tenham do fenômeno biológico em questão, na época da formulação do modelo.

Uma terceira fonte de limitações está configurada pelo grau de habilidade, pela imaginação e pela exploração adequada das técnicas conhecidas para a construção de MMDS, por parte dos autores do modelo.

As técnicas de formulação de MMDS são relativamente simples. O conhecimento e a compreensão, em abrangência e profundidade,

do fenômeno biológico em questão, é que nem sempre são suficientes.

1.8 Finalidades deste trabalho e suas limitações

Nossa intenção é oferecer uma opção para estudar prioridades na pesquisa agropecuária, apresentando simplesmente uma das tantas formas de uso e aproveitamento dos MMDS.

Não é nossa intenção, nesta ocasião, discutir as características e formas de elaboração de MMDS, nem o conteúdo específico do modelo utilizado no exemplo (rebanho bovino). São técnicas e elementos apenas incidentais, nosso exemplo poderia ter sido apresentado com um modelo totalmente diferente, sem alterar a finalidade de nossa mensagem.

Nosso objetivo é apresentar uma opção metodológica para estudar prioridades na pesquisa agropecuária, e esperamos que seja de alguma utilidade para as instituições de pesquisa.

Estamos cientes que, para uma boa utilização do método, é indispensável um bom domínio das técnicas de formulação de MMDS. Mas, também, estamos cientes que para esse assunto já existe uma grande e diversificada bibliografia (France & Thornley 1984; Charles-Edwards et al. 1986).

Também devemos esclarecer que as citações ao **enfoque sistêmico** são decorrentes da revisão da literatura, e não é nossa intenção abordar este assunto nesse trabalho.

2. METODOLOGIA PROPOSTA

A metodologia que vamos apresentar consiste na seguinte seqüência de operações e na utilização das informações que citamos como materiais:

2.1 Materiais

- As diferentes propostas de projetos de pesquisa, incluindo em **resultados esperados** uma estimativa quantificada dos efeitos na

melhoria da **situação problema**, que a proposta de projeto de pesquisa espera fazer como contribuição ao processo produtivo agropecuário, se desenvolvida e adotada pelos produtores rurais.

- Uma estimativa quantificada do **orçamento total** para todo o período necessário à execução do projeto.

- Um MMDS no qual estejam considerados os eventos-problemas, aos quais referem-se os diferentes projetos de pesquisas a serem avaliados.

- A escolha de uma **função-objetivo**, no contexto do MMDS disponível.

- Um critério de avaliação, que será o determinante para os efeitos da escolha da função-objetivo.

2.2 O método

Determinação do número de tratamentos a serem considerados como necessários no processo de **experimentação abstrata**, que será efetuada fazendo uso do MMDS.

O número total de tratamentos será sempre diretamente proporcional ao número de projetos de pesquisa e/ou linhas de pesquisa, que serão motivo de análise e submetidos à avaliação.

O universo do conjunto de tratamentos começa a estruturar-se pela incorporação da testemunha como um "tratamento" (a realidade de hoje sem alterações) e continua com a incorporação da ação isolada de cada projeto de pesquisa como mais um tratamento por projeto. Depois, devemos considerar todas as possíveis combinações de dois em dois projetos de pesquisa, agindo simultaneamente, com seus efeitos. Depois de três em três... e assim sucessivamente, até chegarmos a uma única combinação que considere, simultaneamente, os efeitos conjuntos de todos os projetos de pesquisa.

A razão de considerar todas estas possíveis combinações, de dois

em dois, de três em três,... , etc., tem por finalidade conhecer a natureza e quantificar os efeitos da **sinergia**, que podem ser de grande importância, tanto no caso positivo como no negativo.

A representação dos fundamentos numéricos, do procedimento de cálculo do número total de tratamentos necessários para nossa experimentação abstrata, é a seguinte, se adotarmos as respectivas nomenclaturas:

n = número de projetos de pesquisa a serem avaliados; e
 nt = número total de tratamentos do experimento abstrato.

Então teremos:

$$nt = 1 + C_1^n + C_2^n + C_3^n + \dots + C_n^n \quad \dots\dots\dots (1)$$

onde o primeiro termo, 1, é a testemunha que será sempre mais um tratamento, independente do número de projetos de pesquisa a serem avaliados; o segundo termo, C_1^n , representa todos os projetos de pesquisa, considerados em forma isolada; o terceiro termo, C_2^n , representa todas as combinações dos projetos, considerados dois a dois; e assim por diante, até o último termo, C_n^n , que representa o conjunto de todos os projetos considerados simultaneamente, que também terá um valor numérico sempre igual a 1.

A mesma expressão (1) pode ser escrita de forma simplificada:

$$nt \sum_{i=1}^n = (C)^n + 1 \quad \dots\dots\dots (2)$$

Para efeitos práticos será necessário calcular o valor numérico de cada um dos termos desta sucessão, e assim não esquecer alguma possível combinação de projetos, que pode significar a existência de mais um tratamento.

O número total de tratamentos, incluindo a testemunha, será sempre dado pela seguinte relação:

$$nt = 2^n \quad \dots\dots\dots (3)$$

que pode ser utilizada como elemento de controle no procedimento de cálculo do número total de tratamentos, lembrando que este procedimento não informa os totais parciais, ou seja, o número de combinações de dois a dois, três a três, etc.

Por exemplo, se tivéssemos três projetos de pesquisa a serem avaliados, poderíamos conhecer o número total de tratamentos do experimento abstrato pelo uso da expressão (3):

$$nt = 2^3 \Rightarrow nt = 8$$

Neste caso obtemos o número total de tratamentos, mas não especificamos os elementos que o compõem. Para isto, utilizamos a expressão (1):

$$\begin{aligned} nt &= 1 + C_1^3 + C_2^3 + C_3^3 \\ nt &= 1 + 3 + 3 + 1 \Rightarrow nt = 8 \end{aligned}$$

Aqui obtemos, além do número total de tratamentos, os seus termos componentes, quais sejam:

- 1 = testemunha;
- 3 = cada projeto, considerado de forma isolada;
- 3 = combinações dos projetos, dois a dois; e
- 1 = combinação dos três projetos simultaneamente.

2.3 Experimentação abstrata

Tendo disponíveis os MMDS, os valores quantitativos das possíveis influências das futuras tecnologias e o número total de tratamentos que devemos executar, podemos passar a efetuar os experimentos abstratos com os MMDS, para cada um dos **nt** tratamentos, e registrar os valores que assume nossa função-objetivo, que já estava determinada anteriormente.

Com os resultados da experimentação abstrata, podemos construir uma tabela com os valores que a função-objetivo mostrou para cada um dos **nt** tratamentos. Antes devemos escolher um número de unidades de tempo de resolução, que deveremos utilizar em nossa

experimentação abstrata.

O número de períodos de experimentação abstrata, ou unidades do tempo de resolução utilizadas na simulação, está normalmente referida em anos, tratando-se de avaliar os efeitos prováveis de futuras tecnologias.

O prazo utilizado vai depender das características do fenômeno biológico em questão, podendo ser de cinco a dez anos, no caso de culturas anuais e, no caso de essências florestais por exemplo, um período muito maior.

Como normalmente os fenômenos biológicos incluem uma grande quantidade de eventos aleatórios, não há dúvida que os MMDS deverão ter processos estocásticos e, portanto, podem existir diferentes resultados nos valores que assume a função-objetivo, para o mesmo ano, se o experimento for repetido.

2.4 Processamento adicional dos resultados da experimentação abstrata

Se a função-objetivo de nosso MMDS está expressa como uma taxa, proporção ou outro tipo de indicador de natureza relativa, obrigatoriamente deveremos fazer a conversão para valores físicos absolutos.

Por exemplo, se em nosso MMDS a função-objetivo escolhida foi a taxa de produção do rebanho (taxa de crescimento vegetativo + taxa de abate), precisaremos converter essa taxa de “produção do rebanho” especificamente em “número de cabeças de bovinos”.

Devemos lembrar que estamos interessados nos efeitos positivos “acumulados”, durante o tempo de experimentação abstrata ou simulação de cada um dos projetos de pesquisa em processo de avaliação, e das possíveis combinações entre eles. E que, estes efeitos positivos acumulados, estarão sendo percebidos através da função-objetivo.

2.5 Escolha de uma unidade física de referência

Precisamos fazer a escolha de uma unidade física de referência, para podermos estabelecer as relações dos recursos utilizados em pesquisa científica, para cada uma destas “unidades físicas de referência”.

No caso de produção animal, podem ser “toneladas de carne”,

ou "litros de leite x 1000", ou "nº de cabeças do rebanho em pé", etc.

2.6 Determinação dos incrementos que produz cada tratamento em relação à testemunha

Devemos fazer uma comparação dos resultados de cada um dos **nt** tratamentos em relação à testemunha, e montar uma tabela identificando os tratamentos e os acréscimos.

2.7 Determinação do valor dos recursos alocados na pesquisa, para cada unidade física de referência da função-objetivo, e para cada um dos diferentes tratamentos

Com as informações já obtidas, e processadas até agora, devemos construir uma tabela que nos apresente as seguintes informações: a) a identificação de cada um dos tratamentos; b) os acréscimos, em unidades físicas de referência da função-objetivo, com relação à testemunha, que cada tratamento proporciona no período de simulação; c) o custo (em Cr\$) de cada um dos diferentes tratamentos; e d) uma coluna que nos apresente o "custo unitário de cada unidade física de referência da função-objetivo, para cada tratamento", que é o resultado de fazermos a divisão do valor do "orçamento total de cada tratamento" (somando todos os projetos incluídos nele) pelo valor dos acréscimos, em unidades físicas de referência da função-objetivo.

Lembramos que, no caso dos tratamentos que incluem dois ou mais projetos de pesquisa simultaneamente, o custo (em Cr\$) dos recursos alocados na pesquisa será a soma dos orçamentos totais dos diferentes projetos que estão incluídos neste tratamento.

Exemplo de apresentação da tabela:

Tratamento	Orçamento total	Acrescimento em unidades físicas de referência	Custo unitário por unidade física de referência
(1)	(2)	(3)	(4) = (3)/(2)
T ₁	Orç. T ₁	Acresc. T ₁	Custo unit. T ₁
T ₂	Orç. T ₂	Acresc. T ₂	Custo unit. T ₂
⋮	⋮	⋮	⋮
T _n	Orç. T _n	Acresc. T _n	Custo unit. T _n

2.8 Conversão dos valores dos custos unitários de recursos, alocados na pesquisa, para cada acréscimo de uma unidade física de referência da função-objetivo em cada tratamento

Embora com a tabela anterior já tenhamos uma visão bastante boa do significado de cada tratamento, em termos de eficiência dos recursos alocados na pesquisa, tomando como parâmetro a unidade física de referência da função-objetivo, vamos introduzir mais um processamento da informação final até agora obtida, com a finalidade de facilitar a operação de comparação dos custos unitários de recursos alocados na pesquisa, para cada acréscimo de uma unidade física de referência da função-objetivo, dos diferentes tratamentos.

A sugestão é a seguinte: procuramos na coluna (4) da tabela anterior, o menor custo unitário, e o fazemos igual a 1; cada um dos demais será dividido pelo valor do "menor". Esta nova tabela facilita a comparação dos diferentes valores de custo unitário, com relação ao menor valor, e a compreensão do significado dos diferentes valores, o que, obviamente, fornece uma melhor base para as decisões que necessariamente deverão ser tomadas com relação aos diferentes tratamentos.

Em seguida, apresentaremos um exemplo concreto de aplicação da metodologia ora apresentada.

3. EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO MÉTODO

3.1 Características do modelo utilizado

Para efeito desta demonstração prática vamos utilizar um modelo da dinâmica populacional de rebanho bovino, com as seguintes características:

- a) Rebanho a nível de uma região, sem limitação de área;
- b) Acompanhamento da evolução de rebanho, classificado em machos e fêmeas (grupos), que por sua vez são divididos em faixas etárias (subgrupos), de 0 - 1 anos; 1 - 2 anos; 2 - 3 anos; e assim sucessivamente. Serão 10 subgrupos de fêmeas e 5 de machos;
- c) A vida útil das fêmeas é de 10 anos, sendo que após o último

parto elas são descartadas, formando parte do abate;

d) O abate dos machos é feito aos 5 anos, quando se considera que seu desenvolvimento físico é satisfatório;

e) Por razões práticas e de metodologia, não são considerados explicitamente os reprodutores;

f) A idade das fêmeas para a primeira cobrição é de 3 - 4 anos;

g) A probabilidade média de parto, por fêmea, em cada subgrupo, é definida pela taxa de concepção correspondente à realidade histórica do rebanho;

h) Consideram-se duas oportunidades, em dois anos consecutivos, para emprenhar, as fêmeas que não conceberem nessas duas oportunidades são descartadas;

i) Em cada subgrupo, tanto de fêmeas como de machos, utiliza-se de uma taxa de mortalidade histórica. Estas taxas são aplicadas através de procedimentos estocásticos;

j) A proporção entre machos e fêmeas, nos nascimentos, também é calculada de forma estocástica, assim como as taxas de concepção;

k) A unidade de tempo de resolução do modelo é de ano;

l) O abate total é a soma dos machos sobreviventes no subgrupo de 4 - 5 anos e das fêmeas do subgrupo 9 - 10 anos, mais as fêmeas descartadas a partir da segunda cobrição sem concepção;

m) O modelo não trabalha com taxa de aborto; e

n) Os nascimentos ocorrem supostamente de forma regular durante o ano.

Portanto, utilizando um modelo com estas características, nosso produto pode perfeitamente ser definido como "GADO DE CORTE" na pesquisa agropecuária para o desenvolvimento da **região X**.

Este modelo, cujos dados numéricos vamos apresentar a seguir, pode não ser perfeito do ponto de vista dos especialistas em gado bovino, mas para efeito de demonstração da metodologia de nosso interesse ele cumpre sua finalidade. Entre as informações de saída que o modelo fornece, quando é utilizado num processo de "simulação", além dos valores atualizados das variáveis de estado, ele entrega também alguns indicadores como: taxa de abate, taxa de crescimento vegetativo, taxa de produção, etc.

Os valores numéricos do modelo, na situação atual da região X,

para seu rebanho bovino de corte, são os seguintes:

Número de nascimentos no tempo zero (t_0)	630
Abate de machos no t_0	223
Abate total no t_0	413
Proporção de fêmeas nos nascimentos	0,5
Número de fêmeas de: 0 - 1 ano	316
1 - 2 anos	280
2 - 3 anos	261
3 - 4 anos	247
4 - 5 anos	234
5 - 6 anos	205
6 - 7 anos	130
7 - 8 anos	116
8 - 9 anos	96
9 - 10 anos	82
Número de machos de: 0 - 1 ano	314
1 - 2 anos	283
2 - 3 anos	263
3 - 4 anos	246
4 - 5 anos	236
Taxa de mortalidade* (em %) de: 0 - 1 ano	15
1 - 2 anos	5
2 - 3 anos	3
3 - 4 anos	2
4 - 5 anos	2
5 - 6 anos	2
6 - 7 anos	2
7 - 8 anos	2
8 - 9 anos	2
9 - 10 anos	2
Taxa de concepção** (em %) de: 3 - 4 anos	80.00
4 - 5 anos	26.00
5 - 6 anos	61.00
6 - 7 anos	57.81
7 - 8 anos	69.35
8 - 9 anos	70.37
9 - 10 anos	65.00

* igual para machos e fêmeas

** a taxa de concepção neste modelo é, na realidade, uma taxa de nascimento por idade das fêmeas.

3.2 Desenvolvimento do exemplo

3.2.1 O universo explícito de eventos-problemas do modelo

Se considerarmos as taxas de mortalidade e as taxas de nascimento, por idade das fêmeas, encontraremos um total de 22 eventos-problemas explícitos no modelo. Alguns dos quais têm características semelhantes, como é o caso da mortalidade nos primeiros anos de vida, tanto para machos como para fêmeas.

3.2.2 Escolha dos critérios de avaliação

Vamos supor, para o desenvolvimento de nosso exemplo, que a unidade de pesquisa escolha como critério, a **eficiência do processo de produção de carne bovina**.

3.2.3 Escolha da função-objetivo

Analisando as características do modelo e as informações que ele fornece, a Unidade chega a conclusão de que a **taxa de produção do rebanho** é um excelente indicador da eficiência no processo produtivo da carne do gado bovino de corte.

3.2.4 Universo de projetos a serem avaliados

Vamos supor que os pesquisadores da Unidade estão apresentando três propostas de projetos de pesquisa diferentes, e que elas estão dirigidas aos seguintes eventos-problemas:

- a) Mortalidade de machos e fêmeas na faixa de 0 - 1 anos;
- b) Taxa de concepção das fêmeas de 4 - 5 anos; e
- c) Taxa de concepção das fêmeas de 6 - 7 anos.

3.2.5 Estimativas quantitativas dos possíveis efeitos das futuras tecnologias

Esta parte requer um esforço intelectual cuidadoso e objetivo por parte dos pesquisadores, baseado no conhecimento científico disponível, na experiência, no conhecimento da realidade da região X e no comportamento dos produtores. Tais fatores permitem fazer estimativas quantitativas viáveis do que poderia ser mudado, em termos de valores dos parâmetros zootécnicos existentes, no caso do provável desenvolvimento, e adoção de novas tecnologias para mudar a realidade existente.

No caso do nosso exemplo, devemos ter respostas adequadas às seguintes interrogações:

- a) Com o conhecimento e experiência existente para a realidade dos nossos produtores da região X, e com as novas tecnologias desen-

volvidas pela Unidade e adotadas pelos produtores, a taxa de mortalidade de machos e fêmeas de 0 - 1 anos de idade, que atualmente é de 15%, poderia diminuir para quanto?

b) E, da mesma maneira, para quanto poderia aumentar a taxa de concepção das fêmeas de 4 - 5 anos, que hoje é de 26% ?

c) Seguindo o mesmo raciocínio, para quanto poderia aumentar a taxa de concepção das fêmeas de 6 - 7 anos, que hoje é de 57% ?

Vamos supor que os pesquisadores da Unidade chegaram a conclusão de que é possível baixar a taxa de mortalidade dos animais de 0 - 1 anos de idade de 15 para 7%, se fossem executadas as pesquisas do projeto a), e seus resultados fossem adotados pelos produtores.

Também concluíram que é possível melhorar a taxa de concepção do grupo de fêmeas de 4 - 5 anos, de 26 para 60% e do grupo de 6 - 7 anos, de 57 para 65%, com a execução dos projetos b) e c), respectivamente.

3.2.6 Experimentação abstrata

Esta é a parte fundamental do procedimento proposto e consiste em utilizar o MMDS para fazer os chamados experimentos abstratos, nos quais o rebanho da região X é substituído pelo seu equivalente abstrato no MMDS e submetido a uma experiência para saber como influiriam, através do tempo, os efeitos de uma tecnologia que ainda não foi desenvolvida, caso ela estivesse disponível e fosse adotada pelos produtores.

Nosso grupo de controle ou testemunha será a realidade atual do rebanho, sem introdução de novas tecnologias e vamos chamá-lo de Tratamento 1 (T_1).

Um segundo tratamento terá o mesmo rebanho, só que com a mudança da taxa de mortalidade do grupo de 0 - 1 anos de idade, sendo utilizada, ao invés dos atuais 15%, a proposta de 7%. Este será o Tratamento 2 (T_2).

O terceiro tratamento (T_3) terá também o mesmo rebanho, só fazendo a mudança da taxa de concepção das fêmeas de 4 - 5 anos (em segunda cobertura), substituindo os atuais 26% pelos 60% propostos.

O quarto tratamento (T_4) terá como única substituição a taxa de concepção do grupo de fêmeas de 6 - 7 anos (em quarta cobertura),

passando dos atuais 57% para a proposta de 65%.

Se lembrarmos que o número total de tratamentos $nt = 2^n$, e como em nosso exemplo $n = 3$, temos que $nt = 8$.

Portanto, devemos determinar os Tratamentos 5, 6, 7 e 8, que são as combinações possíveis entre os projetos a), b) e c), agindo simultaneamente, de dois em dois e de três em três, para podermos estudar os efeitos de **sinergia**.

Devemos escolher um período de duração dos experimentos abstratos, quantos anos vamos considerar em nossa prospecção do futuro para efeitos de fazermos uma boa apreciação dos impactos, no rebanho, das mudanças propostas.

Para cada uma destas alternativas vamos apresentar a evolução da Taxa de Produção do rebanho num período de 15 anos, com sua média aritmética e seu coeficiente de variação (CV).

Discriminação dos oito tratamentos

T_1 = grupo de controle ou testemunha, sem alterações.

T_2 = redução da taxa de mortalidade no grupo de 0 - 1 anos para 7%.

T_3 = melhora na taxa de concepção na segunda cobertura para 60%.

T_4 = melhora na taxa de concepção na quarta cobertura para 65%.

T_5 = efeito conjunto de todos os tratamentos ($T_2 + T_3 + T_4$).

T_6 = efeito conjunto de dois tratamentos ($T_2 + T_3$).

T_7 = efeito conjunto de dois tratamentos ($T_2 + T_4$).

T_8 = efeito conjunto de dois tratamentos ($T_3 + T_4$).

Cada uma das simulações é feita com o mesmo rebanho inicial e mantendo os parâmetros zootécnicos reais, modificando somente os citados na listagem acima, conforme os tratamentos propostos.

Com os resultados dos 8 experimentos abstratos, apresentamos os **incrementos nas taxas de produção do rebanho**, de cada um dos diferentes tratamentos (T_2 a T_8), comparados com a taxa de produção do rebanho da Testemunha T_1 . Faremos comparações de cada um dos tratamentos isolados (T_2 , T_3 e T_4) e posteriormente dos efeitos de sinergia, decorrentes da ação conjunta de dois ou mais projetos de pesquisa.

Evolução da taxa de produção do rebanho da região X, nos 8 tratamentos numa simulação de quinze anos

Ano	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8
1	15.02	15.86	15.59	14.95	18.07	18.22	15.95	16.89
2	14.02	16.06	15.65	15.23	17.74	17.90	16.09	16.55
3	14.99	16.10	15.67	15.36	17.23	17.17	15.96	16.20
4	16.50	16.17	15.25	15.06	17.15	16.90	16.15	15.95
5	14.54	16.10	15.69	15.34	17.41	17.60	16.22	16.14
6	15.30	15.91	15.46	15.24	17.42	17.48	16.00	16.14
7	15.95	16.14	15.59	15.17	17.33	17.28	15.91	16.21
8	14.67	16.15	15.51	15.13	17.24	17.21	15.98	16.12
9	14.16	15.84	15.47	15.04	17.30	17.21	16.05	16.28
10	14.45	15.63	15.65	15.19	17.57	17.48	16.08	16.34
11	15.53	15.85	15.73	15.31	17.67	17.51	15.97	16.30
12	15.18	15.90	15.56	15.16	17.50	17.62	15.97	16.22
13	15.11	16.10	15.54	14.94	17.55	17.47	15.95	16.10
14	15.53	16.15	15.54	14.98	17.48	17.59	16.12	16.19
15	14.25	16.17	15.62	15.05	17.55	17.43	16.12	16.21
Média	15.01	16.01	15.57	15.14	17.48	17.48	16.23	16.26
CV	4.45	0.99	0.73	0.88	1.29	1.69	4.73	1.30

Agora vamos apresentar os resultados, mostrando os aumentos da taxa de produção do rebanho de cada um dos tratamentos (T_2 a T_8) com relação à nossa testemunha (T_1). Vamos chamar os aumentos de $\bar{n} T_j$, que corresponderão a pontos percentuais.

	Aumentos na taxa de produção do rebanho (pontos percentuais)	CV
$\bar{n} T_2$	1.00	0.99
$\bar{n} T_3$	0.56	0.73
$\bar{n} T_4$	0.13	0.88
$\bar{n} T_5$	2.47	1.29
$\bar{n} T_6$	2.47	1.69
$\bar{n} T_7$	1.22	4.73
$\bar{n} T_8$	1.25	1.30

Podemos observar que a soma dos aumentos em pontos percentuais dos tratamentos T_2 , T_3 e T_4 é igual a 1.69, o que é diferente e inferior ao aumento obtido na taxa de produção do rebanho, quando se calcula o efeito dos três tratamentos simultaneamente, que é igual a 2.47 pontos percentuais. Isto é decorrência dos efeitos de sinergia, da natureza não linear das relações entre os elementos componentes do sistema. Neste caso, podemos falar dos efeitos multiplicadores acumulados das variações introduzidas nos parâmetros zootécnicos, pelos três tratamentos. A mesma situação é observada no caso das combinações de dois em dois projetos de pesquisa.

Uma análise preliminar dos casos isolados coloca em primeiro lugar quanto a prioridade o tratamento T_2 , que proporciona 1.0 ponto percentual de aumento da taxa de produção do rebanho; em segundo lugar T_3 , com 0.56 pontos percentuais; e em último lugar T_4 , com 0.13 pontos percentuais de aumento.

Em seguida, analisando os efeitos conjuntos das diferentes combinações entre os tratamentos, voltamos a considerar T_3 como uma segunda prioridade, já que ele potencializa os efeitos do tratamento T_2 , atingindo níveis semelhantes ao caso da existência dos três tratamentos simultaneamente; fica também confirmada a posição do terceiro lugar para o T_4 .

Portanto, o projeto de pesquisa que aborda o problema de diminuir as taxas de mortalidade, no primeiro ano de vida, neste nosso exemplo fictício, deveria ter prioridade, comparativamente com as outras duas linhas de pesquisa, lembrando que nossa função-objetivo é a taxa de produção do rebanho.

Em segundo lugar, estaria considerado o projeto de pesquisa tendente a melhorar a taxa de concepção das fêmeas em segunda cobertura, com um segundo lugar relativamente importante, já que ele potencializa em grande forma os efeitos do "melhor tratamento" T_2 .

Finalmente, podemos dizer sempre no contexto de nosso exemplo e considerando todas suas características, que o projeto de pesquisa com a finalidade de melhorar a taxa de concepção das fêmeas em quarta cobertura, em princípio, não tem nenhuma importância como prioridade.

Vejamos agora os resultados correspondentes ao rebanho final e ao abate acumulado, no final do período de 15 anos de simulação de nosso experimento abstrato, para cada tratamento, lembrando que todos os tratamentos começaram com o mesmo rebanho inicial.

Rebanho final e abate acumulado após 15 anos de simulação abstrata

Tratamento	Rebanho final		Abate acumulado	
	nº cabeças	% aumento	nº cabeças	% aumento
T ₁	4644	-	7453	-
T ₂	5667	22.03	8004	7.39
T ₃	5435	17.03	7685	3.11
T ₄	4923	6.00	7505	0.70
T ₅	7779	67.51	8817	18.30
T ₆	7486	61.20	8857	18.84
T ₇	5686	22.43	8013	7.51
T ₈	5879	26.59	8028	7.52

Os aumentos percentuais no rebanho final e no abate acumulado são calculados com relação ao nosso tratamento testemunha T₁.

Podemos observar que, se novamente analisarmos cada um dos projetos de pesquisa em forma isolada, temos em primeiro lugar o T₂; em segundo o T₃; e em terceiro o T₄, tanto em relação ao rebanho final **quanto ao abate acumulado**.

Também podemos observar que o empate que existia nos aumentos da taxa de produção do rebanho, entre os tratamentos T₅ e T₆, começa a diluir-se; o percentual de aumento do rebanho final de T₅ é de 67.51%, contra 61.70% de T₆; já nos percentuais de aumento do abate acumulado o quase empate continua, com valores de 18.30 vs 18.84%.

Se apresentarmos agora a soma entre **rebanho final** e **abate acumulado** para os oito tratamentos, a situação fica a seguinte:

Tratamentos	Rebanho final + Abate acumulado	Aumento	
		nº cabeças	%
T ₁	12097	-	-
T ₂	13671	1574	13.01
T ₃	13120	1023	8.46
T ₄	12428	331	2.74
T ₅	16596	4499	37.19
T ₆	16343	4246	35.10
T ₇	13699	1602	13.24
T ₈	13907	1810	14.96

Agora já podemos perceber um ligeiro desempate entre a combinação dos três tratamentos em forma simultânea, que proporcionou o maior aumento (37.19%), e a combinação dos tratamentos T₂ e T₃ que ficou em segundo lugar (35.10%).

A última coluna, que mostra os aumentos percentuais de cada um dos sete tratamentos com relação à testemunha T₁, pode ser transformada numericamente com a finalidade de podermos visualizar melhor as proporções existentes entre os resultados dos diferentes tratamentos.

Uma opção é escolher como referência o tratamento cujo resultado foi o menor percentual de aumento, neste caso T₄, e fazê-lo igual a 1; os demais resultados são apresentados divididos pelo valor de T₄, resultando na seguinte escala:

Tratamento	Escala de proporções
T ₂	4.75
T ₃	3.08
T ₄	1.00
T ₅	13.57
T ₆	12.81
T ₇	4.83
T ₈	5.46

Esta nova tabela nos permite uma melhor visualização das proporções e das distâncias existentes entre os incrementos logrados na função-objetivo, com os diferentes tratamentos.

Portanto, até agora podemos provisoriamente concluir o seguinte:

a) Considerando os efeitos isolados de cada um dos três projetos de pesquisa: O primeiro lugar é ocupado pelo T_2 , com um valor quase cinco vezes o valor de T_4 ; o segundo posto é ocupado pelo T_3 , com um valor igual ao triplo de T_4 ; e finalmente T_4 ocupa o último lugar;

b) No caso das combinações de dois ou mais projetos de pesquisa, simultaneamente, temos a seguinte situação: A maior **sinergia** está no caso de T_6 , que assume um valor na escala de 12.81. Já o caso de T_5 , não é interessante, considerando que o acréscimo de T_4 nem sequer conseguiu incrementar o valor individual do tratamento, neste caso igual a 1., só acrescentou 0.76;

c) Como opção individual temos T_2 , que deve ser prioridade em projetos de pesquisa com relação a T_3 . O T_4 não vale a pena ser considerado como opção; e

d) O tratamento T_3 produz um efeito de **sinergia**, quando atua conjuntamente com T_2 , e este efeito é de importância considerável. Portanto, devem-se esgotar as possibilidades de aprovar e executar os dois projetos.

3.2.7 Inclusão dos recursos econômicos: orçamentos dos projetos de pesquisa

Antes de dar a palavra final, devemos incluir os valores dos recursos necessários para a execução dos projetos de pesquisa. As conclusões seriam totalmente válidas se não existissem problemas de "recursos escassos" e, por outro lado, cada projeto de pesquisa tivesse seu "próprio orçamento". Vamos incluir em nossa análise, o valor dos orçamentos totais de cada provável projeto de pesquisa, e em seguida

comparar o valor deste total de recursos necessários a serem alocados em cada projeto de pesquisa, com os acréscimos no total do rebanho (Rebanho final + Abate acumulado), no período de simulação de 15 anos, em unidades físicas de referências, neste caso "Cabeças de gado".

Com isso, vamos visualizar para cada tratamento o "custo de cada cabeça de bovino adicional", conceituando assim, o investimento em pesquisa.

Para desenvolver esta fase, vamos considerar que os projetos de pesquisa correspondentes aos tratamentos T_2 , T_3 e T_4 , têm os seguintes orçamentos totais, durante o tempo de sua execução:

Projeto de pesquisa	Orçamento (Cr\$)
T_2	5.000.000,00
T_3	4.000.000,00
T_4	2.000.000,00

Isto significa que para aqueles tratamentos que consideram a ação conjunta de mais de um projeto de pesquisa, como são os casos de T_5 ; T_6 ; T_7 e T_8 , devemos fazer as somas dos orçamentos dos projetos de pesquisa envolvidos.

Custo unitário de cada cabeça bovina adicional em recursos alocados na pesquisa

Tratamento	Orçamento total (Cr\$)	Incremento em 15 anos (Nº de cabeças)	Custo adicional unitário (Cr\$)
T_2	5.000.000,00	1.574	3.176,62
T_3	4.000.000,00	1.023	3.910,67
T_4	2.000.000,00	331	6.042,30
T_5	11.000.000,00	4.499	2.444,99
T_6	9.000.000,00	4.246	2.119,64
T_7	7.000.000,00	1.602	4.369,54
T_8	6.000.000,00	1.810	3.314,92

Do ponto de vista do melhor aproveitamento dos "recursos escassos" da sociedade, sem dúvida que a opção T_6 (que inclui simultaneamente os projetos de pesquisa para "diminuir a mortalidade de machos e fêmeas de 0 - 1 ano de idade, de 15% para 7%," e "melhorar a taxa de concepção das fêmeas de segunda cria, de 26% para 60%"), é aquela que **maximiza o retorno social dos investimentos na pesquisa agropecuária**.

O menor custo, pelo conceito de recursos alocados na pesquisa para cada cabeça de bovino adicional, é obtido com a opção T_6 , com um custo de Cr\$ 2.119,64 / cabeça adicional, em 15 anos.

Também confirma-se nossa colocação anterior, no sentido de que não convém à sociedade investir recursos no tratamento T_4 ; já que no caso de T_5 (que inclui $T_2 + T_3 + T_4$) mostra um custo de pesquisa, por cada cabeça bovina adicional, maior que no caso da opção T_6 , especificamente 15,35 % a mais.

Apresentamos uma tabela em ordem crescente de custo de pesquisa, por cada cabeça bovina adicional, e os percentuais de aumento do custo de cada opção com relação ao menor custo, neste caso T_6 .

Tratamento	Custo unitário para cada cabeça adicional (Cr\$)	Aumento com relação a T_6 (%)
T_6	2.119,64	-
T_5	2.444,99	15,35
T_2	3.176,62	49,87
T_8	3.314,92	56,39
T_3	3.910,07	84,47
T_7	4.369,54	106,14
T_4	6.042,30	185,06

Atingimos - no caso de T_4 - quase 200% de aumento com relação ao valor de T_6 (que é o valor mínimo), ou seja, três vezes mais cara do que uma cabeça de bovino adicional obtida pela sociedade, escolhendo a opção T_4 (do ponto de vista dos recursos alocados na pesquisa). Está claro que não existe aquela prioridade para o T_2 , que tínhamos observado antes de incluir o custo dos recursos em nossa análise.

Portanto, considerando as propostas de projetos de pesquisa; seus respectivos orçamentos totais; os prováveis resultados esperados para cada um deles (se forem executados e adotados pelos produtores rurais); nosso MMDS para a dinâmica da população de rebanho bovino e tendo escolhido como função-objetivo a “taxa de produção do rebanho”, podemos decidir onde iremos aplicar os recursos alocados pela sociedade para a pesquisa agropecuária, e iniciar simultaneamente os projetos identificados com o tratamento T_6 .

E atenção, precisamos que ambas as tecnologias estejam prontas e sejam adotadas para que, em virtude da “sinergia” que ocorre quando são melhoradas simultaneamente essas taxas, consigamos o “menor custo por cabeça bovina adicional”, levando em conta o conceito de recursos alocados na pesquisa.

4. UMA ALTERNATIVA

Agora vamos apresentar uma metodologia diferente, porém usando MMDS. Esta alternativa pode atender melhor os anseios de uma determinada unidade de pesquisa, por estar mais de acordo com as suas próprias necessidades.

Esta variante ou opção diferente está baseada também numa posição diferente com relação a “programação da pesquisa.”

Na metodologia anteriormente apresentada, a seqüência de operação era a seguinte:

- 1) Existência de um conjunto de propostas de projetos de pesquisa para serem avaliados;
- 2) Formulação de MMDS, especialmente para as necessidades da unidade e para a realidade agropecuária da região em questão;
- 3) Formulação de critérios;
- 4) Escolha da função-objetivo;
- 5) Execução da experimentação abstrata; e
- 6) Análise dos resultados e identificação das prioridades.

No caso desta alternativa, a ordem seqüencial mostra uma “pequena grande mudança”.

- 1) Formulação dos MMDS, ad-hoc;
- 2) Formulação dos critérios;
- 3) Escolha da função-objetivo;

- 4) Execução da experimentação abstrata;
- 5) Identificação das prioridades; e
- 6) Identificação dos assuntos que **devem ser motivo de projetos de pesquisa** para informar aos pesquisadores.

Como podemos observar, a “pequena grande mudança” está unicamente na oportunidade da aparição das propostas de projetos de pesquisa. Na metodologia anterior, as propostas de projetos estão em primeiro lugar, os projetos já existem como propostas a serem avaliadas, o que é o comportamento normal para o tipo de funcionamento atual das instituições de pesquisa.

Na segunda opção, as propostas de projetos de pesquisa só aparecem no final e com uma clara diferença no que se refere a sua gênese: o sistema diz aos pesquisadores quais os assuntos que devem ser motivos de projetos de pesquisa. Na primeira opção são os próprios pesquisadores que escolhem o quê pesquisar.

Na opção alternativa, os assuntos que devem ser motivos de pesquisa são identificados num processo natural, decorrente da interação entre os critérios, a Função-objetivo e a teia de relações biológicas que os MMDS contém.

Falamos de “pequena grande mudança” porque, embora do ponto de vista sequencial seja só uma mudança na ordem de uma fase, do ponto de vista das posições e interpretações com relação ao processo de programação da pesquisa, é uma mudança de 180 graus.

Obviamente, esta segunda opção é mais racional do ponto de vista dos interesses da sociedade que financia os projetos de pesquisa, e, sem dúvida, os recursos destinados à pesquisa agropecuária podem ter um outro uso alternativo, diferente de sua alocação em pesquisa agropecuária.

Como nesta opção não existem inicialmente as propostas de projetos de pesquisa agropecuária para serem avaliados, o roteiro de operações deverá ter algumas pequenas diferenças, que agora vamos apresentar.

As fases 1, 2 e 3 são exatamente as mesmas que no caso anterior. As mudanças começam na fase 4, “Experimentação abstrata”. Como agora não temos os projetos de pesquisa para montar, os diferentes tratamentos da experimentação abstrata, nosso caminho deverá ser diferente.

Na metodologia anterior, os pesquisadores escolhiam o que pesquisar e o método fazia a avaliação, identificando prioridades. Nesta segunda opção, o mecanismo indica aos pesquisadores o que tem prioridade para ser pesquisado. Nesta fase é que o pesquisador vai demonstrar o conhecimento, a experiência e a sua criatividade para resolver o problema.

Com a primeira metodologia corre-se o risco de que algumas das propostas de projetos de pesquisa, formuladas por iniciativa dos pesquisadores, sejam identificadas como "assunto sem nenhuma prioridade..." e que não justifiquem alocação de recursos nessas atividades.

Com esta segunda opção, esse risco desaparece. O pesquisador é informado dos assuntos que são realmente prioridades para o processo produtivo agropecuário, dentro de sua área de atuação.

Sem dúvida, devem existir pesquisadores que poderão discordar desta segunda opção, apresentando certas razões, como por exemplo: que tira a possibilidade do pesquisador de usar sua criatividade para escolher os assuntos que devem ser motivo de projetos de pesquisa. Nós acreditamos que isso não é realmente válido. Existem muitos outros espaços para que o pesquisador exercite sua individualidade, espaços que exigem que o pesquisador seja criativo, e que ainda estão presentes.

Os seguintes passos deverão ser seguidos nesta alternativa:

1) Identificação dos eventos-problemas a serem avaliados - com o conjunto dos diferentes MMDS, especialmente preparados para as necessidades da Unidade e a realidade produtiva da região em questão, devemos fazer uma análise calma e minuciosa, com a finalidade de identificar todos aqueles eventos-problemas existentes na realidade atual do processo produtivo agropecuário local, regional ou nacional. Os eventos-problemas assumem valores que, segundo a avaliação da "Equipe transdisciplinar", poderiam ser objeto de melhorias e, pelo conhecimento da forma como funciona o processo produtivo real, também poderiam possibilitar a previsão do tipo de influência que eles possuem com relação às mudanças a serem obtidas na função-objeto.

Esta operação dará como resultado uma primeira lista de eventos-problemas a serem estudados e avaliados;

2) Escolha das grandezas gradativas a serem aplicadas aos valo-

res dos eventos-problemas, no estudo do comportamento das mudanças na função-objetivo - como cada um desses eventos-problemas podem ser objeto de diferentes graus quantitativos de melhoria é necessário escolher uma escala graduada para estudar as mudanças na função-objetivo como decorrência de diferentes mudanças nos valores que pode assumir o evento-problema.

Exemplo: sabemos que a diminuição da taxa de mortalidade nos bezerros machos e fêmeas, de 0-1 ano de idade, vai produzir algum tipo de aumento na Taxa de Produção do Rebanho.

Precisamos saber quanto seria a influência na Taxa de Produção do Rebanho, se conseguíssemos diminuir essa taxa de mortalidade em um ponto percentual, ou em dois, ou em três. E o que acontece se a diminuição é de 1/2 ponto percentual?

Qual é a curva de resposta das mudanças, na função-objetivo, para diferentes diminuições dessa taxa de mortalidade?

Será adequado construir a curva de respostas de um em um? ou de dois em dois?... ou de meio em meio?

Portanto, para cada um dos eventos-problemas já listados, precisamos estabelecer uma escala de grandezas gradativas para construir e estudar as curvas de resposta das mudanças na função-objetivo. Obviamente, cada evento-problema deverá ter suas próprias unidades de medida.

Também precisamos estabelecer um valor máximo e outro mínimo, que serão os valores extremos no caso de cada curva de resposta;

3) Experimentação abstrata, primeira fase - os valores extremos da curva de resposta de cada evento-problema, com relação ao valor real que hoje ele assume no processo produtivo, nos mostram um espaço ou percurso que, dividido pelo valor do "intervalo escolhido" (unidades de grandezas gradativas), determinará automaticamente o número de pontos a serem estudados na curva de resposta.

Cada um destes "pontos de estudo da curva de resposta", vai constituir "um experimento abstrato individual" (simulação), usando para isso os MMDS.

Isto deverá ser feito para cada um dos diferentes eventos-problemas da nossa listagem.

Esta primeira fase da experimentação abstrata deverá ser feita só

com a alteração dos valores de cada evento-problema, segundo a escala de grandezas gradativas estabelecidas, e considerando os valores dos restantes eventos-problemas, exatamente como eles são na realidade.

Cada evento-problema da lista, multiplicado pelo número de pontos a serem estudados na curva de resposta das mudanças na função-objetivo, dará, sem dúvida, um número relativamente grande de experimentos abstratos. Porém, devemos ter presente que cada experimento abstrato consome um tempo de computador relativamente pequeno; e

4) Estudo das curvas de respostas - cada curva de resposta deverá ser representada graficamente para que possamos perceber visualmente seu comportamento e determinar suas características. Isso nos permite conhecer os trechos da curva em que se produzem maiores ou menores acelerações das mudanças na função-objetivo, para cada intervalo de variação dos valores assumidos pelo evento-problema (uma análise da velocidade de variação). Esta compreensão é de vital importância para começarmos a entender o significado estratégico das possíveis mudanças nos valores que assumem os eventos-problemas.

5. CONCLUSÕES

As metodologias ora propostas, por um lado apresentam vantagens de grande utilidade para as Instituições de Pesquisa Agropecuária. Porém, por outro lado, explicitam a necessidade de tomar algumas precauções indispensáveis para efeito de uma correta aplicação. Por isso, apresentamos em forma separada o que nós achamos que são vantagens e as precauções que consideramos necessárias.

5.1 Vantagens

a) Serve para identificar prioridades na Pesquisa Agropecuária, as quais já estão determinadas pela escolha dos critérios a serem aplicados às propostas de projetos de pesquisa;

b) É de utilidade para implementar uma coordenação da programação da pesquisa entre diferentes unidades de uma mesma instituição e/ou entre instituições;

c) Permite a formulação de metas de médio e longo prazo, como estágios de eficiência futura do processo produtivo agropecuário;

d) Permite a melhoria do Planejamento a médio e longo prazo das instituições de pesquisa;

e) Permite a possibilidade de pleitear recursos financeiros para a Pesquisa Agropecuária em bases mais objetivas, indicar o que será feito, e os possíveis resultados esperados;

f) Visualiza os efeitos de "sinergia", decorrentes do uso de duas ou mais inovações tecnológicas simultaneamente;

g) Dá uma idéia quantificada do possível custo para sociedade de cada "unidade física de referência adicional", a ser obtida no futuro, como decorrência das ações da pesquisa agropecuária; e

h) Pelo fato de mostrar em forma quantitativa e financeira as contribuições à melhoria do processo produtivo agropecuário, de cada proposta de projeto de pesquisa, obviamente, para aqueles projetos nos quais a contribuição assume valores importantes, constitui uma nova e forte motivação para a correta execução do projeto de pesquisa por parte dos pesquisadores responsáveis.

5.2 Precauções

a) A viabilidade no uso dos procedimentos ora apresentados requer, como medida prévia, o cuidadoso treinamento dos pesquisadores da Unidade e/ou Instituição de Pesquisa, nos fundamentos teóricos e nas técnicas práticas de formulação e uso de modelos matemáticos de simulação para fenômenos biológicos;

b) Os MMDS deverão ser formulados especialmente para as necessidades de cada Unidade de Pesquisa, e para a realidade do processo produtivo agropecuário, onde deverão ser adotadas as novas tecnologias;

c) Necessariamente, deverá viabilizar-se a operacionalização de "equipes transdisciplinares" de pesquisadores; e

d) As propostas de projetos de pesquisa deverão, obrigatoriamente, obedecer ao rigor do método científico, além de discriminarem quantitativamente os resultados esperados.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFFIN, O.A.D.; SANTOS, N.A. dos; BARCELLOS, J.M.M. **Modelos matemáticos de simulação e a dinâmica populacional de rebanho bovino.** s.n.t.
- BLUMENSCHIN, A. **Princípios de pesquisa no sistema EMBRAPA.** Brasília: EMBRAPA, 1978. 48p.
- CHARLES-EDWARDS, D.; DOLEY, D.; RIMMINGTON, G.M. **Modeling plant growth and development.** Sydney: Academic Press, 1986. 235p.
- FRANCE, J.; THORNLEY J.H.M. **Mathematical models in agriculture.** Londres: Butterworths, 1984. 335p.
- GASTAL, E. El proceso de cambio tecnológico en la agricultura. In: INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACIÓN PARA LA AGRICULTURA. Programa Cooperativo de Investigación Agrícola del Cono Sur. **Transferencia de Tecnología agropecuaria: enfoques de hoy y perspectivas para el futuro.** Montevideo: IICA/BID/PROCISUR, 1989. p.3-12.
- JONES, J.G.W. Guest editorial. **Agricultural systems**, Essex. v.4, n.3, p.159-160, jul. 1979.
- RESENDE, I. Editorial. **Correio Brasiliense.** Brasília. 1986.
- TINBERGEN, J. **Por uma terra habitável.** São Paulo: Melhoramentos/Ed. da Universidade de São Paulo, 1977. 206p.