

ANÁLISE ECONÔMICA DE EXPERIMENTOS AGROPECUÁRIOS:
ABORDAGEM HISTÓRICA, PROBLEMAS E SUGESTÕES

ANTONIO CARLOS PAULA NEVES DA ROCHA

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Evaristo Marzabal Neves

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Economia Agrária.

P I R A C I C A B A

Estado de São Paulo - Brasil

maio - 1988

R672a Rocha, Antonio Carlos Paula Neves da
Análise econômica de experimentos
agropecuários: abordagem histórica, pro-
blemas e sugestões. Piracicaba, 1988.
123p.

Diss. (Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Agropecuária - Análise econômica
2. Agropecuária - Experimento I. Escola
Superior de Agricultura Luiz de Queiroz,
Piracicaba.

CDD 338.1

À memória de meu pai,

José Dugan

À minha mãe, Tereza

e aos meus irmãos

À minha esposa, Sandra,

minhas filhas Nádia e

e Rachel e minha sogra,

Sra Clotilde Anchieta

Dedico

AGRADECIMENTOS

Ao término deste trabalho, tenho a certeza de que jamais o teria realizado não fosse o apoio e a contribuição de inúmeras pessoas e instituições.

Por esta razão externo a minha gratidão:

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, que me permitiu realizar o treinamento de pós-graduação.

À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" que me possibilitou a realização do curso de pós-graduação em Economia Agrária.

Ao Prof. Dr. Evaristo Marzabal Neves, orientador deste trabalho, pelo saber profissional, pela colaboração com suas críticas e sugestões, pelo incentivo e liberdade que proporcionou em todas as fases de elaboração deste trabalho.

Aos Drs. Roberto Robson Lopes Vilar e Armando Kouzo Kato, respectivamente, chefe e subchefe da Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Belém - UEPAE/Belém, pelo irrestrito apoio e compreensão recebidos durante este curso.

Aos Professores Drs. Pedro Valentim Marques, Décio Barbin, Geraldo Sant'Ana de C. Barros e Celso R. Crócomo, pelas correções, comentários e sugestões.

Aos professores e funcionários do Departamento de Economia e Sociologia Rural, que direta e indiretamente colaboraram com este trabalho.

A todos os colegas de curso, especialmente ao Sergio Augusto Galvão Cezar e Tatsuo Nishimoto pelo estímulo e apoio recebidos por ocasião da realização das disciplinas.

Ao Dr. Dilson Augusto Capucho Frazão pelo incentivo e amizade recebida na fase inicial deste curso.

Aos colegas de curso Paulo Roberto Garcia, Maria Xênia Isabel Corvalan Latapia e Lidia Pacheco Yokoyama pela colaboração e amizade na fase final deste curso.

À bibliotecária Maria Angélica Amador Fanaro, pela solicitude e presteza durante a realização deste trabalho.

À Sra Marcia Maria Beltrame Correia pelos relevantes serviços datilográficos, empregados com grande dedicação.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. O Problema e Sua Importância	1
1.2. Objetivos	3
1.3. Hipóteses	4
1.4. Estrutura do Trabalho	4
2. REVISÃO DE LITERATURA	6
2.1. Modelos da Teoria de Decisão	8
2.1.1. Estático determinístico	8
2.1.2. Modelos dinâmicos e estocásticos	48
2.2. Modelos de Simulação	60
3. PROBLEMAS E LIMITAÇÕES	64
3.1. Ordem Metodológica	64
3.1.1. As funções de produção	64
3.1.2. Delineamentos experimentais	67
3.1.3. Especificação de preços	69
3.1.4. Repetições de experimentos em diversos locais por diversos anos	72
3.1.5. Experimentos deveriam considerar riscos e incertezas	74
3.2. Ordem Institucional	76

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	88
LITERATURA CITADA	103

ANÁLISE ECONÔMICA DE EXPERIMENTOS AGROPECUÁRIOS:
ABORDAGEM HISTÓRICA, PROBLEMAS E SUGESTÕES

Autor: Antonio Carlos Paula Neves da Rocha

Orientador: Prof. Dr. Evaristo M. Neves

RESUMO:

As Instituições de Pesquisa Agropecuária no Brasil têm envidado esforços em busca da elevação da produtividade dos fatores de produção e diminuição de seus respectivos custos, via pesquisas que desenvolvam novas tecnologias para elevar a renda do setor rural.

Este estudo foi realizado com o objetivo de apresentar uma retrospectiva da aplicação de métodos e modelos empregados na mensuração da economicidade no uso de insumos modernos nos centros de pesquisa e experimentação agropecuária. Tenta identificar também os principais problemas encontrados pelos economistas rurais trabalhando nestes centros. Para tanto, realizou-se uma revisão de literatura para detectar os diversos problemas que impedem uma melhor contribuição da área econômica na análise de experimentos. Os problemas foram identificados como de duas ordens: institucionais e metodológicos.

As principais conclusões deste trabalho são:

a) Inclusão no treinamento formal e/ou infor-

mal do pesquisador da área de estatística em disciplinas como econometria e programação matemática com o objetivo de melhor entender os problemas econômicos e da necessidade de desenvolver delineamentos experimentais que permitam análises econômicas efetivas.

b) Fortalecimento de pesquisas multidisciplinares nos Centros de Pesquisa.

c) Intensificação do treinamento do economista rural nas áreas de Estatística Experimental, Programação Matemática, Administração Rural e Simulação.

d) Engajamento de técnicos da área de assistência técnica e extensão rural e dos produtores num modelo participativo nas unidades de pesquisa.

ECONOMIC RESEARCH OF AGROPECUARY EXPERIMENTS
HISTORIC REVIEW, PROBLEMS AND SUGGESTIONS

Author: Antonio Carlos Paula Neves da Rocha

Adviser: Prof. Dr. Evaristo M. Neves

ABSTRACT

Brazilian Agriculture Research Institutions have made efforts trying to improve agriculture productivity and to decrease agriculture production costs. This have been done through researches which develop new technologies objecting the improvement of the rural sector income.

The objective of this research was to show what has been already done at Brazilian Agriculture Research Centers in terms of methods and models utilized in the evaluation of the economics of using modern inputs in agriculture and also which have been the most important problems which foreclose a more fundamental contribution to the research work by the agricultural economists working at these Centers. A review of the papers published in Brazil during the last years was done and the most important problems were of two kinds; institutional and methodological.

The most important conclusions from this dissertation were:

a) That researches in the statistical area

should receive some training in fields like econometrics and mathematical programming, so they would be able to understand the needs of agricultural economists and the need for more specific designs which allow economic analysis of better quality.

b) To strength the multidisciplinary at the Research Centers.

c) To give more strength to the training of graduate agricultural economists fields like Experimental Statistic, Mathematical Programming, Farm Management and Simulation.

d) To stress the participation of farmers and extension agents in establishing research priorities and research programs.

1. INTRODUÇÃO

1.1. O Problema e Sua Importância

Diversas atribuições têm sido dadas à agricultura brasileira. Entre elas, destacam-se a de fornecer alimentos na forma de um abastecimento estável a preços acessíveis para o mercado interno e ainda, gerar excedentes exportáveis com a finalidade de aliviar a balança de pagamentos e financiar as crescentes importações necessárias para o desenvolvimento econômico do País (NEVES, 1977; BARROS, 1981).

Para atender a essas atribuições, os esforços de instituições de pesquisa têm se dirigido à busca de elevação da produtividade dos fatores de produção, através de estudos que desenvolvem novas tecnologias para o setor agrícola e ampliem mercados para produtos agropecuários.

Uma indagação que tem sido colocada é sobre o alcance dos resultados dessas novas tecnologias, uma vez que uma tarefa importante das estações experimentais é a geração de pesquisas cujos resultados venham ao encontro das necessidades do produtor rural. As inovações que têm seu alicerce nos experimentos agronômicos perdem, parcialmente, sua fina-

lidade se não forem adotadas na unidade de produção. Neste aspecto, as análises econômicas não podem ser ignoradas, pois a viabilidade econômica de uma prática, de uma exploração ou de um sistema de produção é de grande importância para o produtor.

Um agricultor individualmente não possui os conhecimentos, nem os meios necessários, para estabelecer por sua conta uma estação experimental, que reúna todo tipo de informação e se dedique aos estudos que permitam melhorar seus sistemas de produção e a eficiência de sua propriedade. Toda informação, o conhecimento técnico-econômico que o auxilie a adotar novas técnicas são, prioritariamente, proporcionados pelo Estado através de suas instituições de pesquisa (NEVES, 1985, p. 207).

Considerando que o desenvolvimento tecnológico na agricultura pode propiciar aumentos na produtividade dos fatores de produção e que os retornos deste desenvolvimento podem ser oferecidos pela aplicação dos resultados das pesquisas na unidade produtiva, o que se verifica no Brasil é que essa opção de política agrícola deve receber novas dimensões e novos conhecimentos para realmente dar uma ótima contribuição para o desenvolvimento agrícola do País.

Observa-se que a contribuição das instituições de pesquisa oficiais, nas diversas áreas de atuação (biologia, economia etc), tem sido bastante discutida em razão da inexistência de integração entre elas.

Com o intuito de identificar alguns dos problemas que refletem a fraca participação da área econômica a análise de experimentos agropecuários pretende-se realizar um balanço das pesquisas (métodos, estudos, dissertações, teses, etc) desenvolvidas nas principais instituições de pesquisas no Brasil e suas contribuições seja em termos metodológicos ou em termos de aplicação dos resultados alcançados.

1.2. Objetivos

Este trabalho tem como objetivo geral fazer um estudo retrospectivo da aplicação de métodos e modelos utilizados na mensuração da economicidade no uso de insumos modernos nos centros de pesquisa e experimentação agropecuária e verificar entraves de sua evolução e contribuição ao desenvolvimento desses estudos econômicos.

Especificamente, têm-se os objetivos de:

a) Descrever, num enfoque histórico, os métodos analíticos utilizados nos estudos econômicos na área de experimentação;

b) Detectar institucionalmente os principais problemas que impedem uma maior contribuição das Unidades de Pesquisa nos estudos sobre economicidade no uso e serviços dos fatores de produção.

1.3. Hipóteses

a) O reduzido número de pesquisadores na área de Economia Agrária vêm resultando numa fraca contribuição dos Economistas Agrícolas em trabalhos experimentais.

b) De natureza metodológica - pesquisadores biológicos continuam adotando métodos de trabalho mais adequados para a análise qualitativa dos fatores, não considerando os instrumentos de análise que possibilitem a determinação de curvas de resposta, através de funções de produção.

Esta forma de trabalho não tem permitido um uso mais intensivo de métodos aderentes à realidade do campo que reflitam uma visão mais ampla do(s) sistema(s) de produção.

1.4. Estrutura do Trabalho

Buscando atender os objetivos e hipóteses formulados, este trabalho é dividido em três seções. A primeira, faz uma revisão de literatura historiando cronologicamente, o que foi efetuado e aplicado em termos de métodos na análise econômica de experimentos no Brasil. A segunda, procura detectar, metodologicamente e/ou institucionalmente, os principais problemas e limitações ao desenvolvimento e uma maior contribuição da análise econômica de experimentos. Fi

nalmente, com base nestas duas seções, serão apresentados al
guns subsídios e sugestões aos Centros de Pesquisas e
Estações Experimentais no que concerne à análise econômica.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Quando se pretende analisar o que já foi feito no Brasil, na área de análise econômica de resultados experimentais, surge como grande preocupação o reduzido número de trabalhos realizados (NEVES, 1977). Entretanto, NORONHA (1984, p. 23) enfoca que "apesar das dificuldades técnicas e administrativas próprias deste tipo de pesquisa, o número de estudos neste campo vem crescendo rapidamente".

Diversos pesquisadores têm realçado o fato de que instituições de pesquisas agronômicas têm se dedicado, há muito tempo, à investigação científica agrícola através da experimentação, caso do Instituto Agronômico de Campinas (IAC) que já nos primeiros anos deste século, esboçava os primeiros trabalhos. No entanto, somente a partir da década de sessenta, a atenção de alguns pesquisadores volta-se para a realização de análises econômicas de resultados experimentais.

Pode-se dizer que foi com a instalação de centros de pós-graduação em economia rural, destacando-se inicialmente a Universidade Federal de Viçosa (UFV), a partir da implantação de curso de mestrado (1961), que tomam impul-

so os estudos de superfícies de resposta, realizados por economistas rurais. Anteriormente a essa instalação dos cursos de pós-graduação em economia rural, tem-se conhecimento de alguns trabalhos preocupados com análise econômica, desenvolvidos mais por matemáticos e estatísticos da área agrícola, utilizando principalmente a função de Mitscherlich (GOMES, 1954 e 1957).

Com a criação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), em 1973, esperava-se um avanço na área econômica com a geração de informações e novas contribuições na área agroeconômica de experimentos. Este avanço se tornaria possível face à sua política de investimentos em recursos humanos, com o objetivo de dotar as Unidades de Pesquisa nas áreas biológica, estatística e econômica na agricultura, com técnicos treinados no Brasil e no exterior.

Passados vinte e cinco anos ou mais, desde a instalação do primeiro centro de pós-graduação em Viçosa, pergunta-se: o que foi efetuado em termos de análise econômica de experimentos? Correspondeu aos investimentos realizados no treinamento e capacitação de recursos humanos para esta área ou sua contribuição ainda deixa a desejar?

Caminha-se por parte para responder a essas indagações, apoiando-se inicialmente numa revisão retrospectiva dos métodos empregados. Nesta seção preocupa-se primordialmente com os modelos utilizados na área de fertilizantes, populações de plantas e animais, por serem os mais explorados até recentemente.

Para essa revisão busca-se a seqüência cronológica de métodos empregados em Economia da Produção, proposta por THROSBY (1973), que apresenta os seguintes grupos:

A - Modelos da Teoria da Decisão e Programação Matemática: a) Estático Determinístico; b) Estocásticos; c) Dinâmicos; d) Dinâmico Estocásticos.

B - Modelos de Simulação.

Na revisão da literatura, devido ao número reduzido de estudos e pesquisas desenvolvidos para os itens b, c e d, agrupa-se em modelos dinâmicos e estocásticos.

2.1. Modelos da Teoria da Decisão

2.1.1. Estático determinístico

Esses modelos se apoiam primeiramente nas funções de produção. Os primeiros trabalhos no Brasil, para análise agroeconômica de experimentos agrícolas usando funções de produção, datam do fim da década de 40. NEVES (1977, p. 7) lembra que "as funções de produção representam tecnologia e como tal, as primeiras iniciativas dos cientistas agrícolas foram expressar as leis de produção numa forma matemática". Surgem aplicações de funções como as de Mitscherlich e Spillman, sendo porém, que as pesquisas que deram origem a estes trabalhos estavam voltadas à área biológica e não à econômica.

a) Função de Mitscherlich

É compreensível que o conhecimento e o desenvolvimento dessas funções pelos pesquisadores brasileiros, mais ligados à biometria, levassem as primeiras tentativas e aplicações na área econômica a serem feitas por pesquisadores que não eram especialistas dessa área. São desse período, os estudos desenvolvidos por GOMES e colaboradores nas décadas de 50 e 60 (ver referências bibliográficas) e nas seguintes por pesquisadores do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) como MASCARENHAS *et alii* (1971), TELLA *et alii* (1971), FUZATTO *et alii* (1971), SILVA *et alii* (1971), MELO (1976).

Recentemente CAVALCANTE & GOMES (1979), ORLANDO FILHO *et alii* (1980) e SILVA (1980), entre outros, aplicaram também o método de Mitscherlich.

Para MALAVOLTA (1969, p. 336) o método de Mitscherlich " foi concebido com a dupla finalidade de revelar sem o auxílio da análise química, a quantidade de elementos fertilizantes que o solo possui e de indicar a adubação necessária para a máxima colheita econômica".

Segundo SCHUH & TOLLINI (1972, p.38) " a concepção de Mitscherlich postula substituição entre os nutrientes, portanto, caracteriza um problema de escolha. Além do mais, a taxa de substituição é uma função do nível do rendimento de modo que se torna importante o conhecimento de toda a função de produção, sendo as respostas e doses sucessivas de fertilizantes cada vez menores". Há assim, uma forte aproximação do mundo real,

além de permitir a determinação da quantidade ótima de fertilizantes a usar.

Assiste-se assim, nas décadas de 50 e 60, a uma preocupação ímpar dos pesquisadores de dar à equação Mitscherlich uma maior aplicação às análises experimentais.

Os estudos então efetuados vão contribuir efetivamente para o uso e desenvolvimento metodológico da equação. Assim, GOMES & MALAVOLTA (1949) vão indicar a marcha a seguir para a utilização da equação de Mitscherlich a dados experimentais pelo método dos quadrados mínimos. Infelizmente, porém, a marcha a ser seguida é bastante trabalhosa. GOMES & NOGUEIRA (1951), tentando atenuar esse problema, apresentam uma série de seis tabelas de funções que permitem uma utilização rápida e precisa.

GOMES (1954) verificou que a estimação do efeito residual de fertilizantes era um problema importante, mas que vinha recebendo pouca atenção dos pesquisadores. Chega a conclusão que o cálculo da dose de adubos mais econômica só poderia ser bem fundamentada se levasse em conta o efeito residual do adubo e que a lei de Mitscherlich permitia esta análise quando aplicada a experimentos convenientes. O mesmo autor (1957 e 1958) aplica a lei de Mitscherlich a experimentos de adubação de cana-de-açúcar com vinhaça e discute pela primeira vez na literatura a aplicação em dois experimentos, um em São Paulo e outro em Pernambuco.

GOMES & CAMPOS (1967) fizeram um estudo sobre os principais grupos de ensaios de adubação de milho no Brasil. O estudo das doses econômicas dos nutrientes foi feito pela equação de Mitscherlich confrontando os resultados obtidos com os procedimentos de uma regressão polinomial de segundo grau. A escolha recaiu no método de Mitscherlich pois entre outras causas, verificaram que a regressão polinomial é de aplicação mais trabalhosa e mais restrita, não permitindo extrapolação e nos casos onde foi aplicada, conduziu a resultados análogos aos dos métodos de Mitscherlich.

ZAGATTO & GOMES (1967) discutem as diversas equações propostas para dados experimentais e verificam que na prática, as curvas mais usadas são as de Mitscherlich e o trinômio de segundo grau. A primeira exige, para aplicação conveniente, experimentos de grande precisão ou, melhor ainda, grupos de experimentos numerosos. O trinômio de segundo grau é aplicado, mas a falta de constância, pelo menos relativa de qualquer de seus coeficientes prejudica seu uso, bem como a absoluta contra-indicação de extrapolação por seu intermédio.

Pesquisadores do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) passaram a utilizar a função de Mitscherlich em algumas pesquisas. Considerando-se porém o número de experimentos instalados anualmente pelo IAC, verifica-se que a aplicação dessa equação é reduzidíssima. Citam-se a seguir os estudos realizados.

ARRUDA (1969) comparou os métodos de Mitscherlich e do trinômio do segundo grau para vários grupos de experimentos de adubação mineral de cana-de-açúcar (três níveis). Os resultados obtidos para os dois métodos foram concordantes. Este mesmo autor em 1973, estendendo esse trabalho para o caso de quatro e cinco níveis igualmente espaçados, e comparando os métodos, verificou novamente uma boa concordância nos valores das doses econômicas obtidas pelos métodos do trinômio e da regressão de Mitscherlich.

MASCARENHAS *et alii* (1971) estudaram o efeito da aplicação de doses crescentes de fósforo e potássio sobre a produção de grãos de soja da variedade Pelicano na região da Alta Mogiana. A avaliação dos efeitos resultantes da aplicação de doses mais econômicas de Fósforo mostrou retornos do capital investido em fertilizantes da ordem de 145% e 205% enquanto que no caso do Potássio a menor dose aplicada foi suficiente para aumentar a produção.

IGUE *et alii* (1971) compararam os métodos de Mitscherlich e do trinômio do segundo grau na determinação de doses mais econômicas de fertilizantes na adubação do feijoeiro. No cálculo das doses mais econômicas de adubos, foram consideradas dez relações de preços de quilogramas de feijão por quilograma de nutriente, empregando-se, pelo método de Mitscherlich, um único coeficiente de eficácia para os oito grupos de experimentos. Nem sempre houve concordância dos resultados das doses econômicas calculadas por esse método e pelo do trinômio.

Por esse motivo, as doses mais econômicas de adubos foram novamente calculadas pelo método de Mitscherlich, empregando-se, desta vez, coeficientes de eficácia calculados para cada grupo, individualmente. As estimativas das doses mais econômicas, assim determinadas, foram perfeitamente concordantes, em todos os grupos, com aquelas encontradas pelo método do trinômio do segundo grau.

FUZATTO *et alii* (1971) através da equação de Mitscherlich realizaram um estudo econômico da adubação mineral do algodoeiro para 172 experimentos no Estado de São Paulo nos anos agrícolas 1957/58 e 1959/60. Os resultados demonstraram que a aplicação da dose recomendável de fertilizantes, mesmo nas situações em que pequenos efeitos são esperados, constitui prática economicamente vantajosa, na cultura algodoeira do Estado de São Paulo. No caso do fósforo, a estimativa dos efeitos provocados pela aplicação da dose mais econômica de nutriente previu retornos, pelo capital investido em fertilizantes, que variaram de 19% a 317%, conforme a situação apresentada. A adubação potássica, embora tenha provocado menores aumentos na produção, mostrou-se a que maiores retornos pode provocar, isto é, de 47% até 960% do gasto em fertilizantes. Para o nitrogênio, embora não tenham sido calculados devido à forma essencialmente linear das respostas, são esperados lucros de grandeza semelhante aos apontados para os outros nutrientes.

SILVA (1971) utilizou também equação de Mitscherlich e efetuou um estudo técnico-econômico de experimentos de adubação em algodoeiro em solos arenosos e Latosol roxo. O estudo de economicidade para o potássio conduziu a estimativas altas para as doses mais econômicas, nos grupos K_1 e K_3 , bem acima das quantidades usualmente indicadas para a lavoura algodoeira do Estado de São Paulo. No caso do nitrogênio, estimaram-se valores de doses mais econômicas, nos grupos K_2 e K_3 , que também superaram as comumente adotadas. Os retornos do capital investido na aplicação da dose mais lucrativa de adubo foram maiores para o potássio do que para o nitrogênio, e maiores nos ensaios de Latosol roxo do que nos ensaios arenosos, para qualquer dos nutrientes estudados.

Alguns avanços metodológicos surgem no tempo discutindo a variância bem como os intervalos de confiança para a dose econômica quando se usa o coeficiente de eficácia da literatura, tomado como constante, enquanto são deduzidas novas fórmulas quando não se toma como constante o valor do coeficiente de eficácia. Nesta linha, destacam-se os trabalhos de VIEIRA (1970), de VIEIRA & CAMPOS (1970) e de VIEIRA *et alii* (1971).

Admite D'AULISIO (1973) em algumas análises que é preferível usar o coeficiente de eficácia da literatura se conhecido com boa precisão, pois conduz a resultados mais seguros.

Para D'AULISIO (1973) as preocupações de caráter estatístico reveladas por diversos pesquisadores modernos se prende ao fato de que os trabalhos antigos relativos à lei de Mitscherlich se desenvolveram sem um tratamento estatístico adequado, pois foram quase todos anteriores ao avanço da estatística no século XX. Os trabalhos clássicos não discutem os problemas estatísticos relativos ao uso da lei de Mitscherlich.

O estudo estatístico desses problemas realmente só se de forma mais profunda com os trabalhos de GOMES & MALAVOLTA (1949), STEVENS (1951) e GOMES (1951 e 1954) graças aos progressos mais recentes da estatística.

MELO (1976) cita que dentre as várias funções de produção a equação de Mitscherlich é a de mais longa utilização no campo da adubação. Entretanto ela vem sendo utilizada em sua forma mais simples para apenas um nutriente, devido à dificuldade em se obter estimativas dos parâmetros em equações não lineares. O autor utiliza o método modificado de GAUSS-NEWTON para ajustar funções de regressão não lineares pelo método dos quadrados mínimos e conclui ser viável a aplicação do método para estimar os parâmetros da equação de Mitscherlich.

Ainda GOMES (1985) verifica que a análise de variância pode ser utilizada com vantagens no estudo das experiências de adubação com o auxílio da lei de Mitscherlich.

Ela nos permite avaliar a precisão da concordância entre os valores esperados e os observados e verificar se há ou não vantagem e conveniência na aplicação daquela lei. Uma vez obtida uma concordância razoável, pode-se tirar conclusões bem fundadas sobre a adubação economicamente mais aconselhável. Ao contrário, a aplicação indiscriminada da lei de Mitscherlich como de qualquer processo interpolativo sem os cuidados necessários, é suspeita.

A equação de Mitscherlich tem encontrado nos pesquisadores dos Centros e Estações Experimentais os seus maiores defensores.

Embora venha gerando considerada controvérsia entre os cientistas agrícolas, a raiz dessa discussão "não está na proposição algébrica 'per se', mas sim na teoria mantida por Mitscherlich, de que o parâmetro C seria invariável em relação a espécie de cultivo, ao tipo de solo e às condições climáticas em geral. Na verdade a equação de Mitscherlich é, de longe, a mais empregada em pesquisas aplicadas produzidas por agrônomos até os nossos dias" (LANZER & PARIS, 1986, p. 210).

"É interessante notar que a equação não apresenta nem uma fase inicial de retornos crescentes, nem uma fase final de depressão na produtividade causada pelo excesso de fertilizante. Entretanto, estas limitações são consideradas de pouca importância pelos cientistas agrícolas. Seus resultados experimentais têm freqüentemente indicado que:

a) A fase de retornos crescentes é relativamente curta; e

b) A depressão de produtividade só ocorre quando os fertilizantes são empregados em doses muito além do mínimo requerido para atingir o 'teto de rendimentos'." (LANZER & PARIS, 1986, p. 210 e 211).

Sua aplicação no campo experimental tem sido reforçada por outros autores de renome na área de estatística experimental em contraposição ao uso de outras funções como as polinomiais. Recentemente GOMES (1984) em seu livro "A Estatística Moderna na Pesquisa Agropecuária", referindo-se às superfícies de respostas como representação geométrica de equações de regressão com duas ou mais variáveis independentes afirma que "essas constituem técnica altamente sofisticada de interpretação de experimentos em que se estudam fatores quantitativos (os de adubação ou de espaçamento, por exemplo). Mas é uma técnica difícil e de resultados freqüentemente desapontadores" (p. 19).

GOMES (1985, p. 254) em outro livro, afirma que "para maior facilidade do uso da lei de Mitscherlich deve-se, tal como no caso de polinômios ortogonais, adotar níveis de fertilização igualmente espaçados.

A teoria e a prática demonstram que a lei de Mitscherlich tem aplicação satisfatória e útil sempre que

tem-se ensaios de grande precisão ou grupos de experimentos numerosos. A aplicação, porém, se torna desaconselhável no caso de experimentos de precisão escassa ou quando a planta reage muito mal ao nutriente em estudo".

b) Outras Funções de Produção

i) Aplicação às culturas

Com o surgimento dos primeiros centros de pós-graduação em economia rural, assiste-se a uma ênfase maior sobre superfície de resposta, conduzida por economistas rurais. Surge na época a primeira dificuldade metodológica para análise deste tipo, que é saber exatamente que tipo de equação ajustar aos dados, já que o tipo de equação escolhida impõe restrições nos resultados obtidos. Para SCHUH & TOLLINI (1972, p. 37) "a dificuldade é que nosso conhecimento não está suficientemente avançado para dar orientação neste ponto".

E quase nada havia sido feito nesta área pelos economistas rurais, até meados de 1972, o que levou TEIXEIRA FILHO (1972, p. 23) a considerar isto "como uma das falhas do progresso da atividade profissional do economista rural. Apesar deste tipo de análise fornecer uma das melhores avaliações de inovações a serem introduzidas, de contar com dados bastante mais acurados que fornecem condições de estimativas bem mais precisas de relações físicas de produção, os economistas rurais não estavam dispensando à análise econômica de dados experimentais o merecido cuidado".

Os primeiros trabalhos nesta área, levaram os pesquisadores a analisar os ensaios por regressão múltipla, utilizando os modelos de Cobb-Douglas, polinomiais quadráticas, potência $3/2$ e raiz quadrada (Tabela 1).

Uma questão de extrema importância nos ajustes se referia ao tipo de função a ser ajustada. HEADY & DILLON (1964, p. 8) afirmavam que "quando vários testes indicarem que o modelo ajustado é estatisticamente satisfatório e não infringe a lógica básica do processo de produção não existe problema. Todavia, sendo ajustado um certo número de funções pode-se encontrar que algumas satisfaçam melhor esses critérios que as outras. A função selecionada como a melhor dependerá então da ênfase que o pesquisador der aos vários critérios estatísticos e lógicos. Neste momento, a seleção de uma função é mais uma arte que uma ciência".

Tabela 1. Relação de pesquisas em análise econômica de experimentos agropecuários, envolvendo modelos matemáticos.

Autores	Ano	Cultura e/ou animal	Local	Funções ajustadas
GOMES, F.P. & MALAVOLTA, E.	1949	cana-de-açúcar	Piracicaba/SP	Mitscherlich
GOMES, F.P.	1958	cana-de-açúcar	Piracicaba/SP	Mitscherlich
CONAGIN, A.	1962	feijão	Campinas/SP	quadrática
GOMES, F.P. & CAMPOS, H.	1966	milho	Piracicaba/SP	Mitscherlich
CAMPOS, H.	1967	milho	Ribeirão Preto /SP	quadrática
GOMES, F.P. & CAMPOS, H.	1967	milho	Piracicaba/SP	Mitscherlich e quadrática
SILVA, F.R.	1967	feijão	Zona da Mata/MG	quadrática, raiz quadrada e Cobb-Douglas
ARRUDA, H.V.	1969	cana-de-açúcar	Piracicaba/SP	Mitscherlich e quadrática
LANZER, E.A.	1970	trigo e soja	Pianalto Médio e Alto Uruguai/RS	quadrática, raiz quadrada, potência 3/2 e Cobb-Douglas
TEIXEIRA, T.D.	1970	milho	Viçosa/MG	quadrática
VIEIRA, S.	1970	milho	Ribeirão Preto/SP	quadrática, raiz quadrada, potência 3 ^{1/3} e Mitscherlich
CAMPOS, A.C.	1971	tomate	Viçosa/MG	quadrática e raiz quadrada
FUZATTO, M.G. et alii	1971	algodão	diversas regiões/SP	Mitscherlich
IGUE, T. et alii	1971	feijão	diversas regiões/SP	Mitscherlich e quadrática
LIMA, J.E.de	1971	novilhas	Viçosa/MG	Cobb-Douglas
MASCARENHAS, H.A.A. et alii	1971	soja	região Alta Mogiana/SP	Mitscherlich
MIRANDA, L.E.C. & MIRANDA, L. T.	1971	milho	Campinas/SP	quadrática
SILVA, N.M. et alii	1971	algodão	Campinas/SP	Mitscherlich
TELLA, R.de et alii	1971	amendoim	diversas regiões/SP	Mitscherlich
VIEIRA, S. et alii	1971	milho	Ribeirão Preto/SP	quadrática, raiz quadrada e Mitscherlich
TEIXEIRA, T.D. et alii	1971	milho	Capinópolis e Sete Lagoas/MG	quadrática
NOVAIS, R.F. & DEFELIPO, B.V.	1971	arroz	Patos de Minas/MG	quadrática
LESSINGER, E.A.	1972	pastagem e trigo	Vacaria/RS	quadrática, raiz quadrada, potência 3/2, Mitscherlich e Cobb-Douglas
MILLER, S.F. et alii	1972	feijão	Uberaba/MG	quadrática
MISCHAN, S.F. et alii	1972	bovinos	Botucatu/SP	Mitscherlich, Gompertz e logística
ROCHA, J.	1972	bovinos	Viçosa/MG	Ulveling-Fletcher, Cobb-Douglas e quadrática
SILVA, M.F.da	1972	cana-de-açúcar	Tres Pontas e Passos/MG	quadrática
BRAGA, J.M. et alii	1972	soja	Triângulo Mineiro/MG	quadrática
ARRUDA, H.V.	1973	cana-de-açúcar	Piracicaba/SP	Mitscherlich e quadrática
BAHIA, F. et alii	1973	milho	diversas regiões/MG	Mitscherlich

Tabela 1. Continuação.

Autores	Ano	Cultura e/ou animal	Local	Funções ajustadas
CARVALHO, R.C.de A.	1973	suínos	Viçosa/MG	quadrática e Cobb-Douglas
WRIGHT, C.L.	1973	milho, algodão, arroz e soja	região Ribeirão Preto/SP	quadrática, raiz quadrada e potência 3/2
GUAZELLI, R.J. et alii	1973	arroz, feijão e soja	Goiânia/GO	quadrática
NAKAGAWA, J. et alii	1974	amendoim	Herculândia/SP	quadrática
CAMARGO, J.R.V.de	1974	algodão e soja	Guaira e Jardinópolis/SP	Ulveling-Fletcher e Cobb-Douglas
MENDES, L.G.	1974	batatinha	Jaguara, Itirugu e Itaquara/BA	quadrática, raiz quadrada, e Cobb-Douglas
MARTIN, N.B. & PIRES, Z.A.	1975	bovinos	Nova Odessa/SP	quadrática
STEFANELLO, E.L.	1975	soja	diversos locais/SP	Cobb-Douglas, quadrática, raiz quadrada e potência 3/2
DUARTE, P.A.	1975	feijão	Quixadá/CE	quadrática
DUTRA, L.G. et alii	1975	soja	Goiânia/GO	=quadrática
ALBUQUERQUE, J.L.L. & SANDERS, J.H.	1976	algodão	Igaci, Arapiraca, Palmeira dos Índios e Santana do Ipanema	Ulveling-Fletcher
HOFFMANN, R. & VIEIRA, S.	1976	milho	Ribeirão Preto/SP	quadrática, raiz quadrada e Mitscherlich
PINHEIRO, F.A.	1976	bovinos	Botucatu/SP	Cobb-Douglas
CARVALHO, R.C.de A. et alii	1976	milho e feijão	alguns municípios/CE	Ulveling-Fletcher
FIGUEIREDO FILHO, M.	1976	milho	Ribeirão Preto/SP	quadrática
FOXSECA, V.O.	1976	trigo	Pelotas/RS	linear
ALMEIDA, D.L. et alii	1977	milho	RJ e ES	linear e quadrática
AGUIAR, D.A.	1977	feijão	Quixadá/CE	quadrática
PAUL, J.M.	1977	milho	região Norte/PR	quadrática e Ulveling-Fletcher
COSTA, R.A.da	1977	arroz	diversas regiões/GO	quadrática, raiz quadrada e potência 3/2
SATURNINO, H.A.C. & MORENO, F.	1977	soja	Alto Paranaíba e Triângulo Mineiro/MG	quadrática
HOEFLICH, V.A. et alii	1977	arroz	Altamira/PA	quadrática
AYRES, C.H.S.	1978	feijão	Altamira/PA	quadrática
SILVA, M.A.P.	1978	trigo	Piracicaba/SP	Mitscherlich
GOMINHO, M.S.F. & MAFRA, R.C.	1979	feijão e milho	São João/PE	quadrática, raiz quadrada e Mitscherlich
CAVALCANTI, F.J.de A. & GOMES, R.V.	1979	cana-de-açúcar	Goiânia/PE	Mitscherlich

Tabela 1. Continuação.

Autores	Ano	Cultura e/ou animal	Local	Funções ajustadas
LIMA, L.A.de P.	1979	milho	Triângulo Mineiro/MG	quadrática, logarítmica e raiz quadrada
ORLANDO FILHO, J. <i>et al</i>	1980	cana-de-açúcar	Piracicaba/SP	Mitscherlich
PORTO, V.H.da F.	1980	trigo e soja	Passo Fundo/RS	quadrática, raiz quadrada e Mitscherlich
SILVA, M.A.P.	1980	cana-de-açúcar	Piracicaba/SP	Mitscherlich
THAME, A.C.de M. & HOFFMANN, R.	1980	eucalypto	Moji-Guaçu/SP	Gompertz, logística e quadrática
CAMARGO, J.R.V.de	1981	algodão	Ribeirão Preto/SP	quadrática e raiz quadrada
SALLES, P.A.A.de & GONÇALVES, J.O.N.	1981	pastagem de azevém	Bagé/RS	quadrática
SALLES, P.A.A.de & GONÇALVES, J.O.N.	1982	capim pangola	Bagé/RS	quadrática
SCOLARI, D.O.G. <i>et al</i>	1982	milho e trigo	Brasília/DF	raiz quadrada, potência 3 ^{1/3} e quadrática
CRISÓSTOMO, L.A. <i>et al</i>	1983	batata	Brasília/DF	Mitscherlich
GARCIA, J.C.	1983	milho	Sete Lagoas/MG	quadrática
MARTINS, M.I.E.G.	1983	arroz e brachiaria	Ilha Solteira/SP	quadrática e raiz quadrada
TARSTANO, M.A.A.	1983	milho e soja	Selvíria/MS	quadrática, raiz quadrada e Mitscherlich
PINHEIRO, A.C.A. <i>et al</i>	1983	suínos	Concórdia/SC	quadrática
LIMA, J.de A. <i>et al</i>	1984	pepino	Brasília/DF	risco, dominância estocástica
PACHECO, J.A.de C.	1985	milho	Londrina/PR	quadrática

OBS.: Revisão efetuada pelo autor junto às bibliotecas da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", do Instituto de Economia Agrícola e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Possíveis omissões de estudos e pesquisas realizadas, são de inteira responsabilidade do autor.

As funções linear e cúbica são pouco usadas. A primeira apesar de sua simplicidade era descartada por apresentar duas características inadequadas à teoria da produção: a) não tem ponto de máximo (apenas cresce ou decresce) e, b) a variação da variável dependente em relação à independente é contrária a lei dos rendimentos decrescentes, por ocorrer a uma taxa constante.

A outra função (cúbica) embora apresentasse as características ideais para a teoria da produção, inclusive com os três estágios bem determinados, tem o seu uso restringido pela elevada perda de graus de liberdade devido ao maior número de parâmetros que apresenta e, pelo fato de que, os experimentos instalados procuraram se localizar já próximos da situação desejada do ótimo físico.

De um modo geral, os estudos com as funções polinomiais procuravam obter uma equação de regressão que melhor se adaptasse à lógica do processo produtivo. Para isso testavam experimentalmente várias equações alternativas. A seleção da equação de regressão se baseava prioritariamente nos seguintes critérios:

- Coerência dos sinais dos coeficientes de regressão com os princípios econômicos;

- Que os coeficientes de regressão fossem, em sua maioria significativamente diferente de zero a um nível de probabilidade superior a 10%;

- Que o valor do coeficiente de determinação múltipla fosse relativamente alto;

- Que os valores dos coeficientes de correlação parcial entre as variáveis independentes (quando houvesse mais de uma) não fossem relativamente altos.

Assim os pesquisadores da area economica testavam várias equações e a escolha do "melhor" ajustamento se baseava fundamentalmente em critérios essencialmente estatísticos.

A Tabela 1 apresenta por ordem cronológica os estudos revisados e os tipos de funções ajustadas. Procurando mostrar a evolução dos estudos nesta área, apresentam-se somente alguns e as contribuições oferecidas.

SILVA (1967) efetuou um dos primeiros estudos de análise econômica usando modelos quadrático, raiz quadrada e Cobb-Douglas para fazer uma análise econômica de experimentos de adubação em feijão, em quatro municípios localizados na Zona da Mata do Estado de Minas Gerais. Para o município de Viçosa, o ajustamento das três funções matemáticas foi satisfatório, mas os resultados econômicos apresentados pela função quadrática foram mais coerentes com a teoria agrônoma.

A partir desse estudo, as análises econômicas de experimentos dão preferência à função quadrática. Entre os estudos pioneiros têm-se os seguintes:

TEIXEIRA (1970) fez uma abordagem teórica sobre a superfície quadrática e suas aplicações na análise econômica de experimentos. Na discussão teórica levanta algumas limitações da utilização do modelo matemático, mas em consequência da ausência de uma metodologia adequada para se fazer análise agroeconômica de experimentos, considera a superfície de produção quadrática como de grande aplicabilidade para essas análises.

No Estado de São Paulo, um dos estudos pioneiros foi desenvolvido por CAMPOS (1967) que analisou os aspectos da aplicação das superfícies de resposta a ensaios 3^3 de adubação através da regressão polinomial para 50 ensaios de adubação em milho na região de Ribeirão Preto, SP. Concluiu que a aplicação da regressão polinomial aos ensaios fatoriais 3^3 de adubação se recomenda apenas para grupos de ensaios e de boa precisão; os resultados obtidos com os cortes de superfície fixando-se dois dos nutrientes em suas doses padrões são plenamente concordantes com os obtidos no seu estudo completo (esses cortes ilustram bem o comportamento da superfície sob o ponto de vista da dose econômica) e não há concordância dos resultados obtidos para doses economicamente aconselháveis nos diversos casos estudados, o que não permitiu fazer recomendações de fórmulas de adubação.

Mais tarde CAMPOS *et alii* (1973) estudando estes mesmos ensaios de milho e dando maior ênfase à parte econômica analisa a relação entre preços e níveis ótimos de nu-

trientes durante cinco anos (1966-70) e taxas de retorno do capital aplicado em adubação sob diferentes relações de preços do produto e dos nutrientes. Analisam 27 tratamentos. Concluem que políticas mais eficientes de preços mínimos poderiam expandir substancialmente o mercado de fertilizantes desde que os preços dos nutrientes também fossem levados em conta nas decisões políticas.

Os primeiros estudos analisam um único produto e fertilizante.

Outras aplicações vão sendo realizadas procurando aperfeiçoar e desenvolver o método. CAMPOS (1971) realizou uma análise agroeconômica para a cultura do tomateiro a partir de dados experimentais obtidos no Departamento de Fitotecnia (junho de 1966) na Universidade Federal de Viçosa (UFV), considerando os efeitos da variedade, populações de plantas e adubação. Utilizou três níveis de adubação, quatro populações de plantas e três variedades. Estimou as equações quadráticas e raiz quadrada tendo selecionado ao final do trabalho a equação quadrática por ter apresentado melhor ajustamento aos dados experimentais. Como novidade introduziu nos modelos de regressão, variáveis simuladas para controlar tanto as variações na intersecção da curva como as variações nos coeficientes correspondentes às declividades. Após o teste dos coeficientes, das variáveis simuladas verificou que nenhum foi significativo. Face a isso, utilizou de uma só superfície de resposta para representar as três variedades, uma vez que não apresentaram diferenças de produtividade aos tratamentos com adubação e população de plantas.

Outras análises já introduzem mais de um tipo de insumo. LANZER (1970), realizou análise econômica de uma função de produção de trigo em relação ao emprego de calcário e fertilizantes em solos argilosos no Planalto Médio e Alto Uruguai, no Rio Grande do Sul. Procurou determinar a combinação de fertilizantes e calcário que maximizava a receita líquida do agricultor como também o rendimento de trigo obtido nestas condições. Os ensaios foram analisados em grupos, sendo utilizados os modelos, Cobb-Douglas, quadrático, raiz quadrada e potência $3/2$. A equação selecionada ao final foi uma polinomial do tipo quadrático.

LESSINGER (1972) fez uma análise econômica para medir o efeito residual do fósforo e do cálcio em pastagem e trigo de Vacaria, RS, bem como a diferença de produção havida pelo uso ou não de prática de adubação de manutenção. Para isto, tentou vinte e dois sub-modelos estatísticos, sendo vinte do modelo quadrático e dois do modelo $3/2$, para conseguir uma equação de regressão que permitisse a maximização econômica em relação ao calcário e fósforo. Pelo fato de coeficientes do termo quadrático para fósforo (P^2) ter apresentado valores positivos, e pela falta de significância da variável $1 (P^3 / 2)$, não foi possível maximizar economicamente o uso do fósforo. Isto só foi possível em relação ao calcário. Os resultados mostraram ser vantajosa a adubação de manutenção, pois determinou um acréscimo da produção da pastagem e do trigo.

SILVA (1972) aplica funções para locais diferentes. Trabalhou com dados experimentais relativos à adubação NPK, em cana planta e determinou uma fórmula média de adubação para as usinas açucareiras Passos e Rio Grande, Estado de Minas Gerais. Pretendeu identificar através de variáveis simuladas possíveis diferenças de produtividade de cana-de-açúcar.

Utilizou o arranjo fatorial 3^3 , com nitrogênio, fósforo e potássio em três níveis com uma só repetição. Utilizou a função quadrática. Neste estudo as variáveis apresentaram diferenças em suas equações, foram altamente significativas, indicando que cada usina apresentou uma equação distinta.

NAKAGAWA *et alii* (1974) no campus de Botucatu (UNESP) compararam duas misturas de adubos químicos e esterco de galinha utilizando-se três doses de cada uma das três fontes para a cultura de amendoim em Herculândia, SP. Ajustaram um trinômio do segundo grau. Ao final verificaram que a mistura de 750 kg de sulfato de amônia, mais 830 kg de superfosfato triplo e 170 kg de cloreto de potássio foi o que apresentou melhor margem bruta.

Um segundo experimento desses autores (1974) instalado no município de São Miguel, SP, mostrou também que a mistura sulfato de amônia, superfosfato triplo e cloreto

de potássio foi a que apresentou melhor efeito médio, tanto para a produção como no aspecto econômico.

Um terceiro experimento (1974) instalado no município de Herculândia, SP, em que procuram avaliar o efeito de uma adubação nas produções acumuladas de duas safras ("águas" + "secas") no ano agrícola 1969/70 para cultura de amendoim, indicaram a mistura 830 kg de DAP + 170 kg de cloreto de potássio como a mais econômica. Ressaltam porém, que diante de outros resultados discordantes as conduções são válidas somente para situações semelhantes.

LIMA (1979) utilizou dados de dois experimentos de adubação NPK em milho, instalados em dois tipos de solos (cerrado e terra roxa), com diferentes populações e plantas, no Triângulo Mineiro. Na análise econômica dos dados, o modelo que melhor se ajustou foi o quadrático quando comparado ao logarítmo e ao da raiz quadrada. No cerrado, as produções máximas, tanto físicas como econômicas foram obtidas a níveis de população de plantas praticamente iguais, sendo que as equações estimadas não permitiram a determinação das doses ótimas econômicas.

Outros autores aplicam outras funções, além das polinomiais. VIEIRA (1970) comparou quatro funções de produção aplicadas a ensaios fatoriais 3^3 de adubação NPK em milho. Os modelos utilizados foram a raiz quadrada, quadrática, potência $3/2$ e o de Mitscherlich, e foram comparados

com os resultados obtidos para o modelo quadrático por CAMPOS (1967).

Entre as principais conclusões obtidas temos:

a) Dos três modelos de regressão estimados, dois revelaram-se praticamente iguais aos resultados: o quadrático e a potência $3/2$. O uso do modelo quadrático foi indicado por apresentar maior simplicidade de cálculo que o de grau $3/2$.

b) A equação de Mitscherlich é recomendada para a determinação de dose econômica do nutriente porque leva a solução satisfatória através de métodos matemáticos simples. Porém, se houver queda na produção com doses altas do nutriente e regressão polinomial é mais recomendada, preferencialmente ao modelo raiz quadrada.

Outros estudos já envolvem a análise para mais de um ano. VIEIRA *et alii* (1971), analisaram um grupo de 50 ensaios fatoriais 3^3 de adubação NPK em milho, instalados em terra roxa, na região de Ribeirão Preto, SP, nos anos agrícolas 1957/58, 1958/59, 1959/60 e 1960/61, e concluíram que quando existe queda na produção devida à adubação em excesso, as regressões raiz quadrada e quadrática expressam melhor o fenômeno biológico. Entretanto, a função de Mitscherlich é aconselhável se não houver queda na produção, pois os processos biológicos envolvidos na adubação são perfeitamente identificados com os parâmetros dessa função.

STEFANELO (1975) utilizou os modelos Cobb-Douglas, potência $3/2$, quadrática e raiz quadrada para analisar economicamente um grupo de dez experimentos com fósforo, potássio e calcário aplicados em soja, no Rio Grande do Sul. Em todos os locais estudados, o modelo Cobb-Douglas apresentou o coeficiente de determinação múltipla, R^2 , sensivelmente mais baixo que os outros três modelos. Somente para um local, o modelo raiz quadrada se ajustou melhor aos dados experimentais. Nos outros locais a superfície de resposta foi estimada através do modelo quadrático. O autor conclui afirmando que entre os modelos apresentados, o quadrático com interação entre os fatores é o que melhor define a superfície de resposta em relação à fertilização e calagem.

COSTA (1979) usou modelos quadráticos, raiz quadrada e potência $3/2$, em 27 ensaios de adubação NPK, na produção de arroz em vários anos agrícolas, no Estado de Goiás. Trabalhou com os dados dos ensaios individualmente e foram feitos cinco grupos de experimentos por ano agrícola e um envolvendo dois anos agrícolas. Os modelos quadrático e potência $3/2$ tiveram comportamentos idênticos, razão pela qual o último não foi considerado. A recomendação de adubação foi dificultada pelo fato de os intervalos de confiança das doses econômicas terem sido amplos. O autor recomenda a determinação das doses econômicas para grupos de ensaios, por haver maior homogeneidade nos tratamentos.

MILLER *et alii* (1972) realizaram uma avalia-

ção econômica de um experimento com feijão comum Uberaba con-
duzido em Uberaba, MG. As finalidades do estudo foram estu-
dar as possibilidades de aproveitamento dos cerrados da re-
gião do Triângulo Mineiro para o cultivo de feijão e comple-
mentar esses resultados pela comparação dos mesmos delinea-
mentos em condições de campo cerrado apresentando uma demons-
tração prática de análise econômica e de interpretação de da-
dos. Utilizaram a função quadrática. Na última parte do
trabalho fizeram considerações sobre procedimentos alternati-
vos do uso de fertilizantes face às variações dos preços do
produto e dos insumos.

NOVAIS & DEFELIPO (1971), instalaram um expe-
rimento de adubação em Patos de Minas, para obter informa-
ções sobre os níveis ótimos de NPK a serem utilizados na cul-
tura de arroz, em regiões de cerrado. Utilizaram um arranjo
em fatorial 3^3 com NPK em três níveis com uma só repetição.
Foi feita a análise de variância dos dados e ajustada uma e-
quação quadrática, tornando-se a produção como variável de-
pendente de fósforo e potássio, sendo eliminado o nitrogênio
por ter apresentado resposta negativa e por não contribuir
para melhor ajustamento da equação. Os autores verificaram
uma resposta altamente significativa à aplicação do fósforo,
um aumento da produção em resposta à aplicação de potássio,
embora não significante e, uma diminuição na produção com a
aplicação de nitrogênio.

GOMINHO & MAFRA (1979), utilizaram dados de

experimento instalado em São João, PE, no ano agrícola de 1978, que relaciona a produção do sistema combinado feijão x milho com níveis de P_2O_5 . A função quadrática foi escolhida por simplicidade de cálculos, e comparada com a raiz quadrada e a Mitscherlich. A função raiz quadrada teve bom ajustamento para o feijão quanto para o milho, entretanto apresentaram doses de adubação que tornam os rendimentos físicos máximos situados completamente fora dos limites estabelecidos no experimento tendo mostrado ainda uma dose ótima, muito baixa em relação a função quadrática, aos mesmos preços. Comparando-se os coeficientes de determinação de uma e de outras, observou-se que a função quadrática apresentou valores maiores, indicando que esta função teve um melhor ajustamento.

Para GOMINHO & MAFRA (1979) a dificuldade do uso da função Mitscherlich para dois produtos está no fato de que admite apenas uma função crescente que tende para um valor assintótico quando cresce a dose do nutriente. A necessidade de fertilizantes varia de cultura para cultura; então, é possível que no caso da consorciação haja queda da produção em pelo menos uma das culturas, com o emprego de doses mais elevadas de fertilizantes. Não calcularam todavia a dose ótima com a equação Mitscherlich, dadas estas limitações.

PORTO (1980) ao comparar três funções de produção (a raiz quadrada, a quadrática e a Mitscherlich), utilizou dados de experimentos com trigo conduzidos por quatro anos consecutivos em Passo Fundo, RS.

Além do nitrogênio, outros quatro fatores foram estudados: calagem, tipos de preparo do solo, resteva e densidade de semeadura.

Ao final chegou-se as seguintes conclusões: a) dos três modelos utilizados, o quadrático e o raiz quadrada apresentaram ajustamentos bem melhores; b) a dose econômica varia muito, dependendo das condições climáticas. Isto mostra o cuidado que deve ter para se recomendar a aplicação de um determinado nutriente baseado em dados experimentais de a penas um ano.

Outros autores utilizaram as funções para subsidiar políticas agrícolas.

SCOLARI *et alii* (1982) analisaram o uso de fósforo e calcário nas culturas de milho e trigo de sequeiro em solos de cerrado do Brasil central tendo em vista duas situações: uma de subsídio ao preço dos fatores através das políticas especiais de crédito para a região; outra na qual não se consideram os subsídios. Foram determinadas funções de produção e taxas de retorno a investimentos nesses elementos. Para se estimar uma superfície de resposta dessas culturas, foram testados os modelos: raiz quadrada, potência $3/2$ e quadrática. Os melhores resultados foram conseguidos com o modelo quadrático.

Uma das conclusões a que chegaram os autores é que a adubação corretiva e a calagem efetuadas em solos de

cerrados podem ser viáveis economicamente quando se cultiva milho ou trigo de sequeiro. Quando considerados os preços subsidiados pelos programas especiais de crédito aos fatores e o preço de mercado para o produto, a taxa de retorno do milho a esse investimento foi de 145%. Se considerados os preços de mercado para o fator, a taxa de retorno caiu para 16% ao ano.

Lobato¹ *et alii* (1978) citado por TARSITANO (1983) conduziram experimentos de adubação de milho e soja no Distrito Federal, durante o ano de 1966. No experimento de milho foram aplicados quatro níveis de fosfato (0, 150, 300 e 450 kg/ha de P_2O_5) e três níveis de calcário (0, 5, e 10 t/ha). As curvas de resposta de produção foram calculadas em função de P_2O_5 , em níveis variados de calcário, a fim de determinar geometricamente o nível ótimo de aplicação de fosfato e a renda bruta após a dedução dos custos do calcário e adubo. Os resultados obtidos foram os seguintes: não se utilizando calcário, a quantidade economicamente recomendável de P_2O_5 foi de 150 kg/ha, resultando numa renda bruta de Cr\$ 450,00/ha; nos níveis de 5 a 10 t de aplicação de calcário a ótima dose de fosfato foi a mesma, porém a renda bruta no nível de 5 t de calcário foi de Cr\$500,00/ha que é aproximadamente Cr\$100,00 mais alta do que a renda bruta conseguida no nível de 10 t/ha de calcário.

¹ LOBATO, E.; SOARES, W.V.; FRANCIS, E.W.; DOWNES, J. A análise econômica de experimentos de adubação de milho e soja em solos de cerrado do Distrito Federal.

Novas preocupações nas pesquisas econômicas de experimentos, considerando outras variáveis importantes como textura, teor de alumínio e pH do solo, práticas culturais, condições climáticas foram sendo incorporadas na análise com o desenvolvimento de novos modelos.

Nesse aspecto SCHUH & TOLLINI (1972) realçaram que o número de plantas é uma variável importante, assim como a quantidade de chuva, as práticas de preparo do solo, o manejo de culturas, a infestação de ervas, doenças e insetos.

Na Tabela 1, encontram-se referências sobre outros estudos.

Algumas contribuições metodológicas são oferecidas neste período. VIEIRA *et alii* (1971) compararam os modelos quadrático, raiz quadrada e Mitscherlich; verificaram que as respostas das culturas aos diferentes nutrientes não podem obedecer sempre a uma função de forma algébrica particular. Ponderaram o seguinte:

1) Quando a análise estatística dos ensaios fatoriais mostrar interações significativas dos nutrientes, devem ser pesquisadas as regressões polinomiais. O ajustamento da regressão polinomial quadrática é o mais simples. Entretanto, em alguns exemplos da literatura (HEADY, 1957) enfocou que a regressão polinomial com raiz quadrada revelou melhor ajustamento.

2) Quando a análise dos ensaios fatoriais não mostrar interações significativas dos nutrientes, devem ser pesquisadas as regressões a uma só variável, que consideram o efeito de cada nutriente, isoladamente.

3) Quando existe queda na produção devido à adubação excessiva, o fenômeno biológico é sempre melhor expresso pela regressão quadrática ou raiz quadrada.

HOFFMANN & VIEIRA (1976) dão uma contribuição ao analisar um grupo de 50 experimentos fatoriais 3^3 de adubação NPK em milho, conduzidos na região de Ribeirão Preto, SP, em quatro anos agrícolas (1957/58 e 1960/61). Comparam dois métodos para determinar o intervalo de confiança para a dose econômica de um nutriente, não considerando interações entre nutrientes.

Um método se baseia na variância assintótica da estimativa da dose econômica e outro é dado pelo teorema de Fieller. Concluíram que este último é o método mais apropriado. A contribuição que apresenta à teoria é muito boa, pois alguns inconvenientes do modelo da raiz quadrada para representar a variação da produção de uma cultura em função da quantidade de nutrientes fornecidos foram sanados; o valor de F relativo a "falta de ajustamento" para os três modelos ajustados (quadrático, raiz quadrada) e função Mitscherlich) é significativo ao nível de 5%, mostrando a necessidade de procurar modelo mais adequado, e os intervalos de 90% de confiança para a dose econômica são com frequência muito amplo, mesmo em se tratando de experimentos de adubação muito bem conduzidos.

MENEGUELLI & TOLLINI (1978), consideraram quatro funções de produção (quadrática, raiz quadrada, Mitscherlich e linear) no estudo do problema de forma algébrica de função de resposta a fertilizantes. Esses autores criaram "mundos" cuja forma e parâmetros eram conhecidos e daí simularam experimentos e observaram o comportamento de cada forma algébrica ajustada aos resultados experimentais gerados por simulação. Foram criados, tantos "mundos" quantas eram as formas algébricas a comparar. Dentre as conclusões a que chegaram os autores, duas dizem respeito diretamente à função raiz quadrada.

- A função raiz quadrada, em geral, mostrou desempenho melhor do que as outras funções nos "mundos" testados.

- A vantagem clara da função raiz quadrada, demonstrada na situação simulada neste estudo, é acentuada pelo custo muito menor de ajustamento das funções lineares nos parâmetros, relativamente às não lineares. Tal fato deve fazer com que os pesquisadores a considerem como importante alternativa para representar funções de resposta a fertilizantes.

ii) Aplicadas à Pecuária

Quando se toma como pano de fundo o Brasil, um inventário sobre pesquisas na área de pecuária evidencia que o caminho a percorrer ainda é longo. Além dos esforços de

pesquisadores, principalmente da região sul e sudeste e mais recentemente do Brasil Central, com a instalação do Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte da EMBRAPA, em Campo Grande, a contribuição ainda é pequena em termos econômicos, nas áreas de alimentação, melhoramento e pastagens.

Pode-se dizer que nas áreas físicas e biológicas já existe um volume razoável de pesquisas, porém quase nada sobre a economicidade destes estudos, de tal sorte que os resultados obtidos são ainda discutíveis em termos de conhecimentos técnicos relevantes para o setor primário.

Historicamente, destacam-se os seguintes estudos:

QUINOZ (1970), enfatizou que os experimentos com gado bovino, devem considerar os seguintes aspectos:

Os experimentos devem ser planejados em equipe, com a participação de economistas rurais, dando margem para serem analisados através da função de produção, visando fornecer aos produtores, principalmente: a) As taxas marginais de substituição dos alimentos, tendo em vista que, em uma economia inflacionária, os preços dos "insumos" variam constantemente; b) As melhores combinações dos fatores e serviços que entram no processo de produção; c) Os retornos do capital empregado em maquinarias, mão-de-obra, energia elétrica, concentrados, volumoso e instalações; d) Os retornos à escala; e) Rações de custo mínimo (menor custo) e menor

tempo (fator tempo) utilizados nos ganhos de peso.

CARVALHO (1973) efetuou uma análise econômica de experimentos de alimentação de suínos tipo carne, fases de crescimento e acabamento, selecionados do processo produtivo e para o processo produtivo como um todo. Utilizou os modelos Cobb-Douglas e quadrático para dados de dois experimentos realizados nas instalações de suinocultura do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura da Universidade Federal de Viçosa.

SALLES & GONÇALVES (1981) realizaram a análise econômica do efeito do fator nitrogênio sobre uma pastagem de azevém (*Lolium multiflorum* Lam.). Utilizaram a curva de resposta de um experimento de campo, onde a gramínea foi submetida a cinco níveis de nitrogênio. Os resultados mostraram que a máxima eficiência técnica foi atingida com 154 kg/ha/ano de N; e a máxima eficiência econômica, com 86 kg/ha/ano de N. Para compensar a instabilidade da moeda, construiu-se uma tabela que relaciona a variação de preço insumo/produto com os respectivos níveis de máxima eficiência econômica ou uso do fator, ou seja, para qualquer alteração na relação de preços, calcularam uma nova dose ótima econômica.

ALVES *et alii* (1987) em estudos sobre a análise estatística econômica na experimentação com animais, comentam que na experimentação zootécnica os aspectos econômicos, mesmo sendo de vital importância, têm sido pouco considerados para interpretar e planejar experimentos.

Estes autores citam como exemplo que quando se trabalha com frango de corte, normalmente são realizadas análises univariadas para ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar. A avaliação de ganho de peso por si só não é suficiente, o uso da conversão alimentar é questionável tanto por ser quociente de variáveis aleatórias, como pelo fato de que o consumo de ração, pode variar de tratamento a tratamento. A análise de covariância, usando ganho de peso como variável e consumo de ração como covariável, e a análise multivariada constituem métodos alternativos para este fim.

c) Modelo Ulveling-Fletcher

É uma das funções de produção com retornos variáveis à escala no intervalo de variação da função. É uma forma modificada da função de Cobb-Douglas, que segundo CARVALHO *et alii* (1976) não só permite verificar a variação nas elasticidades de produção e o efeito independente das propriedades naturais do solo sobre o rendimento, bem como os efeitos de interação com os adubos químicos.

Entre os principais estudos encontrados desse modelo, tanto para culturas como para a pecuária, destacam-se os seguintes:

SANDERS JR & ALBUQUERQUE (1976) ajustaram uma função de rendimento visando estudar os efeitos isolados de fertilidade natural do solo (fósforo, potássio, alumínio e pH) e de fertilizante artificial (nitrogênio, fósforo e po-

tássio) em regiões com diferença em pluviosidade por ocasião de plantio. Eles deixaram de estudar a interação de matéria orgânica e nitrogênio no solo com nitrogênio aplicado, em virtude de não haver dados disponíveis. Os dados foram oriundos de vinte ensaios fatoriais 3^3 de adubação NPK realizados pela Secretaria da Agricultura de Alagoas em 1972, nos municípios de Igaci, Arapiraca, Palmeira dos Índios e Santana do Ipanema. Considerando que a diferença de pluviosidade antes do plantio era um fator muito importante para algodão herbáceo, introduziu uma variável "dummy" para diferenciar precipitação normal da excessiva, uma vez que a região em estudo apresentou dois tipos de distribuição pluviométrica. Esta variável foi significativa e a interpretação desse efeito foi que o excesso de chuva antes do plantio teve efeito negativo na produção.

CARVALHO *et alii* (1976) determinaram as quantidades ótimas de fertilizantes para as culturas de milho e feijão em municípios do Estado do Ceará. Além das quantidades de nitrogênio, fósforo e potássio, utilizaram como variáveis independentes os teores de alumínio, fósforo e potássio existentes no solo, densidade da cultura, incidência de pragas, doenças, práticas culturais e umidade do solo. Não incluíram o teor de nitrogênio do solo pois os dados não estavam disponíveis e sua mensuração era bastante cara e difícil. Variáveis "dummy" foram introduzidas para verificar se havia diferenças na superfície de resposta de um município

para outro o que implicaria em diferentes níveis economicamente ótimos de adubação. Embora o modelo escolhido tenha se ajustado bem aos dados, para se ter maior segurança sobre os resultados obtidos os autores recomendavam que os experimentos deveriam ser repetidos nos diversos municípios para um número maior de anos e abranger outras localidades. Poder-se-ia assim verificar diferenças nas dosagens ótimas e taxas de retorno entre os anos, verificar sua associação com as condições de pluviosidade ocorrida de cada período e não prejudicar a mensuração dos efeitos de algumas variáveis face a insuficiência de graus de liberdade.

PAUL (1977) desenvolveu uma análise econômica de grupos de experimentos de fertilizantes e de correção de solos na cultura de milho, executado pelo período de dois anos, (1970-1971), na região "Norte Pioneiro" do Estado do Paraná. Os ensaios foram em número de onze localizados em oito diferentes solos. Utilizaram como instrumento estatístico-matemático no ajustamento dos dados a análise de regressão com modelos do tipo quadrático e Ulveling-Fletcher. Foram selecionados no final equações do submodelo tipo quadrático. Como variável dependente foi utilizado o rendimento de milho em kg/ha, sendo que as variáveis independentes foram a aplicação de fósforo em quilos de fósforo/ha, alumínio em equivalentes miligramas por 100 g de solo e argila em percentual. Utilizou-se também uma variável "dummy" para explicar o efeito anual de clima, incidência de pragas e doenças, ma-

nejo de culturas, etc. Entre os principais resultados destacam-se os elevados efeitos dos fertilizantes fosfatados e do calcário para os solos argilosos com alumínio, desde que mantidos os subsídios de 40% aos preços de fertilizantes.

LIMA (1971) analisou sob o aspecto econômico, funções de ganho de peso, com relação à alimentação, para animais com três graus de sangue diferentes, considerados em uma fase de crescimento. Utilizou dados de um experimento realizado no Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura da Universidade Federal de Viçosa, MG, com dez novilhas mantidas em confinamento durante 140 dias e submetidas ao mesmo tratamento. Para descrever o processo de crescimento dos animais, caracterizado pelas relações existentes entre ganho de peso total e consumo de alimentos, considerando diferentes níveis dos "modificadores" da função de produção, grau de sangue e temperatura ambiente, utilizou o modelo Ulveling-Fletcher.

ROCHA (1972), determinou a possibilidade de utilização, em termos econômicos, de engorda de novilhos em confinamento como um meio de anular os efeitos negativos da estação seca na produção de carne bovina. Para tanto, utilizou informações obtidas de um experimento realizado no estábulo experimental da Universidade Federal de Viçosa, com duração de 126 dias. Selecionou 40 novilhos meio-sangue Holandês-Zebú com idade média de 30 meses e peso médio vivo de 314 kg, envolvendo cinco tratamentos. Neste estudo comparou

o modelo Ulveling-Fletcher com os modelos quadrático e Cobb-Douglas. Entre as principais conclusões que obteve, verificou que a Superfície de Produção Ulveling-Fletcher aplica-se de modo mais conveniente que as superfícies Cobb-Douglas e quadrática para descrever o comportamento do ganho de peso, de animais com pesos distintos, submetidos a engorda em regime de confinamento.

Programação matemática

Até o presente momento no País, um número bastante reduzido de estudos tem utilizado programação matemática em análises experimentais. Talvez, os trabalhos pioneiros tenham sido os desenvolvidos por KUTCHER & SCANDIZZO (1976), BRANDÃO (1979) e por GOODWIN *et alii* (1979).

NEVES *et alii* (1984) revelam que para desenvolver e aplicar informação de processos de produção na agricultura, a programação matemática dispõe de oportunidades que não são completamente conhecidas nas aplicações correntes. Como tem sido usada, a programação matemática inclui, primeiramente, a programação linear e suas extensões. NEVES *et alii* (1984), enfatizam que muitos pesquisadores das áreas biológicas das unidades de pesquisa, não possuem conhecimento da programação matemática e apontam como solução um treinamento formal nos próprios centros nacionais, aproveitando os períodos sazonais (entressafra) das pesquisas em desenvolvimento, compreendendo aquele período entre a coleta da informação de ex

perimentos terminados e a fase em que os novos experimentos ainda não foram implantados. Utilizaram modelos de programação matemática e mostraram duas situações em que informações provenientes de dados experimentais são úteis em recomendações do tipo normativo.

Uma outra aplicação que envolve dados provenientes de experimentos foi o estudo desenvolvido por AZEVEDO FILHO & PERES (1984), que analisaram a competitividade da cultura de soja em uma empresa da região de Campinas, SP.

Um campo de vasta aplicação, mas ainda pouco explorado em nossas condições, é o de aplicação da programação matemática na área de Zootecnia, tanto na área de ruminantes como não ruminantes, principalmente na área de formulação de rações. A programação linear é um instrumento de boa confiabilidade quando aplicada a experimentos ligados à alimentação de animais. Para PERES & MARQUES (1987, p. 35), isto se deve em boa parte, ao fato de que as "equações lineares são particularmente apropriadas para a resolução de problemas de ração. Isto porque, estas equações preservam duas importantes propriedades verificadas ao se misturar dois ou mais alimentos: proporcionalidade e aditividade. Assim, ao se misturar um kg de milho com 8,5% de proteína bruta, com um kg de farelo de soja com 45,6% de proteína bruta, os dois quilos da mistura terão o teor de $(45,6 + 8,5)/2 = 27,05\%$ de proteína bruta".

Este instrumental analítico requer a integração das áreas técnica, biológica e econômica, principalmente para a montagem do modelo. Talvez esteja localizado nesta não convergência dos conhecimentos dessas áreas, um dos fatores que têm impedido uma maior aplicação da programação matemática nas Estações ou Centros de Experimentação. PERES & MARQUES (1987, p. 3) recentemente chamaram a atenção para este fato, ao desenvolverem um manual de cálculo de rações de custo mínimo, juntamente com pesquisadores das áreas técnico-biológicas, especialistas em avicultura, suinocultura, pecuária de leite e corte. Enfatizam a necessidade dessa integração afirmando que "como a Universidade Brasileira está organizada de forma disciplinar, onde os Departamentos atuam, na maioria das vezes, de maneira isolada, os alunos de agronomia e zootecnia bem como os de veterinária, saem de seus cursos de nutrição animal sem serem capazes de calcular rações de custo mínimo. Este tópico foi considerado área de economia rural e as rações continuaram a ser calculadas pelos quadrados de Pearson". Procurando talvez, não "ferir sensibilidades" nesta forma disciplinar, na composição deste manual PERES & MARQUES deixam claro que "é preciso lembrar que o presente manual não pretende substituir os cursos de nutrição animal. Ele deve ser visto como uma referência para a formulação de rações".

Esses pontos evidenciam parcialmente, porque uma técnica tão poderosa na análise experimental normalmente tem sido muito pouco explorada com dados experimentais. Na revisão efetuada tomou-se ciência de seu uso no Centro Nacional de Suínos e Aves da EMBRAPA em Concórdia, SC. No Estado de São Paulo em Centros tradicionais como o Instituto de Zootecnia e Universidades, o seu uso tem-se restringido mais na área acadêmica, assim mesmo, abrangendo um número muito limitado de aplicações. Algumas aplicações e aspectos conceituais são mostrados em LANZER (1982) enquanto que na área acadêmica, utilizando dados experimentais, são lembrados como primeiros estudos as pesquisas desenvolvidas por CHAVES *et alii* (1970) para frangos, VIEIRA *et alii* (1973) e GRAZIANO DA SILVA *et alii* (1973) para poedeiras; GOMES *et alii* (1975) para suinocultura; RODRIGUES (1975) para confinamento, MESQUITA (1975) para frango de corte no Nordeste e MESQUITA *et alii* (1975) introduziram o sorgo granífero em rações ainda para o Nordeste Brasileiro.

2.1.2. Modelos dinâmicos e estocásticos

Inicialmente tinha-se como proposta apresentar separadamente os modelos dinâmicos dos estocásticos. Porém face ao reduzidíssimo número de pesquisas com enfoque dinâmico utilizando dados experimentais, resolveu-se explorar mais os modelos estocásticos.

Modelos que envolvam risco podem ser apropriados para planejamento em estações experimentais e na unidade de produção quando preços, produtividade e outros coeficientes são considerados incertos.

DILLON & HARDAKER (1980, p. 68) afirmam que "uma variedade de métodos envolvendo risco e incerteza têm sido usados na agricultura. Esses métodos podem ser distinguidos de diferentes maneiras. Uma distinção importante é entre aqueles métodos que consideram risco nas análises de margens brutas e aqueles que consideram risco nos coeficientes e nas restrições dos modelos de programação. Métodos do primeiro tipo são mais desenvolvidos e mais largamente aplicados do que o segundo". Aqueles autores citam como exemplo os métodos de programação quadrática, Análise Média-Variância, Dominância Estocástica e MOTAD (*Minimization of Total Absolute Deviation*), desenvolvidos principalmente a partir da década de setenta.

No Brasil a aplicação desses métodos a nível experimental ainda é incipiente. Por outro lado, o número reduzido de técnicos treinados ou ainda em treinamento; por outro, problemas computacionais e insuficiência de dados não tem permitido um melhor desenvolvimento desses métodos.

Do que se tem conhecimento os primeiros estudos no Brasil nessa área têm início em 1974.

MENDES (1974, p. 2) analisa o custo de decisão errada sob condições de incerteza de preços para a batatinha no Estado da Bahia. A partir de dados experimentais para a batatinha em três municípios analisa estratégias a serem adotadas quanto ao uso de fertilizantes para redução nas perdas de renda em situação de incerteza. Comenta que "as análises econômicas de experimentos agropecuários ganham relevância na medida em que tomam em consideração as situações que representam as condições com que se defrontam os seus usuários potenciais: os agricultores. Neste contexto, melhores decisões poderão ser tomadas se as informações mais apuradas a respeito de preços puderem ser obtidas". A análise do custo de decisão errada mostrou que a função de renda líquida é bastante achatada de tal forma que para variações relativamente amplas no preço do produto, o sacrifício de renda líquida é muito pequeno. Verificou que ao se aplicar fertilizantes com base no preço médio de batatinha na época de plantio, variações de mais ou menos 20% ao redor desse preço iriam determinar perdas insignificantes na renda líquida.

FIGUEIREDO FILHO (1976, p. 46) adotando a mesma tecnologia analisou o custo de decisão errada para o milho no Estado de São Paulo. Utilizando dados experimentais, selecionou o modelo quadrático para as análises de nitrogênio, fósforo e potássio. Determinadas as quantidades ótimas aos diferentes níveis de preços de insumos e milho procedeu à a-

nálise da função de renda líquida para verificar o custo da decisão errada quando se usa quantidade de insumos diferentes da ótima. Verificou um "patamar onde a receita líquida foi pouco sensível às variações nas quantidades usadas de nutrientes, e que a estratégia a ser indicada aos agricultores seria usar o mínimo possível de insumos dentro do 'patamar' determinado".

MORENO & TEIXEIRA FILHO (1974) avaliaram os riscos envolvidos na produção de cana-de-açúcar (soca) através de análises de distribuição percentual dos lucros alcançáveis, quando rendimentos e preços variam em determinado intervalo estimado. Utilizaram para estimar a função básica de experimentos desenvolvidos na Usina Rio Grande do município de Passos, e uma série de dados que contêm preços numa seqüência de dez anos (1964/73) deflacionados pelo índice 2 da Conjuntura Econômica. Para a determinação da parcela de custos de produção de cana-de-açúcar atribuíveis a fertilizantes, utiliza informação de estudos conduzidos, pela Cooperativa dos Produtores de Açúcar e Alcool. Utilizou a função quadrática. Entre as limitações encontradas lembra que o método para se estimar a distribuição dos lucros é bastante elementar e não especifica as razões das variações admitidas, E que o trabalho se utilizando de preços corrigidos tanto para cana-de-açúcar, quanto para fertilizantes, estaria escon-

dendo uma das mais sêrias fontes de incerteza que é a inflação.

INFELD (1974) usando custos de produção e receitas fez a análise econômica de ensaios com quatro sistemas integrais de arroz irrigado. Os sistemas integrais testam em conjunto os fatores responsáveis pela maior produção e produtividade visando determinar a economicidade de determinado processo produtivo. Os ensaios foram realizados em parcelas com um ou mais hectares, para cada sistema em áreas e estabelecimentos comerciais no Rio Grande do Sul. Verificou na condução dos ensaios a existência de muitos problemas que ocorrem em lavoura comercial, entre eles a técnica de irrigação que se não tendo sido controlado, refletiriam na produção dos ensaios.

Outros estudos incluem variáveis de clima e solo às superfícies de respostas no sentido de incorporar as diferentes fontes de incerteza à análise de dados experimentais. Assim a produção física derivada de cada nível aplicado de insumos é assumida como variável aleatória, dada sua interação com fatores estocásticos do ambiente.

FONSECA (1976) através de ensaios conduzidos durante o período de 1959 a 1973 onde testou fontes e doses de nitrogênio em trigo, em Pelotas, RS, procurou conhecer a distribuição de probabilidades do rendimento e do lucro através de técnica de simulação. Empregou um modelo de regressão polinomial relacionando dados experimentais de rendimento de grãos com quatro doses e quatro fontes de nitrogênio; cinco cultivares e dados de observação de precipitação; radiação solar e umidade relativa do ar. Para caracterizar o uso de diferentes fontes de nitrogênio e cultivar, empregou variáveis "dummy". Entre os resultados destacam-se: grande variabilidade na produtividade com o cultivo do trigo no local de ensaio, amenizado em parte pelo emprego de nitrogênio; das variáveis climáticas estudadas as de maior influência negativa foram a umidade relativa do ar na primeira quinzena de outubro; precipitação na primeira quinzena de agosto e primeira de novembro; radiação solar age positivamente sendo períodos significativos a segunda quinzena de setembro e primeira de outubro. Economicamente a uréia foi a que apresentou resultados.

MOUTINHO (1977) compara metodologia de análise e avalia algumas alternativas de nova tecnologia para produção de feijão de corda, considerando lucro e o risco para

se obter esse lucro, numa região do Sertão Central do Ceará. Em seu estudo desenvolve um enfoque conceitual e metodológico que procura mostrar como enfrentar o problema do risco na tomada de decisão em nova tecnologia. Neste enfoque compara funções de utilidade e dominância estocástica, riscos na análise de resultados do uso de alternativas de nova tecnologia, quando se têm poucos dados históricos, referentes a experimentos. Utiliza os mesmos critérios de escolha para avaliar o impacto na receita líquida resultante da introdução de duas políticas: a política de subsídios e uma política de seguro agrícola simulada. Entre os seus resultados, relacionados com as políticas verificou que com a introdução da política de subsídios a alternativa consórcio de culturas é sempre preferida pelos agricultores com extrema aversão ao risco. Seria provável que empregando alternativas de adubação no consórcio, esses agricultores seriam motivados a empregar esse insumo. Com respeito à política simulada de seguros mostrou que as preferências dos agricultores podem mudar, mesmo existindo um pequeno grupo que vai preferir o consórcio, como mostrou o emprego das funções de utilidades.

PORTO (1980) indica que o número de variáveis climáticas usadas como regressores não é aleatório, e sim função do número de anos em que o experimento foi conduzido. Fica estabelecido que se o ensaio é conduzido no mesmo local, e com a mesma variedade por n_A anos pode-se introduzir na função de produção um máximo de n_{A-1} variáveis climáticas.

Verifica-se porem que estes trabalhos, mesmo reconhecendo a incerteza presente na produção agropecuária, nada acrescenta quanto às ações mais recomendadas. Fica sugerido que de cada (nível de utilização do insumo), deriva um conjunto de possíveis resultados econômicos, descritos por distribuições de probabilidades. Resta saber como compará-los, e informar os produtores a respeito das estratégias mais adequadas a suas condições.

Ao se procurar estabelecer a seleção entre diversas alternativas tecnológicas, avaliadas experimentalmente, é preciso que se determinem algumas características da forma de comportamento dos produtores, em especial sua atitude frente ao risco, uma vez que se trata da comparação de ações de resultados imprevistos.

Neste sentido é interessante destacar o estudo pioneiro feito por JANVRY (1972) na determinação das doses ótimas de nitrogênio, para milho e trigo, na Argentina em condições de risco. A medida de aversão ao risco proposta é um nível α de probabilidade, que caracteriza as chances do produtor ao menos cobrir os custos com o fertilizante usado em um ano qualquer.

O trabalho de FROHBERG & TAYLOR (1975) desenvolvido nos Estados Unidos é bastante semelhante ao de JANVRY com a aversão ao risco sendo dada pelo nível "a" de probabilidade que traduz as chances de que o retorno líquido devido ao fertilizante seja maior que zero. Para cultivares de milho e diferentes relações de preços nitrogênio/milho, são determinadas as doses eficien-

tes quanto ao risco, para os níveis de aversão ao risco de 0,95 e 0,99.

A aplicação do modelo de Dominância Estocástica para a seleção de alternativas é encontrada em ANDERSON (1974) ao comparar 36 combinações diferentes de nitrogênio e fósforo para trigo, encontrando sete delas com as dominantes pelo segundo grau de Dominância Estocástica, recomendadas para produtores avessos ao risco.

GARCIA & RUAS (1981) realizaram seleção entre sistemas de produção de milho a fim de fazer recomendações aos agricultores. Para caracterizar a curva de distribuição de probabilidade, utilizaram a técnica de "dados esparsos".

Para simular a escolha pelo agricultor, empregaram a dominância estocástica, que elimina a necessidade de especificação de função de utilidade.

GARCIA (1983) estudou a "Modificação do Ambiente versus Adaptação das Plantas ao Meio". Para tanto, analisou dados referentes à resposta de três híbridos de milho, com diferentes graus de adaptação a solos com elevada acidez e baixo teor de fósforo, à calagem e à adubação fosfatada. A análise com base no lucro e no risco infelizmente não foi capaz de fornecer uma indicação clara acerca do híbrido mais recomendável para agricultores avessos ao risco. Entretanto, a partir das distribuições de probabilidade obtidas, infere que os híbridos mais adaptados a condições adversas poderiam ser escolhidos por agricultores mais avessos ao risco.

CRISOSTOMO *et alii* (1983) analisaram ensaios de cultivares de batata, testando cinco doses de NPK da fórmula 4-14-8, utilizando-se do delineamento experimental blocos casualizados, distribuídos em um fatorial 5 x 3, com quatro repetições. Visando a rentabilidade e risco da produção comercial de batata, empregaram a técnica de dominância estocástica para a escolha das alternativas tecnológicas mais eficientes.

PACHECO (1985) utilizou três métodos alternativos de avaliação de experimentos agropecuários, que incorporam o risco envolvido na produção como parâmetro importante para a decisão do agricultor, enriquecendo assim o conteúdo das recomendações técnicas. Para tanto valeu-se dos métodos de Análise Média-Variância, Dominância Estocástica e Dominância Estocástica com Respeito a uma Função, comparando as distribuições de probabilidade associados às diferentes técnicas avaliadas. As distribuições de probabilidade foram geradas através da inclusão de variáveis de clima em uma função de produção, que relacionou níveis de nitrogênio à produção de milho, seguida da simulação de mil anos hipotéticos de experimentação.

Obteve entre as principais conclusões que (p. 92):

"1. Os critérios Análise Média-Variância e Dominância Estocástica, mesmo partindo de pressupostos distintos, conduziram a idênticos resultados, caracterizando-se pelo reduzido poder de seleção de alternativas;

2. As alternativas selecionadas por estes dois critérios, como igualmente eficientes são bastante distintas entre si, dificultando uma recomendação definitiva a agricultores;

3. Apenas como maior rigor nas pressuposições em torno da função utilidade do indivíduo, através da Dominação Estocástica com Respeito a uma Função, é que se consegue maior poder de simulação de alternativas, selecionando apenas uma para cada um dos grupos de produtores, avessos e propensos ao risco".

Ao final, concluiu em seu estudo que a análise econômica de experimentos envolvendo risco deve ser incorporada aos procedimentos rotineiros de avaliação de resultados experimentais em unidades de pesquisa agropecuária surgindo como uma alternativa ao instrumental baseado na hipótese de exclusiva maximização de lucros, que se mostra inconsistente com o cenário em que o produtor rural desenvolve sua atividade. Com certeza as informações então geradas estarão mais próximas às realmente buscadas, tornando mais fácil e rápido o processo de adoção de novas práticas.

GUIMARÃES *et alii* (1986) estudaram a viabilidade econômica do uso de nitrogênio (N), superfosfato (P) e densidade de plantio (D) na cultura do sorgo grãífero, nos municípios de Pentecoste, Pacatuba e Quixadá, todos no Estado do Ceará. A metodologia utilizada foi constituída de estimativa de produção, enfoque marginalista e pela orçamenta-

ção parcial a partir das relações físicas fator/produto, tendo optado pelo Modelo Quadrático para estimação dos dados obtidos. Entre outros resultados destacaram que a produção física que maximiza a eficiência técnica e econômica para sorgo grãoífero no município de Pentecoste foi de 4340 a 4182 kg/ha, respectivamente. Para Pacatuba a produção máxima foi alcançada com 5159 kg/ha de sorgo grãoífero. A produção de sorgo forrageiro referente ao município de Quixadá foi de 32650 kg/ha de forragem e observaram também que o uso de nitrogênio para sorgo grãoífero e de superfosfato simples para o sorgo forrageiro, proporcionou aumentos na margem bruta, em relação à produção obtida sem adubação, para os três municípios estudados.

PESSOA *et alii* (1986) consideram que na tomada de decisão é imprescindível a consideração do retorno bem como dos prováveis riscos envolvidos nas alternativas de investimento. Com esse intuito selecionaram dentro de um conjunto de cultivares de alho, uma que proporcionasse elevada rentabilidade e baixa vulnerabilidade ao risco, para a região da Ibiapaba. Para selecionar os cultivares eficientes em relação ao risco, empregaram as técnicas de "dados esparsos" e de dominância estocástica, enquanto que na avaliação econômica, foram empregados o lucro, a taxa de retorno e a margem de segurança para cada cultivar. De um modo geral, as cultivares Gigante de Inconfidentes e Dourados foram as dominantes por apresentarem pouca vulnerabilidade ao risco e elevada rentabilidade.

2.2. Modelos de Simulação

Na revisão de literatura efetuada para a área experimental, modelos de simulação "per se" não foram encontrados. Para PHILLIPS *et alii* (1976, p. 359), a simulação utiliza "técnicas recentemente desenvolvidas e estabelecidas para conduzir experimentos em computadores que envolvem certos tipos de relações matemáticas e lógicas necessárias para descrever o comportamento e a estrutura do complexo sistema do mundo real para um dado horizonte temporal".

Em algumas pesquisas, revisadas anteriormente neste trabalho, autores usaram uma "simulação" provocando alterações nos preços dos produtos ou insumos ou mesmo nos coeficientes técnicos. Não se trata de técnica de simulação "per se", uma vez que não incorpora ou desenha todo o mundo real e eram situações "ex-post", na maioria das vezes modelos estáticos e determinísticos.

Apesar dos modelos de simulação variarem amplamente na sua natureza e construção eles contrastam com a família de modelos de decisão e programação matemática, vistos anteriormente. Os métodos e aplicações explanados até agora geralmente incorporam uma função objetivo para ser otimizada. Para AGRAWAL & HEADY (1972, p. 260) "simulação não requer, nem tipicamente envolve uma função objetivo para ser otimizada. É mais uma técnica empírica usada para avaliar mudanças esperadas, ou predizer o retorno de diferentes cur-

sos de ação ou políticas. Como parte desse processo de avaliação potencial de políticas ou cursos de ação, primeiro e necessário simular o sistema ou entidade que será avaliada ou experimentada com a simulação. O sistema ou entidade, ou processo pode ser uma unidade experimental ou uma fazenda com suas relações de produção distribuídas num dado horizonte temporal. Parte da estrutura ou sistema com os quais a unidade de produção irá operar inclui o tempo e condições dos mercados. Assim, como as funções de produção convencionais, a simulação da produção de uma unidade experimental envolve decisões sobre o clima e variáveis de mercado e suas interações com outras relações da unidade de produção. Desta forma, a simulação envolve também a estimação das funções de oferta e demanda para insumos e produtos. O sistema global ou parcial pode ser traçado para o horizonte temporal simulado para determinar os efeitos de diferentes políticas sobre preços, renda, emprego, etc".

Só se tornou possível o uso dessa técnica devido, principalmente, aos recentes avanços nas metodologias de simulação, maior disponibilidade de "software" específico e desenvolvimento técnico expandiram o uso da simulação nas análises de sistemas e pesquisa operacional. Dessa forma, a técnica de simulação se tornou "um braço experimental da pesquisa operacional" (HILLIER & LIEBERMAN, 1974, p. 620).

Para HILLIER & LIEBERMAN (1974, p. 620) a simulação envolve a construção de um modelo que por nature-

za, em grande parte matemático. Em lugar de descrever diretamente o comportamento geral do sistema, o modelo de simulação descreve a operação do sistema em termos de eventos individuais dos componentes individuais do sistema. Em particular, o sistema é subdividido em elementos cujos comportamentos possam ser preditos pelo menos em termos das distribuições de probabilidades para cada um dos vários possíveis estados do sistema e suas entradas. As interrelações entre os elementos também são construídas dentro do modelo. Assim, a simulação fornece meios de dividir o trabalho de construção do modelo em partes componentes menores e, então, combinar essas partes em sua ordem natural e permitir ao computador, apresentar o efeito da interação de umas com as outras. Depois de construído o modelo, ele é ativado para simular a operação real do sistema e registrar seu comportamento agregado. Repetindo isso para as várias configurações alternatavas para o projeto e políticas de operação do sistema e comparando seus desempenhos, poderão ser identificadas as configurações mais promissoras"

Mais adiante, esses autores (p. 621) afirmam que "assim, a simulação é, nada mais nada menos, a técnica de fazer experimentos amostrais no modelo do sistema".

Colocado dessa forma, a aplicação da técnica de simulação "per se", no Brasil para dados provenientes de Centros e/ou Estações experimentais, não está difundida, pois na revisão efetuada pareceu não existir ainda algum trabalho publicado.

NEVES (1984) usou alguns dados obtidos experimentalmente para estabelecer coeficientes técnicos para a cultura da seringueira analisado para um horizonte temporal de 27 anos (vida útil econômica do povoamento). Usou este expediente, principalmente para a análise dos principais indicadores de rentabilidade naquelas regiões onde a cultura estava na fase de formação e implantação não atingindo ainda a exploração. Utilizou o método de Monte Carlo. Como o horizonte temporal considerado era muito longo, não era possível garantir que as expectativas formadas sobre os benefícios e custos, em análises de investimentos fossem perfeitamente realizadas. Introduziu o fator risco admitindo que existia pelo menos uma distribuição de probabilidade nos preços, custos operacionais e produtividade.

Para os modelos de simulação foram usadas distribuições triangulares com probabilidades subjetivas analisando sob as óticas de variação nos preços internacionais, internos e preços projetados através de uma equação de tendência, com base em preços internacionais corrigidos. As análises foram efetuadas com e sem o valor da terra como forma de investimento. A taxa mínima de atratividade foi de 12% a.a..

3. PROBLEMAS E LIMITAÇÕES

Através da revisão de literatura pode-se detectar diversos problemas que funcionaram como entraves a uma melhor contribuição da área econômica na experimentação agropecuária.

Esses problemas podem ser agrupados em institucionais e de ordem metodológica. Na definição desses problemas fica claro que não existe um divisor comum, havendo interfaces neste conjunto de ordens institucionais e dos instrumentos analíticos utilizados.

A divisão dos problemas a seguir é uma tentativa de separar esta ordem de entraves.

3.1. Ordem Metodológica

Historicamente verifica-se que no Brasil a primeira equação que identificava a função de produção e respectiva recomendação de caráter econômico foi a de Mitscherlich. Foi utilizada por pesquisadores ligados à biometria e não à eco-

nomia. Posteriormente, com a criação dos primeiros centros de pós-graduação em Economia Rural, da qual a Universidade Rural de Minas Gerais (Viçosa) foi a primeira (1961), verifica-se a possibilidade de uso de outras formas de funções na área de experimentação agrícola.

A instalação do curso de pós-graduação em economia agrícola, traz inicialmente, como uma disciplina indispensável a de Economia da Produção, cujos textos obrigatórios eram as obras de HEADY (1957) e HEADY & DILLON (1964).

A ênfase maior porém, foi a análise econômica do uso de recursos em propriedades agrícolas e não com experimentos.

Surge o primeiro problema, que era o pouco conhecimento sobre as diferentes funções algébricas que são úteis na descrição das relações econômicas que se almeja estimar com os experimentos. SCHUH & TOLLINI (1972, p. 37) exemplificam que "do ponto de vista econômico queremos uma equação que apresente retornos decrescentes. Há diversas equações que apresentam esta característica, como a quadrática, a raiz quadrada, a do tipo Cobb-Douglas, etc. Cada uma delas impõe restrições bem diferentes aos dados e conseqüentemente podem resultar em recomendações distintas para um mesmo conjunto de preços relativos".

Neste sentido, alguns estudos tais como (GOMES & CAMPOS, 1966; ZAGATO & GOMES, 1967; IGUE *et alii*, 1971;

ARRUDA, 1969 e 1973, entre outros (Tabela 1), ajustaram várias equações aos dados experimentais, comparando os resultados e verificando qual ou quais tinham melhor significância estatística e aderência ao mundo real. Era comum encontrar na metodologia destes estudos, as funções Mitscherlich, quadrática, linear, potência $3/2$ e raiz quadrada.

Tornava-se presente então que para a seleção de uma fórmula matemática para uma função de produção, dever-se-iam considerar as restrições de cada possível forma de função em relação às características do processo biológico de produção ou melhor, em função dos delineamentos experimentais utilizados até então. Sob esta colocação, parecia aceitável que a função quadrática passasse a ter a preferência dos pesquisadores.

Thompson¹ (1973) citado por NEVES (1985, p. 211), diz que "geralmente não se conhece a função que representa a tecnologia do mundo real, mas usa-se o conhecimento do processo técnico de produção para escolher uma forma de função de produção para ajustar uma função estatística como uma tentativa da função real que representa a tecnologia".

Geralmente uma função quadrática é mais útil, no caso de uma cultura que atinge um ponto máximo de produção física total com retornos a cada fator decrescente que é um aspecto consistente com o mundo real.

¹ THOMPSON, R.L. **Economia da Produção 1**. Viçosa, UFV, 1973. 222 p.

E ainda nos dias de hoje, testar experimentalmente várias funções têm sido o recurso utilizado pelos pesquisadores tais como TARSITANO (1983), MARTINS (1983) e PINHEIRO *et alii* (1983).

3.1.2. Delineamentos experimentais

Os delineamentos experimentais que vêm sendo utilizados, são na maioria inadequados para se fazer uma análise agroeconômica dos experimentos. Os pesquisadores da área biológica ainda empregam métodos de trabalho mais adequados para análise qualitativa dos fatores, não considerando o conceito de curva de resposta, como por exemplo, a função de produção. Há a preocupação com a obtenção da máxima produção física, rações para obter a máxima produção por animal, programas de alimentação para reduzir ao mínimo os ingredientes por unidade de ganho de peso, não implicando necessariamente nesses casos em maiores níveis de renda.

Freqüentemente, os pesquisadores utilizavam nos experimentos três doses diferentes, próximas do nível de uso que já se tinha como ideal (THOMPSON, 1973; PINHEIRO, 1976; DILLON, 1977). Isso levará a dois tipos de implicações:

- Com apenas três pontos, ou ao redor disto, há diferentes tipos de função a fim de, selecionar o modelo

que melhor representasse o processo produtivo em estudo. Neste caso ficava-se praticamente restrito à utilização da função quadrática ajustada através de um sistema de três equações com três incógnitas.

- Em relação à utilização de níveis próximos ao nível que se tem indicações de ser ideal, através de verificações empíricas ou de resultados de outros trabalhos, isto é, uma pequena amplitude na variação do uso de fator variável, os resultados do experimento podem se referir a apenas uma parte da função de produção o que levará a um não conhecimento do comportamento da produção fora dos limites dos níveis de uso do fator que for utilizado experimentalmente, e uma impossibilidade de recomendar-se uma dose ótima economicamente que tenha caído fora desses limites.

Para atenuar essa limitação TEJEDA (1977) sugere que a prática demonstra que são necessárias pelo menos cinco pontos (doses) para alcançar uma caracterização adequada da forma de curva de resposta; dentro dessas, se inclui a testemunha (dose zero).

Segundo PERRIN *et alii* (1976, p. 4) a maioria dos técnicos das áreas biológicas e estatísticas "estão familiarizados com as técnicas disponíveis para determinar se as médias de rendimento de um dado número de tratamentos diferem significativamente entre si e com as provas complementares a essa técnica. Muitos argumentam que se não há evidên-

cia que as médias dos tratamentos são significativamente diferentes, não há necessidade de uma análise econômica. Isto não é necessariamente correto"...

"Ademais é muito possível que as médias de tratamento não sejam significativamente diferentes quando se toma cada ensaio separadamente, mas que as médias dos tratamentos defiram sim à níveis significativos quando os dados de todos os ensaios se combinam conjuntamente. Em virtude destas considerações, sugere-se a realização de ambas as análises: a estatística e a econômica" (p. 5).

3.1.3. Especificação de preços

Para a determinação do ótimo econômico é necessário estabelecer uma relação de preços entre o(s) produto(s) e o(s) insumo(s) considerado(s) nos estudos.

Nas primeiras pesquisas esta relação era pontual. Dada a pressuposição do conhecimento perfeito do mercado onde os preços são conhecidos, as indicações econômicas com base nos resultados obtidos tomavam preços de um dado mercado e não os prevaescentes a nível de aplicação na unidade de produção.

PERRIN *et alii* (1976, p. 1) chamam a atenção que "os resultados e recomendações dos ensaios deveriam ser o mais próximo dos resultados que os produtores obteriam ao

por em prática as recomendações". Cresce então a importância dos preços relativos na situação específica de cada produtor.

Preocupados com uma relação pontual não consistente com a realidade do produtor, alguns propõem a inclusão de componentes importantes na determinação da relação de preços. HOFFMANN *et alii* (1987, p. 85 e 86) sugerem, por exemplo, "na determinação do ótimo econômico na aplicação de adubo os seguintes componentes:

Sejam:

A_x = preço do fator (adubo) entregue na fazenda;

A_y = preço do produto na fazenda, que pode ser obtido descontando do preço do produto em certo mercado os custos de manuseio e transporte até esse mercado e, também, caso existam, os custos de processamento e embalagem;

V_x = custo variável, por unidade do fator, para aplicação do fator (custo variável de colocação do adubo no solo);

V_y = custo variável de colheita, por unidade do produto;

K = custos fixos, isto é, custos cujo montante independe dos valores de X e Y . Assinale-se que, para não tornar o problema demasiadamente complexo, podemos considerar como fixos certos custos que sofrem pequena influência

do valor de X ou de Y; no caso de adubação de uma cultura, por exemplo, o custo das capinas seria tomado como fixo, embora possa ser afetado pela quantidade de adubos colocada;

r = taxa real de juros; e

Δt = intervalo de tempo que decorre entre o momento em que o fator (adubo) é comprado e aplicado, e o momento em que o produto é colhido.

Então o valor da receita líquida por ocasião da colheita seria dado por:

$$RL = Y(A_y - V_y) - X(A_x - V_x) (1 + r \cdot \Delta t) - K$$

Note-se que estamos admitindo que o período Δt seja relativamente pequeno, não se justificando o uso de juros compostos.

Derivando em relação a X, e igualando a zero, obtemos a condição necessária para maximização da receita líquida,

$$\frac{d_y}{d_x} = \frac{(A_x + V_x) (1 + r \cdot \Delta t)}{A_y - V_y}$$

A equação $\frac{d_y}{d_x} = \frac{P_x}{P_y}$ só é válida se fizermos

$$P_x = (A_x - V_x) (1 + r \cdot \Delta t) \quad \text{e} \quad P_y = A_y - V_y$$

Os cálculos a serem feitos variam de caso para caso, mas estas expressões são úteis por chamar a atenção para o fato de que P_y e P_x não serão, geralmente, os preços do fator e do produto no mercado".

Outros autores (HUTTON, 1955 e TEJEDA, 1976) se preocupam com o fato de que a análise do tipo usual de experimento com doses de fertilizantes tem por objetivo determinar o rendimento médio correspondente a cada tratamento. Em caso de que haja alguma recomendação aos agricultores um dos tratamentos é selecionado como o mais rentável. Em tais casos aparentemente o costume seria de evitar a frase "mais rentável" substituindo por termos mais abstratos como "recomendação" ou outros, nenhum dos quais inclui o conceito de rentabilidade. Nada pontual, mas intervalos de preços relativos, de livre escolha do produtor.

3.1.4. Repetições de experimentos em diversos locais por diversos anos

Os experimentos agropecuários deveriam ser instalados em mais de um local e por diversos anos. Alguns estudos revelaram que os seus resultados deveriam ser analisados com a devida cautela, em razão de terem sido realizados em determinadas condições de clima, tipo de solo, com certo nível de fertilidade, ou determinada raça animal e de alimentos, a uma determinada produção perfeitamente definida, gerando entraves para a extrapolação das análises para outros locais. Algumas pesquisas enfocam esses tipos de problemas, como LANZER (1970), CARVALHO *et alii* (1976), que sugeriram a repetição dos experimentos em mais municípios e por mais anos. Acrescenta-se a esse aspecto o que relatam

HOEFLICH & RUFINO (1978) mostrando que o número de ensaios era insuficiente, bem como MARTIN & PIRES (1975), trabalhando com experimentos de confinamento de bovinos realizados em idade de abate afirmam que as informações necessárias aos estudos de determinação do período ótimo período confinamento não eram suficientes. Neste particular, DOLL *et alii* (1968) revelam que somente a existência de uma rede de experimentação agrônômica muito densa no espaço e muito repetida no tempo possibilitaria a utilização, com um mínimo de garantia de êxito, das funções de produção na prática corrente da gestão agrícola, e isto tanto mais quanto tal utilização, deve ser muito mais de caráter normativo do que mera observação de fenômenos ocorridos.

PERRIN *et alii* (1976, p. 1) advertem que "não é factível, materialmente levar a cabo um experimento em cada fazenda e produzir recomendações ajustadas a cada local. O que se deve fazer é definir um grupo de fazendas ou agricultores, conduzir experimentos sob condições próximas à sua realidade e gerar recomendações aplicáveis a todo o grupo. Para um grupo como este é chamado de 'domínio de recomendações' Esses autores afirmam ainda que "são necessários vários locais experimentais representativos para obter informação a respeito dos resultados que os agricultores poderiam esperar em um domínio determinado. Ter dados de um só local e para um só ano é melhor que nada, mas não é suficiente, inclusive quando se espera formular recomendações para o local onde se levou a cabo o

experimento. Para fazer boas recomendações o técnico necessita conhecer vários resultados agronômicos obtidos de uma fazenda a outra e de um ano a outro no domínio de recomendações"(p. 2).

Se são disponíveis informações de um único experimento muito pouco se pode dizer sobre a certeza do tratamento aos agricultores da área a menos que os resultados sejam aderentes à realidade. Quando se dispõe de vários experimentos (em vários locais ou vários anos, ou uns e outros), pode-se executar uma análise estatística dos dados combinados. A análise de variância deve incluir tratamentos, locais e a interação locais x tratamentos como fontes de variação. Se as médias dos tratamentos não são significativamente diferentes, mas uma análise econômica mostra que um tratamento é uma melhor recomendação que outros tratamentos, convém fazer uma análise mais cuidadosa da recomendação. Em todo caso o técnico deve guiar-se pela análise econômica ao formular suas recomendações.

3.1.5. Experimentos deveriam considerar riscos e incertezas

A análise de experimentos geralmente é realizada dentro do quadro de referência estática. Parte-se do princípio que o produtor possui perfeito conhecimento dos sistemas de produção e preços. A situação do mundo real, porém, é bem diferente: condições

climáticas, comportamento de mercado e variações de preços são tais, que o produtor raramente conhecerá com certeza os resultados de suas decisões. MOUTINHO (1977) considera que o problema se coloca da seguinte maneira: antes que os fatos aconteçam o agricultor deve prever seus resultados e decidir qual atividade que deverá ser executada. É uma decisão "ex-ante". Se as decisões pudessem ser tomadas depois que os fatos ocorressem e o agricultor possuísse conhecimento de qual a situação que iria prevalecer, a decisão seria "ex-post".

O pesquisador biológico pode auxiliar o agricultor na sua tomada de decisão acumulando sistematicamente conhecimentos sobre condições climáticas, cultivares a serem utilizadas, pragas e moléstias, bem como aprendendo sempre mais como as culturas respondem a determinadas doses de fertilizantes sob diferentes condições climáticas.

Ao economista não bastará determinar o nível ótimo em uma situação "ex-post" conhecendo a produção e o produto. Deve determinar pontos ótimos econômicos em situação "ex-ante" utilizando diferentes relações de preços entre produtos e fatores, possibilitando dessa forma ao agricultor que for adotar as recomendações, uma escolha próxima de uma situação das condições atuais.

Ao economista é mister o maior conhecimento e acúmulo de informações sobre preços relativos, acrescidos ainda pela compreensão de funcionamento de mercados de fatores

produtos, familiaridade com os principais indicadores de preços tais como: Bolsas de cereais, variações estacionais, preços mínimos, oferta e estoques reguladores de modo a fornecer informações de preço útil ao agricultor. É necessário manter o agricultor informado sobre o desenrolar do ano agrícola de modo a permitir ajustamento na produção.

Para MOUTINHO (1977) a fim de dotar os agricultores de melhores subsídios é preciso analisar a tomada de decisão em novas tecnologias sob condições de risco, pois esse tipo de análise mostraria quais são as melhores tecnologias para reduzir riscos. Isto permitiria um melhor estudo por parte do Governo para estimular o uso destas tecnologias.

3.2. Ordem Institucional

3.2.1. Equipes de pesquisadores das áreas biológicas e econômicas deveriam atuar de forma integrada, possibilitando assim as suas participações desde as discussões sobre qual (is) o(s) desenho(s) experimental(is) a definir em uma pesquisa. NEVES (1985) acredita não parecer tão difícil essa integração no Brasil, como no passado e vai adiante quando comenta que o desenvolvimento e o caráter dinâmico da agricultura devem aproximar especialistas dos diversos campos e suprimir as barreiras mentais impostas pelo tempo e as tradições científicas que traçaram linhas tão definidas entre disciplin

nas e metodologias. Neste sentido a nível de EMBRAPA, CRUZ & HOEFLICH (1976) chamam atenção deste problema quando distinguem duas categorias de análise: os estudos a nível micro e a análise macroeconômica, que estão associados com programas de pesquisa que objetivam contribuir com o desenvolvimento agrícola através do avanço tecnológico.

a. Análises microeconômicas

- Participação do economista rural no delineamento de experimentos físico/biológicos de modo a permitir uma análise econômica;

- Estimação e análise de funções de produção, ou estudos de orçamentação, a partir de dados experimentais;

- Determinação de sistemas de produção ótimos;

- Pesquisa de mercado dos preços de insumos e produtos;

- Análise de Risco - comportamento dos produtores frente ao risco é importante a ser considerado. É imprescindível apresentar-se sempre que possível a rentabilidade dos resultados de pesquisa acompanhada dos riscos e ela associados em comparação com os da tecnologia em uso.

b. Análises macroeconômicas

- Estudos de demanda e oferta domésticas de bens agrícolas constantes dos programas de pesquisa prioritários;

- Estudos de demanda e oferta nacional e internacional para fatores de produção;

- Disparidades regionais e outros problemas associados com a implementação de novas tecnologias;

- Estrutura de preços relativos dos principais insumos agrícolas em relação aos produtos agropecuários.

Essa inexistência de integração é possível de detectar em diversos centros de pesquisa. Por exemplo, o economista rural não estaria sendo incluído na análise de experimentos, haja vista recente trabalho de MIRANDA FILHO (1987), quando cita em destaque que a contribuição da "Estatística Experimental", como ciência, tem se desenvolvido em grande parte em função de problemas agropecuários. Realça o mérito na experimentação dividindo-a entre duas classes de pesquisadores: o experimentador e o estatístico, não referindo o mínimo de comentário sobre o envolvimento do economista agrícola.

Recentemente também, PEREIRA & ARRUDA (1987) referem-se ao emprego das principais funções no ajuste prático de curvas na pesquisa biológica; não incluem porém, qualquer informação sobre os instrumentos de análise econômica.

3.2.2. O trabalho experimental deveria ser combinado com amostras em fazendas, gerando informações do que realmen

te está acontecendo no setor agropecuário, suas necessidades e suas práticas comuns.

PERRIN *et alii* (1976, p. 2) comentam que "as práticas culturais empregadas no experimento devem ser semelhantes às que se espera que usem os agricultores. De outro modo os resultados dos ensaios poderão ser inconsistentes com os resultados que os produtores obterão ao por em prática as recomendações. O técnico deve ter cuidado de que o tamanho das parcelas seja suficientemente grande para evitar o efeito de 'extrapolação' que não ocorreria nos campos dos produtores. Afirmam que se o técnico vai formular recomendações que os agricultores adotam deve conhecer tanto o elemento humano envolvido no cultivo da terra como o elemento biológico. Deve pensar em termos das metas do produtor e das restrições, que eles enfrentam para atingi-las. Supõe-se que os produtores pensam em termos de benefícios líquidos ao tomarem decisões sobre sua atividade agrícola. Por exemplo, um agricultor consciente do dano causado pelas ervas daninhas reconhecerá que provavelmente receba benefícios adicionais se eliminá-las do seu campo de cultivo; benefícios em forma de maior volume de colheita. Por outro lado, sabe que deve incorrer em algum custo para poder obter esses benefícios. Deve investir algum recurso financeiro para adquirir herbicidas e despender tempo e esforço para aplicá-los ou alternativamente muito tempo e trabalho para capinas manuais. O agricultor ponderará os benefícios recebidos em

forma de colheita contra os benefícios perdidos (custos) em forma de trabalho e dinheiro efetivamente investidos. Refere-se ao resultado líquido desta ponderação que realiza o agricultor, como o benefício líquido de uma decisão; este é o valor dos benefícios menos o valor dos custos".

DAVIDSON *et alii* (1973) realizaram estudos que indicaram que os rendimentos alcançados em áreas de produtores são menores que os rendimentos experimentais, em grande número de casos. Essas diferenças são devidas, principalmente, às circunstâncias sob as quais os experimentos foram conduzidos e à adoção tecnológica. Por este fato, ninguém pode esperar que recomendações baseadas somente nos resultados experimentais produzirão os resultados pré-estabelecidos. Recomenda-se hoje, tanto quanto possível que as condições da propriedade agrícola, devem ser levadas em consideração nos delineamentos experimentais. Embora esta forma de atuação já venha ocorrendo, CRUZ & HOEFLICH (1976) citam que há necessidade de difundir mais esta integração experimento x fazenda no sentido de criar mais informações do que realmente está acontecendo no setor agropecuário.

3.2.3. Número reduzido ou inexistência de técnicos especializados em Economia Rural nas Unidades de Pesquisa

Através de levantamentos efetuados junto às

instituições verifica-se que determinados centros ou unidades de pesquisa em experimentação não têm nenhum técnico ou pesquisador na área de economia rural.

Somente recentemente (1987), pela primeira vez o Instituto Agrônômico de Campinas e o Instituto de Zootecnia da Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, abriram concurso (uma vaga) para técnico especializado na "Área de Planejamento e Análise Econômica de Experimentos". Antes, não havia nenhum pesquisador nesta área.

Um balanço efetuado junto à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) mostrou que até dezembro de 1986 existiam 64 pesquisadores (5,2%) considerados economistas agrícolas nas unidades de pesquisa, num total de 1219.

Na Administração Central tinha-se 26 pesquisadores da área de economia rural (Tabela 2).

Dos 64 pesquisadores nas unidades de pesquisas, 36 estavam efetivamente trabalhando nessas unidades, 13 estavam fazendo pós-graduação, 5 em cargos administrativos, 5 como assessores regionais e 5 como consultores externos. Então, efetivamente, tinha-se 36 (2,9%) técnicos do total de 1219 que poderiam estar fazendo pesquisas na área de economia rural.

Tabela 2. Total de pesquisadores por unidade de pesquisa da EMBRAPA, número de economistas e respectivas relações.

Unidades de pesquisa	Total de pesquisadores (A)	Economistas Agrícolas					Relações		
		Em atividade de pesquisa (B)	Em curso de pós-graduação (C)	Em cargos administrativos	Assessores regionais	Consultores externos	Total	B/A	8 + C/A
Região Sul	287	11	4		3		18	1/26	1/19
CNP Frutas Temperadas	42	3	1				4	1/14	1/10.5
CNP Trigo	56	2					2	1/28	1/28
CNP Uva e Vinho	19	3			1		4	1/6.4	1/6.4
CNA Terras Baixas	38								
CNP Suínos e Aves	35	1	2				3	1/35	1/11.6
CNP Florestal	28	1			1		2	1/28	1/28
CNP Soja	45		1		1		2		1/45
UEPAE/Bagé	24	1					1	1/24	1/24
Região Sudeste	239	4	1		1		12	1/59.8	1/47.8
CNP Gado de Leite	62						2		
CNP Milho e Sorgo	51	1			1		2	1/51	1/51
CNP Defesa da Agricultura	33	2					4	1/16.5	1/16.5
CNP Téc. Agríc. Alimentar	39	1	1				3	1/39	1/19.5
UEPAE/São Carlos	18								
UAPNP Biológico do Solo	16								
UAPNP Saúde Animal	17								
UAPD Instrum. Agrícola	3								

Tabela 2. Continuação.

Unidades de pesquisa	Economistas agrícolas											
	Total de pesquisadores (A)	Em atividade de pesquisa (B)		Em curso de pós-graduação (C)			Em cargos administrativos	Assessores regionais	Consultores externos	Total	Relações	
		7	1	2	1	1					2	12
Região Nordeste	209	7	2	1	1	2	1	1	2	12	1/29.8	1/23.2
CNP Mandioca e Fruticultura	49	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1/49	1/24.5
CNP Algodão	42	1	1	1	1	1	1	1	3	3	1/42	1/21
CNP Trópico Semi Árido	55	2	2	2	2	2	2	2	4	4	1/27.5	1/27.5
CNP Coco	27											
UEPAE/Teresina	36	3								3	1/12	1/12
Região Norte	225	6	6	1	1	1	1	1	1	14	1/37.5	1/18.7
CNP Seringueira e Dendê	51	2								2	1/25.5	1/25.5
CPA Trópico Úmido	76	1	2	1	1	1	1	1	1	5	1/76	1/25
UEPAE/Betém	23		2							2		1/11.5
UEPAE/Manaus	19	1								1	1/19	1/19
UEPAE/Rio Branco	14	1	2							3	1/14	1/4.6
UEPAE/Porto Velho	28	1								1	1/28	1/28
UEPAE/Boa Vista	8									1		
UEPAE/Macapá	6									1		

Tabela 2. Continuação.

Unidades de pesquisa	Total de pesquisadores (A)	Economistas agrícolas					Relações	
		Em atividade de pesquisa (B)	Em curso de pós-graduação (C)	Em cargos administrativos	Assessores regionais	Consultores externos	Total	B/A
Região Centro Oeste	259	8				8	1/32.4	1/32.4
CNP Hortaliças	46	1				1	1/46	1/46
CNP Arroz e Feijão	58	1				1	1/58	1/58
CNP Gado de Corte	47	3				3	1/15.6	1/15.6
CNP Cerrado	75	1				1	1/75	1/75
CNP Recursos Genéticos e Biologia								
CPA Pantanal	17	1				1	1/17	1/17
UEPAE/Dourados	16	1				1	1/16	1/16
SUB TOTAL	1219	36	13	5	5	64	1/33.8	1/24.9
Administração Central								
DEP		13	4	8		26		
DDT		11	4	3	1	19		
DRD		1		1		2		
DPP		1		4		4		
TOTAL	1219	49	17	13	5	90		

Fonte: EMBRAPA-DRH e EMBRAPA-DEP (Dezembro, 1986).

Isto poderia estar implicando na inexistência de qualquer estudo ou análise sobre a economicidade no uso de fatores de produção sobre as explorações agropecuárias pesquisadas nessas unidades.

Como consequência talvez desses problemas quer de ordem institucional, ou mesmo metodológico, o número de trabalhos publicados que utilizaram dados provenientes dessas unidades de pesquisa é reduzidíssimo. Uma revisão efetuada junto a diversas bibliotecas, consultando periódicos, revistas, dissertações, etc, evidencia essa limitada contribuição dos estudos nessa área da economia da produção (Tabela 3)..

Vide por exemplo, que na Revista da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (PAB) de 1221 trabalhos, somente 15 tiveram entre seus objetivos algum tipo de análise econômica e somente 4 (0,33%) especificamente, utilizaram dados experimentais.

Já a Revista de Economia Rural, da Sociedade Brasileira de Economia Rural apresenta um número maior (37 em 597, correspondendo a 6,2%) porém, ainda muito reduzido se se considerar que se trata de uma publicação de ciências sociais rurais.

Tabela 3. Total de publicações e/ou dissertações por instituição de pesquisa e as respectivas relações de trabalhos em economia e análise econômica de experimentos.

Instituição	Período					Total das publicações e/ou dissertações	Trabalhos em Economia		Trab. em análise econômica de experimentos		
	1960/65	1966/70	1971/75	1976/80	1981/86		Nº	%*	Nº	%**	
							Nº	%**	Nº	%***	
EMBRAPA (PAB)											
(1)	-	-	-	208	1.013	1.221	15	1,22	4	26,70	0,33
ESALQ (2)	2	16	56	58	51	183	183	-	7	3,82	-
IEA (3)	65	71	86	193	206	621	621	-	12	1,93	-
UFV (4)	30	69	77	81	73	330	330	-	10	3,03	-
SOBER (RER)											
(5)	20	42	77	222	236	597	597	-	37	6,20	-
ESAL (6)	-	-	-	23	22	46	46	-	-	-	-
UFPe (7)	-	-	14	21	28	83	83	-	-	1,20	-
TOTAL	-	-	-	-	-	-	1875	-	71	3,79	-

* % de trabalhos em Economia ao número total de publicações

** % de trabalhos em Análise Econômica ao número total de trabalhos em Economia

*** % de trabalhos em Análise Econômica ao número total de publicações

(1) Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira

(2) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

(3) Instituto de Economia Agrícola - Estado de São Paulo

(4) Universidade Federal de Viçosa

(5) Sociedade Brasileira de Economia Rural - Revista de Economia Rural

(6) Escola Superior de Agricultura de Lavras

(7) Universidade Federal de Pernambuco.

OBS.: O total das publicações e/ou dissertações das instituições relacionadas refere-se especificamente a trabalhos em economia, com exceção da instituição (1).

O Instituto de Economia Agrícola, da Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, na revisão efetuada em suas três publicações de pesquisa: Agricultura em S. Paulo, Informações Econômicas (na parte de artigos técnicos científicos) e Relatório de Pesquisa apresentou somente doze estudos (quase 2%) envolvendo dados experimentais para um total de 621 trabalhos.

No que concerne às universidades em suas dissertações, verifica-se também um número reduzido de análises econômicas com dados experimentais. Na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", de 183 dissertações e/ou teses, somente 7 (3,8%); na Universidade Federal de Viçosa 10 (3,0%) em 330, na Universidade Federal de Pernambuco, apenas 1 (1,2%) em 83 e nenhuma na Escola Superior de Agricultura de Lavras. Não se pode incluir nesta tabela as dissertações das Universidades do Rio Grande do Sul e do Ceará, por não se ter conseguido a listagem, ou não ter podido se efetuar a revisão das mesmas nas bibliotecas visitadas. Havia uma ou outra dissertação esparsa, porém, algumas dessas dissertações foram apresentadas nos Congressos Brasileiros de Economia Rural e registrados nos anais, fazendo portanto, parte da revisão efetuada e citada no texto.

Deve-se observar que a consulta bibliográfica e a revisão desses estudos têm como ponto de partida, o ano de 1960, quando efetivamente, começa a pós-graduação em economia rural no país, com a instalação do primeiro curso em 1961, na Universidade Federal de Viçosa.

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O que se pode depreender dos capítulos anteriores é que restou ao pesquisador da área de economia rural analisar o que já fora desenhado e efetuado, uma vez que não tinha participado das fases iniciais e, em muitas ocasiões, trabalhar com informações de anos distantes no tempo. Neste caso, os resultados e conclusões para diversos estudos deveriam ser analisados com bastante cautela devido à distância, no tempo, da realização dos experimentos.

Neste sentido percebe-se que em algumas pesquisas o objetivo "oculto" acabou sendo a curiosidade de se verificar se tal método ou técnica aprendidos nas disciplinas de Economia da Produção e/ou Econometria se ajustariam àquele tipo de informação básica (vide ajustamento onde a função quadrática acaba sendo eleita para explicar as relações físicas e econômicas).

Assim, em boa parte das pesquisas em experimentação, pela não participação do pesquisador na área de economia rural no planejamento e delineamento dos experimentos o seu trabalho se restringia a um exercício acadêmico den

tro de um enfoque "ex-post" em situações determinísticas, consideradas como dadas e conhecidas.

Alguns motivos retratam essa situação. Os pesquisadores da área biológica, técnica e estatística já existiam nos Centros e Unidades Experimentais há bem mais tempo que o da área de Ciências Sociais, de tal forma que este quando incorporado à equipe (principalmente a partir do início da década de setenta) era considerado um "corpo intruso" cuja participação se restringia, quando muito, a um acompanhamento do experimento.

Ora, experimentos já eram realizados desde há muito. No Instituto Agronômico em Campinas datam do início do século, via delineamentos e métodos já consagrados. Tentar mudar o que já vinha sendo feito seria uma "heresia" científica, uma vez que o pesquisador das outras áreas não econômicas tinha recebido aquele específico tipo de treinamento. PERES & MARQUES (1987) lembram que a Universidade está organizada de forma disciplinar, com os departamentos atuando de maneira isolada.

Assim, a desejada integração interdisciplinar sofria solução de continuidade e passa a ser uma das causas da fraca contribuição da área econômica nos Centros e Unidades de Pesquisa. Em muitas unidades há apenas um pesquisador em economia rural frente a dezenas de outros nas áreas biológicas, física e estatística, situação que persiste ainda nos dias de hoje.

De um lado, a preocupação isolada de transferir o conceito de custo de oportunidade dos fatores de produção na busca do ótimo sob o ponto de vista da eficiência econômica; de outro lado, uma corrente que perseguia objetivos de alcançar o ótimo sob a ótica de eficiência física e/ou técnica.

Este conflito colidia não só em termos de relacionamento pessoal, mas também nos métodos a empregar. Além do mais, chama a atenção que há unidades de pesquisa sem um único pesquisador na área de economia rural (Tabela 2).

Parte dessa ausência de integração e de responsabilidade também dos que decidiam a política de treinamento, haja vista que um pesquisador para atuar num determinado Centro, em muitos casos, não foi orientado para um treinamento mais direcionado à concentração de disciplinas e métodos mais aderentes à realidade das Unidades Experimentais. Por sua vez a rigidez na oferta de disciplinas em alguns cursos de pós-graduação em Economia Agrária não contemplava de forma satisfatória um melhor atendimento nesta área. Uma evidência seria o reduzido número de dissertações e teses de mestrado e/ou doutorado preocupados com informações provenientes dos Institutos, Centros e Unidades Experimentais (Tabela 3). Poucos mestrados ou doutorados designados para essas Unidades foram orientados, seja nos treinamentos no Brasil ou no exterior, a trabalharem com disciplinas voltadas a área experimental. Neste sentido acabaram frustrando-se no

seu retorno, não se ajustando a sua função e transferiam-se para outras Unidades situadas em Grandes Centros Urbanos ou para outras áreas como a administrativa. Essa frustração foi crescente à medida que interessados em aplicar o pouco que recebeu no treinamento nesta área se defrontava com a "sonegação" de informação e dados de colegas de outras áreas sob a justificativa de trabalho em andamento ou que tinha passado por uma análise estatística.

Essas causas em parte evidenciam a pouca utilidade, em termos práticos, de diversos estudos econômicos na área. O alcance desses trabalhos à nível de Unidade de Produção ou do produtor era pouco conclusivo e limitado em suas recomendações. Não tinha condições de retratar com mais fidelidade a economicidade de uma realidade sentida pelos produtores, não permitindo subsidiar ou recomendar ao tomador de decisão, num enfoque "ex-ante", um mundo mais real sob condições de risco e incerteza.

No balanço apresentado em capítulo anterior denota-se pela quantidade de pesquisas realizadas na área de Economia Rural com dados provenientes desses Centros que as preocupações de um passado remoto ainda persistem. ARAUJO (1974, p. 1) salientava que "parece claro o fato de que é indispensável que os organismos de pesquisa Agroeconômica América Latina não orientem sua atividade em função do conhecimento em si, o que resulta num luxo que nossos países não podem pagar. É inadmissível que um organismo de pesqui

sa não conte com uma clara política acerca do que se pesquisa e para que se pesquisa. Se as políticas fundamentais de pesquisa são suficientemente claras, os organismos nacionais de pesquisa poderão colocar-se em condições de evitar o desperdício econômico que é suscetível de produzir-se em uma pesquisa originada nas pretensões individuais do conhecimento científico dos pesquisadores".

TEIXEIRA FILHO (1974, p.213) lembrava que dos mil (número aproximado) técnicos graduados que se dedicavam à Pesquisa no Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária, menos de vinte se dedicavam a estudos econômicos. Um número menor ainda desses se dedicava à análise econômica dos resultados experimentais, mesmo com o advento da EMBRAPA, os problemas persistem. NEVES (1985, p. 213) lembra que "recentemente a partir da metade da década de setenta, com o intercâmbio de pesquisadores, intensificação do treinamento em pós-graduação no Brasil e Exterior, os recentes avanços na área de computação que permitiam a inclusão de um número maior de variáveis, o desenvolvimento de técnicas como a simulação e modelos que incorporam o risco e dimensões múltipériódicas, as análises agroeconômicas se expandem para estudos mais abrangentes, tomando não somente as análises setoriais (fertilizantes, corretivos, defensivos, defensivos, rações, etc), mas também o sistema de produção como um todo. Porém ainda nos dias de hoje, conta-se nos dedos o número de pesquisadores de centros de pesquisas que estão realizando estudos in-

tegrando as áreas com uma visão sistêmica, de conformidade com a situação real em que vive o produtor rural".

O fim da década de sessenta e toda a de setenta poderiam se constituir no marco histórico do aspecto interdisciplinar. A modernização da agricultura brasileira voltando-se para o mercado interno e externo solicitava da experimentação agrônoma resultados e recomendações econômicas, em função dos crescentes custos de oportunidade dos fatores de produção e dos serviços que prestavam principalmente naquelas regiões em que se esgotava a fronteira agrícola e esta se aproximava da fronteira geográfica. O que se denota porém, que a departamentalização ainda prevalece. Uma rápida observação dos programas e projetos de pesquisas dos Centros apresentadas nos dias de hoje, evidencia a compartimentalização e o individualismo das pesquisas. O pesquisador se torna soberano em sua área e pouco se abre para a integração de áreas dentro da instituição.

Diretrizes, planos e metas das instituições de pesquisa previam o desenvolvimento das análises agroeconômicas enfocando que a necessidade e a oportunidade de integração de cientistas físicos, biológicos, estatísticos e econômicos nos Centros de Pesquisa estaria surgindo com o desenvolvimento econômico. HEADY (1973) lembrava que a demanda e as possibilidades de aplicação de pesquisa interdisciplinar chegam a seu ponto culminante quando as decisões e a administr

tração se sentem fortemente orientadas para os mercados e as prioridades se fazem em razão de funções econômicas bastante sofisticadas para a atividade agrícola. Três características se sobressaem: a) o maior capital que se dispõe atualmente, quer humano quer financeiro na pesquisa como motivo das maiores inversões que se faz na ciência e como motivo de avanço experimentado pelo progresso da tecnologia em si; b) a evolução e a acumulação de conhecimentos que proporcionamos instrumentos intelectuais e modelos ampliados para a dedicação a uma pesquisa mais produtiva e sofisticada; c) crescente comercialização da agricultura por si e a necessidade da pesquisa agrícola de forma a melhor adaptá-la a aplicação econômica num marco de decisões altamente sofisticada e mais compatível com os domínios biológicos e físicos do setor agrícola.

Se no aspecto metodológico, instrumentos para delimitação e análises já vêm alcançando um bom desenvolvimento, nos dias de hoje, a sua aplicação torna-se prejudicada no aspecto institucional impedindo que estas unidades cumpram fielmente com as suas funções no desenvolvimento econômico.

É mister lembrar que uma dessas funções tem como ponto de partida que a geração de informações sobre experimentação agrônômica deve ser útil ao seu consumidor final que é o produtor rural (NEVES, 1985). De outra forma o não atendimento desta função leva o descrédito do trabalho cien-

tífico dessas unidades como detectadas por SCHUH & TOLLINI (1972, p. 3) ao citarem "que são conhecidos casos onde os agricultores perderam a confiança em extensionistas e outros cientistas da área experimental por terem recomendado práticas que resultaram não lucrativas" e, por SCHNEIDER (1983, p. 235), quando concluía em um estudo que "a pesquisa agrônômica somente algumas vezes tem procurado resolver problemas dos agricultores".

Considerando que as pesquisas desenvolvidas nos Centros e Unidades Experimentais na Agricultura devem atender prioritariamente o produtor rural, algumas sugestões podem ser oferecidas com base na retrospectiva efetuada e nos problemas detectados ao longo dos capítulos anteriores.

1) Inclusão no treinamento formal e/ou informal do profissional da área estatística de disciplinas como econometria e programação matemática a fim de complementar o conhecimento estatístico com informação matemática e econômica, embora em alguns cursos já vem sendo adotado. O treinamento informal poderia ser conduzido nos próprios centros de pesquisa ou na unidade central.

A Tabela 2 que revela a quantidade de técnico junto aos Centros e/ou Unidades evidencia a existência de um reduzido número de economistas rurais ou mesmo a ausência deste, o que impede alguma análise econômica com maior profundidade.

O estatístico com esse novo treinamento pode, de um lado suprir a ausência do economista rural no caso

da inexistência deste, ou reforçar a discussão e massa crítica em situações de que haja apenas um profissional treinado em economia rural.

Esse tipo de problema já tinha sido detectado por VIEIRA (1980, p. 343) ao estabelecer alguns critérios que deveriam ser observados pelo estatístico em suas recomendações sobre quantidades econômicas. "Entretanto os preços reais de produtos e insumos não são estáveis. Então para que informações obtidas com base em experimentos conduzidos em determinado ano possam ser utilizados em anos subsequentes é recomendável que o estatístico trabalhe com diversas relações de preços e faça a recomendação ao produtor de quantidades econômicas de insumos em função dessas relações".

NEVES (1985) lembra que um treinamento principalmente em econometria poderá auxiliar na convergência dos conceitos, delineamentos e análises quantitativas propostas pela econometria e biometria corrigindo erros do passado. As atuais tendências na biometria, em especial as relacionadas com o projeto e predição da superfície de resposta, estão contribuindo para liberar os pesquisadores da área biológica de um mundo natural de comportamento físico e aproximando-os do mundo econômico. Neste sentido a econometria, atualmente se encontra melhor instrumentalizada com modelos que admitem a presença de fenômenos descritos e do tipo de números inteiros (DILLON, 1977; ANDERSON *et alii*, 1977).

Já a Programação Matemática, principalmente a Programação Linear e suas extensões, pode fornecer ao estatístico uma visão mais abrangente do funcionamento do mundo real ao poder incluir nos modelos o sistema como um todo (NEVES *et alii*, 1984). Recomendação neste sentido é emanada de CRUZ & HOEFLICH (1976, p. 2) da EMBRAPA que chamavam a atenção para as "pesquisas sobre a determinação de sistemas de produção ótimos, que consiste em estudos destinados a combinação mais desejável de atividades em propriedades agrícolas típicas (classificadas por tamanho ou outro critério qualquer), numa determinada região. Teriam que ser comparados os sistemas de produção em uso com a nova tecnologia desenvolvida pela unidade de pesquisa. Teriam igualmente que ser levadas em consideração as restrições de recursos e prováveis intervalos de preços que enfrentariam os produtores da região considerada". Ora, os modelos de programação matemática podem atender a esses tipos de problema.

A inclusão dessas disciplinas no treinamento do estatístico tem sua importância realçada pelo fato de que este profissional, mais do que o economista rural, tem sido um elemento fundamental no delineamento ou desenhos experimentais auxiliando ou influenciando na definição das variáveis relevantes as análises.

2) Fortalecimento de pesquisas multidisciplinares nos Centros e/ou Unidades.

Constatou-se que inúmeras pesquisas desenvol-

vidas nos Centros têm aplicações muito limitadas, circunstâncias e momentâneas. São análises parciais que não apresentam uma visão sistêmica que possam simular o mundo real gerando subsídios ao planejamento da unidade de produção ou mesmo regional.

Neste caso sugere-se o estabelecimento de equipes multidisciplinares com a participação do estatístico e dos especialistas do campo biológico, físico e econômico.

Para NEVES (1985, p. 215) "esta integração deve levar a criação mais abrangente do processo de produção e, em consonância, a construção de modelos mais consistentes com o mundo real e o delineamento experimental para efeito de decisões".

3) Intensificação do treinamento do economista rural das Unidades de Pesquisa e Experimentação nas áreas de Programação Matemática, Administração Rural e Simulação.

Nos programas de treinamentos formal e/ou informal do economista rural deve-se considerar como prioridade as disciplinas que transfiram conhecimentos sobre o uso de programação matemática com dados experimentais, que envolvam modelos de risco e sistemas de simulação.

Pode-se assinalar que este seria o caminho para que os Centros de Pesquisas na área de experimentação agrônômica venham a usar modelos que incorporem risco com lar-

ga utilização em países desenvolvidos. Neste sentido, CRUZ (1984) lembra de modelos de incorporação de risco em decisões isoladas como o Princípio de Bernoulli, o Modelo Média Variância (E-V), a Dominância Estocástica (D.E.), entre outros e de Modelos de Incorporação de Risco para a propriedade rural como o MOTAD (*Minimization of Total Absolute Deviation*). Em ambas as situações, dados provenientes da experimentação agrícola poderão ser incorporados.

Disciplinas na área de Administração Rural seriam importantes para o entendimento do estabelecimento rural como uma unidade orgânica, onde os fatores de produção são alocados e distribuídos para diferentes explorações e não para uma em particular. Isto é possível somente em estabelecimento especializados que se dedicam a uma única exploração, o que não é muito comum no Brasil.

Os sistemas de simulação são importantes na incorporação das operações da unidade de produção via alguns tipos de modelo. Esses modelos podem variar desde simples orçamentos a té detalhadas representações computadorizadas do complexo e interrelacionado processo biológico, econômico e social da unidade de produção (DILLON & HARDAKER, 1980).

Este treinamento se torna indispensável para melhor compreensão do recente desenvolvimento de modelos estocásticos de simulação e programação matemática aplicados a experimentação agrícola que necessitam de delineamentos experimentais apropriados. Segundo PORTUGAL (1983, p. 337) uma das vantagens dos modelos

de simulação "é aquela em que o pesquisador que trabalha em simulação é forçado a juntar pedaços do conhecimento disponível e tentar dissecar e entender os mecanismos internos do processo biológico ou bioeconômico (caixa preta). Este exercício resulta num melhor entendimento do sistema real e pode levar à identificação de falhas no estoque de conhecimento científico e, assim, constituir um importante instrumento na alocação de recursos na pesquisa. A segunda é a possibilidade de criar um ambiente favorável para uma cooperação interdisciplinar, entre especialistas das áreas biológicas, sociológicas e econômicas, por causa do amplo conjunto de variáveis incluídas em tais modelos".

4) Envolvimento de técnicos da área de assistência técnica e extensão rural e do produtor rural num modelo participativo nas unidades de pesquisa.

Naturalmente que o atendimento desta sugestão fica condicionado ao desenvolvimento e aperfeiçoamento das sugestões anteriores. Ademais este modelo participativo dependeria também da quantidade de recursos financeiros alocados nas unidades para este tipo de atividade.

Um modelo participativo traria inúmeros benefícios a tríade "pesquisa-extensão rural-produtor" pela riqueza de informações advindas do fluxo e refluxo dessas, interagindo os diversos segmentos interessados nos resultados da pesquisa experimental, da produção científica e tecnológica e da transferência dessa produção que prioritariamente atenda às necessidades vividas e sentidas pelos

agricultores sem desprezar os aspectos de rapidez, confiança e validade científica (SCHNEIDER, 1983). Neste caso, modelos de risco que usam programação matemática incorporando dados experimentais e da fazenda seriam os mais apropriados como ponto de partida para o planejamento da propriedade rural como um todo.¹ O treinamento em administração rural como domínio conexo pode vir a auxiliá-la na elaboração deste modelo participativo.

Esse modelo pode dar à experimentação agrônômica maior credibilidade junto à assistência técnica e extensão rural e aos agricultores responsáveis pela pesquisa e não meros consumidores finais.

Como é impossível cada produtor receber orientação individual, há a necessidade de se trabalhar com grupo de produtores bem definidos de acordo com os sistemas de produção. Não se pode ignorar que os agricultores operam em condições de recursos limitados, diferindo em suas preferências, aversão ao risco e julgamento de probabilidades.

Já o economista rural das unidades experimentais de simples "elemento a reboque" valoriza a sua participação tendo condições de avaliar melhor os benefícios e custos sociais das pesquisas

¹ As primeiras tentativas de modelo participativo tem partido da EMBRAPA, com o PACTA, versão IV (CRUZ & SILVA, 1984); PROFAZENDA (SUGAI, 1984) e o BIORISCO (CRUZ, 1984). Desconhece-se porém a sua difusão e extensão do uso.

agroeconômicas. Poderã invalidar conceitos, tais como o emanado por PAIVA *et alii* (1973, p. 107) de que "o que os economistas rurais têm-se omitido e deixado de medir é a ineficiênciã e os desperdícios econômicos que ocorrem nos trabalhos experimentais, ou seja, o confronto entre o número de trabalhos realizados todos os anos e o número de resultados de valor para a agricultura que se obtem com eles".

LITERATURA CITADA

- AGRAWAL, R.C. & HEADY, E.O. **Operations research methods for agricultural decisions.** Iowa, Iowa State University Press, 1972. 303 p.
- ALBUQUERQUE, J.J.L. & SANDERS, J.H. Rendimento de algodão herbáceo em função da fertilidade natural e artificial dos solos em Alagoas. **Revista de Economia Rural, Brasília, 15(2):49-64, 1976.**
- ALMEIDA, D.L.; CASTRO, J.A.B. de; PENTEADO, A. de F.; GRANATO, S. de S. Otimização econômica da produção de milho de acordo com as fórmulas ou adubações baseadas na análise do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 12:1-10, 1977.**
- ALVES, M.I.F.; RIBOLDI, J.; IEMMA, A.F.; GUIDONI, A.L. Análise estatístico-econômica da influência do horário de alimentação associado aos níveis de proteína em frangos de corte. *In*: SIMPÓSIO DE ESTATÍSTICA APLICADA À EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA, 2., Londrina, 1987. **Anais.** Londrina, Universidade Estadual de Londrina, 1987. p. 213-228.

- ANDERSON, J.R. Risk efficiency in the interpretation of agricultural production research. *Rev. Market. Agric. Econ.*, New South Wales, 42(3):131-84, Sept. 1974.
- ANDERSON, J.R.; DILLON, J.L.; HARDAVER, J.B. **Agricultural decision analysis**. Ames, Iowa State University Press, 1977. 320 p.
- ARAUJO, J.E.G. Una opción humanista en el desarrollo rural de America. Montevideo, Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas, 1974. p. 192-95. (Série desarrollo ins- titucional, 1).
- ARRUDA, H.V. Determinação da dose econômica de um dado nu- triente em experimentos de adubação. *O Biológico*, São Paulo, 1969.
- ARRUDA, H.V. Sobre uma fórmula para cálculo de dose econômi- ca de fertilizantes. *Boletim Indústria Animal*, São Pau- lo:195-201, 1973.
- AYRES, C.H.S. **Análise econômica do uso de fertilizantes na cultura do feijão *Phaseolus*, no Estado do Pará**. Brasília, EMBRAPA, 1978. 9 p.
- AZEVEDO FILHO, A.J.B.V. de & PERES, F.C. Competitividade da cultura da soja em uma empresa da região de Campinas, SP. *In: Planejamento de propriedade agrícola; modelos de deci- são*. Brasília, EMBRAPA, 1984. P. 289-300.
- BAHIA, F.; MAGNAVACA, R.; SANTOS, H.L. dos; SILVA, J.; BAHIA FILHO, A.F.C.; FRANCA, G.E. de; MURAD, A.M.; MACEDO, A.A.

de; SILVA, T.; CUNHA, E. Ensaio de adubação com N, P e K na cultura de milho em Minas Gerais; análise pela Lei de Mitscherlich. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Série Agronômica, Brasília, 8:321-38, 1973.

BARROS, C.S. de C. Três desafios à agricultura brasileira. Piracicaba, ESALQ/USP, 1980. 34 p. (Série Pesquisa, 41).

BRAGA, J.M.; FELIPO, B.V. de; ANDRADE, D.O. Adubação de soja em solos sob vegetação de cerrado na região do Triângulo Mineiro. Revista Ceres, Viçosa, 19(101):52-62, 1972.

BRANDÃO, E. Evaluation of new technologies for small farmers in Northeast Brazil. USA, Purdue University, 1979. 130 p. (Mestrado - Purdue University).

CAMARGO, J.R.V. de. Análise econômica de experimentos de adubação na cultura do algodão. Agricultura em São Paulo, São Paulo, 1, 2:19-33, 1981.

CAMPOS, A.C. Análise agroeconômica da cultura do tomateiro envolvendo variedades, adubação e população de plantas. Viçosa, 1971. 79 p. (Mestrado - UFV).

CAMPOS, H. Aspectos da aplicação das superfícies de resposta a ensaios fatoriais 3^3 de adubação. Piracicaba, 1967. 82 p. (Livre-Docência - ESALQ/USP).

CAMPOS, H.; ARAÚJO, P.F.C. de; ARRUDA, H.V. de. Aspectos econômicos de adubação em milho. Agricultura em São Paulo, São Paulo, 1/2:169-84, 1973.

- CARVALHO, R.C. de A. Análise econômica de experimentos de alimentação de suínos. Viçosa, 1973. 47 p. (M.S. - Universidade Federal de Viçosa).
- CARVALHO, R.C. de; DUARTE, P.A.; PEREIRA, P.F.; THOMAZ, A.C. F. Determinação das quantidades ótimas de fertilizantes para as culturas de milho e feijão em municípios do Ceará. Fortaleza, Universidade Federal do Ceará, 1976. 16 p.
- CAVALCANTI, F.S. de A. & GOMES, R.V. Dose econômica de fósforo para cana-planta em um solo de tabuleiro em Pernambuco. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 24(3): 291-93, jul. 1979.
- CHAVES, R.N. de M.; BRAGA FILHO, L.J.; MAIA, J.L.V. Uma ração de custo para frangos. Ceres, Viçosa, 17(94):290-313, out./dez. 1970.
- CONAGIN, A. Análise sucinta de um grupo de experimentos de adubação de feijoeiro. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, 1962. 6 p.
- COSTA, R.A. da. Funções de produção ajustadas a ensaios fatoriais 3^3 de adubação de arroz. Piracicaba, 1979. 80 p. (Mestrado - ESALQ/USP).
- CRISOSTOMO, L.A.; CAMPOS, T.G. da S.; CORDEIRO, C.M.T.; CASTOR, O.S. Diferentes níveis de adubação da fórmula 4-14-8 na rentabilidade e risco da produção comercial da batata. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 18(3): 205-12, maio 1983.

- CRUZ, E.R. da, ed. Risco em modelos de decisão na agricultura. Brasília, EMBRAPA, 1984. 161 p.
- CRUZ, E.R. da & HOEFLICH, V.A. Análise econômica dos dados de pesquisa agropecuária; uma abordagem pragmática. Brasília, EMBRAPA, 1976. 10 p.
- CRUZ, E.R. da & SILVA, R.J.B. da. Programa de análise comparativa de rentabilidade e risco entre alternativas; PACTA, VERSÃO IV. *In*: CRUZ, E.R. da, ed. Risco em Modelos de Decisão na Agricultura. Brasília, EMBRAPA, 1984. p. 110-21.
- D'ALUISIO, M.de B.G. Influência dos erros experimentais sobre as recomendações de adubação obtidas pela Lei de Mitscherlich. Botucatu, 1973. 71 p. (Doutorado - Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas).
- DAVIDSON, B.R.; MARTIN, B.R.; MAULDON, R.G. Aplicación de la investigación experimental a la producción agraria. *In*: NIETO-OSTOLAZA, M.C. Madrid, Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, 1973. p. 315-24.
- DILLON, J.L. The analysis of response in crop and livestock production. 2. ed. Oxford, Pergamon, 1977. 213 p.
- DILLON, J.H. & HARDAKER, J.B. Farm management research for small farmer development. Rome, Food and Agriculture Organization of the United States, 1980. 145 p.
- DOLL, J.P.; RHODES, V.J.; WEST, J.G. Economics of agricultural production, market and policy. Illinois, Ricard D. Irwin, 1968. 557 p.

- DUARTE, P.A. Análise econômica da cultura pura e consorciada do feijoeiro sob condições de risco. Fortaleza, 1975. 72 p. (Mestrado - UFCe).
- DUTRA, L.G.; PEREIRA, J.; BRAGA, J.M.; REGO, A.S. Efeito do adubação nitrogenada, fosfatada e potássica, na produção de soja (*Glycine max* L. Merrill) e do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em latossol vermelho escuro; textura média nos municípios de Goiânia e Anápolis, Goiás. **Revista Cereales**, Viçosa, 22(123):341-58, 1975.
- FIGUEIREDO FILHO, M. Análise do custo de decisão errada; o caso do milho no Estado de São Paulo. Piracicaba, 1976. 91 p. (Mestrado - ESALQ/USP).
- FONSECA, V.O. Análise econômica da aplicação de doses e fontes de nitrogênio na cultura do trigo, sob condições de risco, em Pelotas, Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1976. 82 p. (Mestrado - UFRGS).
- FROMBERG, K. & TAYLOR, C.R. The influence of risk arising from weather variability on the optimal nitrogen fertilization level of corn. **Illinois Agricultural Economics**, Illinois, 15(2):23-6, 1975.
- FUZATTO, M.G.; VENTURINI, W.R.; CAVALERI, P.A. Estudos técnicos-econômicos da adubação do algodoeiro no Estado de São Paulo. São Paulo, BNDE, 1971. 11 p.
- GARCIA, J.C. Modificação do ambiente versus adaptação das plantas ao meio; uma análise econômica. **Revista de Economia Rural**, Brasília, 21(2):209-17, abr/jun. 1983.

- GARCIA, J.C. & RUAS, D.G.G. Seleção de sistemas de produção para milho em condições de risco. *Revista de Economia Rural*, Brasília, 19(4):585-96, 1981.
- GOMES, F.P. A lei de Mitscherlich e a análise de variância em experimentos de adubação. *Anais da ESALQ*, Piracicaba, 8:355-368, 1961.
- GOMES, F.P. A estimação do efeito residual de fertilizante por meio da lei de Mitscherlich. Piracicaba, ESALQ, 1954. 82 p.
- GOMES, F.P. A lei de Mitscherlich aplicada a experimentos de adubação com vinhaça. *Anais da ESALQ*, Piracicaba, 14, 15:107-12, 1957/58.
- GOMES, F.P. *A estatística moderna na pesquisa agropecuária*. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1984. 160 p.
- GOMES, F.P. *Curso de estatística experimental*. 11. ed. São Paulo, Nobel, 1985. 250 p.
- GOMES, F.P. & CAMPOS, H. Resultados de ensaios da adubação. *In: Cultura e adubação do milho*. São Paulo, Instituto Brasileiro de Potassa, 1966, p. 155-190.
- GOMES, F.P. & CAMPOS, H. Resultados de ensaios da adubação, *cultura e adubação do milho*. São Paulo, Instituto Brasileiro de Potássio, 1967. 132 p.
- GOMES, F. & MALAVOLTA, E. Considerações matemáticas sobre a lei de Mitscherlich. *Boletim ESALQ*, Piracicaba, 3(8):355-68, 1949.

- GOMES, F.P. & NOGUEIRA, I.R. Tabela de polinômios para interpolação da equação de Mitscherlich. Anais da ESALQ, Piracicaba, 8:57-67, 1951.
- GOMES, G.C.; MAGALHÃES, C.A. de; BARBOSA, T.; MELLO, H. V. Estudo da viabilidade técnico-econômica da suinocultura na Zona da Mata de Minas Gerais. *Experimentae*, Viçosa, 20 (5):117-41, set. 1975.
- GOMINHO, M.S.F. & MAFRA, R.C. Uma metodologia de análise agropecuária para culturas consorciadas em experimentos de adubação. *Pesquisa Agropecuária Pernambucana*, Recife, 3 (2):161-82, 1979.
- GOODWIN, J.B.; SANDERS, J.H.; HOLLANDA, A.D. *Modeling Risk and Technology Adoption in the Semi-Arid Northeast of Brazil*. USA, Purdue University, 1979. 35 p.
- GRAZIANO DA SILVA, J.F.; PEREZ, M.C.R.C.; CARMO, M.S. do; VIEIRA, A. Cálculo de rações de custo mínimo para poedeiras através da programação linear. Piracicaba, ESALQ/USP, 1973. 63 p. (Série estudos, 15).
- GUAZELLI, R.J.; MENDES, J.F.; BAUWIN, G.R.; MILLER, S.F. Efeitos agronômicos e econômicos do calcário, nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre e micronutrientes nos rendimentos de soja, feijão e arroz em Uberaba, MG. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Série Agronômica, Brasília, 8(6): 29-37, 1973

- GUIMARÃES, J.F.; SOUZA NETO, J.; KHAN, A.S. Efeito de quatro níveis de adubo e densidade do plantio na produção de sorgo no Estado do Ceará; análise econômica. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 24., Lavras, 1986. Anais. Lavras, SOBER, 1986. p. 19-21.
- HEADY, E.O. *Economics of agriculture production and resource use*. New York, Prentice-Hall, 1957. 850 p.
- HEADY, E.O. Interacción de las investigaciones técnica económica. *In*: NIETO-OSTALAZA, M.C. *Economía de la investigación agraria*. Madrid, 1973. p. 287-96.
- HEADY, E.O. & DILLON, J.L. *Agricultural production functions*. 2. ed. Iowa, Iowa State University Press, 1964. 677 p.
- HILLIER, F.S. & LIEBERMAN, G.S. *Operations Research*. São Francisco, Holden-Day, 1974. 690 p.
- HOEFLICH, V.A.; TEJEDA, H.R.; SANTOS, R.F. Análise econômica da aplicação de fertilizantes no cultivo de arroz, em duas localidades do Pará. Brasília, EMBRAPA, 1977. 31 p.
- HOEFLICH, V.A. & RUFINO, J.L.S. Análise econômica da engorda de bovinos de corte em confinamento, na estação seca em área de cerrados. Brasília, EMBRAPA, 1978. (Estudo, 18).
- HOFFMANN, R.; ENGLER, J.J. de C.; SERRANO, O.; THAME, A. C. de M. *Administração da empresa agrícola*. 5. ed. São Paulo, Pioneira, 1987. 325 p.

- HOFFMANN, R. & VIEIRA, S. Determinação do intervalo de confiança para a dose econométrica de nutriente com base em experimentos de adubação. Piracicaba, ESALQ, 1976. 61 p. (Série pesquisa, 35).
- HUTTON, H.F. An appraisal of research on the economics of fertilizers use. Div. of Agric. Relations, 1955. 30 p.
- IGUE, T.; MASCARENHAS, H.A.A.; MIYASAKA, S. Estudo Comparativo dos métodos de Mitscherlich e do trinômio do segundo grau na determinação das doses mais econômicas de fertilizantes de adubação de feijoeiro. 1971
- INFELD, J.A. Análise econômica de ensaios com quatro sistemas integrais de arroz irrigado. In: REUNIÃO DA SOBER, 12., Porto Alegre, 1974. Anais. Porto Alegre, SOBER, 1974. 73 p.
- JANVRY, A. de. Optimal levels of fertilization under risk; the potential for corn and wheat fertilization under alternative price policies in Argentina. *American Journal of Agricultural Economics*, Iowa, 54(1):1-10, 1972.
- KUTCHER, G.P. & SCANDIZZO, P.L. A partial analysis of share-tenancy relationship in Northeast, Brazil. *Journal of Development Economic*, (3):343-54, 1976.
- LANZER, E.A. Análise econômica de um grupo de experimentos de fertilização de calagem do solo na cultura do trigo. Porto Alegre, 1970. 117 p. (Mestrado - UFRGS).
- LANZER, E.A. Programação linear; conceitos e aplicações. Rio de Janeiro, IPEA/INPES, 1982. 258 p. (Série PNPE, 4).

- LANZER, E.A. & PARIS, Q. Controle ótimo de estoque de fertilidade química do solo para a sucessão trigo-soja no Rio Grande do Sul. *In*: EMBRAPA. Planejamento da propriedade agrícola; modelos de decisão. 2. ed. Brasília, EMBRAPA, 1986. p. 209-36.
- LESSINGER, E. Análise econômica do efeito residual do fósforo e calcário num experimento com pastagem e trigo através de funções de produção, Vacaria, RS. Porto Alegre, 1972. 105 p. (Mestrado - IEPE).
- LIMA, J. de A.; LOPES, J.F.; CASTOR, O.S.; HORINO, J.; SOUZA, A.F. Avaliação agroeconômica do uso de matéria orgânica na produção comercial de pepino. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 19(4):407-10, abr. 1984.
- LIMA, J.E. de. Relações econômicas em uma fase de crescimento de novilhas com três graus de sangue, Viçosa, MG. Viçosa, 1971. 62 p. (M.S. - Universidade Federal de Viçosa).
- LIMA, L.A. de P. Análise agroeconômica da adubação NPK de diferentes populações de milho, em dois solos no Triângulo Mineiro. Viçosa, 1979. 77 p. (Doutorado - UFV).
- MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola. São Paulo, Editora Agronômica Ceres, 1969. 650 p.
- MARTIN, N.B. & PIRES, Z.A. Período ótimo de confinamento de bovinos de corte. São Paulo, IEA, 1975. 25 p.

- MARTINS, M.I.E.G. Análise econômica de diferentes níveis de fósforo na produção de arroz consorciada com *Brachiaria* em solos sob vegetação de cerrado. Piracicaba, 1983. 82 p. (Mestrado - ESALQ/USP).
- MASCARENHAS, H.A.A.; DEMATTÊ, J.D.; MIYASAKA, S.; IGUE, T. Estudos preliminares sobre a adubação econômica da soja na região da Alta Mogiana em Latossol Roxo e Latossol Vermelho Escuro, fase arenosa. São Paulo, BNDE, 1971. 8 p.
- MELO, F.I.O. Aplicação do método modificado de Gauss-Newton para estimar os parâmetros da equação de Mitscherlich. Piracicaba, 1976. 74 p. (Mestrado - ESALQ/USP).
- MENDES, L.G. Análise de custo de decisões erradas, sob condições de incerteza de preço; o caso da batatinha no Estado da Bahia. Viçosa, 1974. 46 p. (Mestrado - UFRV).
- MENEGUELLI, C.A. & TOLLINI, H. O problema da forma algébrica de funções de resposta a fertilizantes. Revista de Economia Rural, Brasília, 16(4):97-104, 1978.
- MESQUITA, T.C. Rações de custo mínimo para frangos de corte e procura potencial para novos ingredientes. Fortaleza, 1975. 83 p. (M.S. - Universidade Federal do Ceará).
- MESQUITA, T.C.; SILVA, P.R.; SANDERS JUNIOR, J.H. Procura potencial para sorgo granífero no nordeste brasileiro. Ceará, UFC, 1975. 19 p. (Série pesquisa, 8).
- MILLER, S.F.; BAUWIN, G.R.; GUAZZELLI, R.J. Avaliação econô

- mica e agronômica de um experimento com feijão comum Uberaba, Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Série Agronômica, Brasília, 7:19-26, 1972.
- MIRANDA, L.E.C. & MIRANDA, L.T. **Estudo econômico da adubação do milho no Estado de São Paulo**. São Paulo, BNDE, 1971. 19 p. (Boletim, 4).
- MIRANDA FILHO, J.B. Princípios de experimentação e análise estatística. *In*: PATERNIANI, E., ed. & VIEGAS, G.F., ed. **Melhoramento e produção de milho**. Campinas, Fundação Cargill, 1987. 765-95.
- MISCHAN, M.M. **ANálise econométrica do crescimento de gado bovino**. Botucatu, 1972. 141 p. (Doutorado - FCMBB).
- MORENO, E. & TEIXEIRA FILHO, A.R. Uma tentativa de avaliação de riscos na fertilização de cana. *In*: REUNIÃO DA SOBER, 12., Porto Alegre, 1974. **Anais**. Porto Alegre, SOBER, 1974. 73 p.
- MOUTINHO, D.A. Escolha de nova tecnologia sob condições de risco; o caso de feijão de corda em Quixadá. Fortaleza, 1977. 110 p. (Mestrado - Universidade Federal do Ceará).
- NAKAGAWA, J. Estudo de mistura e de doses econômicas de mistura de fertilizantes da cultura de amendoim (*Arachis hypogaea* L.), experimento I. *Revista da Agricultura*, Piracicaba, 49(1):49-56, 1974.
- NAKAGAWA, J. Estudo de mistura e de doses econômicas de

- mistura de fertilizantes na cultura de amendoim (*Arachis hipogaea* L.), experimento II. *Revista de Agricultura*, Piracicaba, 49(2/3):75-82, 1974.
- NAKAGAWA, J. Estudo de mistura e de dose econômicas de mistura de fertilizantes na cultura de amendoim (*Arachis hipogaea* L.), experimento III. *Revista de Agricultura*, Piracicaba, 49(4):141-48, 1974.
- NEVES, E.M. **Economicidade do uso de insumos modernos; análise econômica de resultados de experimentos em fertilizantes.** Piracicaba, ESALQ, 1977. 48 p. (Série pesquisa, 36).
- NEVES, E.M. **Análise econômica do investimento em condições de risco na cultura da borracha.** Piracicaba, 1984. 171 p. (Livre-Docência - ESALQ/USP).
- NEVES, E.M. **Análises estatísticas e econômicas na experimentação agrônômica; problemas e sugestões.** In: SIMPÓSIO DE ESTATÍSTICA APLICADA À EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA, Piracicaba, 1985. **Anais.** Piracicaba, Fundação Cargill, 1985, p. 207-24.
- NEVES, E.M.; GRAÇA, L.R. & McCARL, B. **Programação matemática aplicada a dados experimentais no Brasil; problemas atuais, limitações e sugestões.** In: EMBRAPA. **Planejamento da propriedade agrícola; modelos de decisão.** Brasília, EMBRAPA, 1984. p. 101-130.
- NORONHA, J.F. **Teoria da produção aplicada a análise econômica**

- ca de experimentos. *In*: EMBRAPA. Planejamento da propriedade agrícola; modelos de decisão, EMBRAPA, 1984. p. 23-66.
- NOVAIS, R.F. & FELIPO, B.V. de. Níveis ótimos de NPK, na adubação de arroz de sequeiro, em um solo de cerrado de Patos de Minas. *Experimentae*, Viçosa, 11(7):281-96, 1971.
- ORLANDO FILHO, J.; ZANBELO JUNIOR, E.; LEME, E.J.A. Efeito de irrigação sobre a adubação NPK em cana-planta, var. CB 41-76. *Boletim Técnico Planalsucar*, Piracicaba, 2(2):31-58, 1980.
- PACHECO, J.A. de. Modelos de decisão na análise econômica de experimentos agrícolas. Piracicaba, 1985. 111 p. (Mestrado - ESALQ/USP).
- PAIVA, R.M.; SCHATTAN, S.; FREITAS, C.F.T. de. Setor agrícola do Brasil; comportamento econômico, problemas e possibilidades. *In*: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ECONOMIAS AGRÍCOLAS, 15., Brasília, 1973. *Anais*. Brasília, Secretaria da Agricultura, 1973. 456 p.
- PAUL, J.M. Análise econômica de funções de produção em fertilizantes e calagem do milho na região do norte Pioneiro do Paraná. Porto Alegre, 1977. 133 p. (Mestrado - IEPE).
- PEREIRA, A.R. & ARRUDA, H.V. Ajuste prático de curvas na pesquisa biológica. Campinas, Fundação Cargill, 1987. 50 p.

- PERES, F.C. & MARQUES, P.V. *Manual do cálculo de rações do custo mínimo com uso de microcomputadores.* Piracicaba, Piracicaba, FEALQ/ESALQ/USP, 1987. 190 p.
- PERRIN, R.K.; WINKELMANN, D.L.; MOSCARDI, E.R. & ANDERSON, J. R. *Formulação de recomendaciones a partir de fatos agromicos; um manual metodológico de evaluacion economica.* México, CIMMYT, 1976. 53 p.
- PESSOA, P.F.A. de P.; BISERRA, J.V.; SILVA, L.A. *Análise comparativa de cultivares de alho através da dominância estocástica.* In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 24., Lavras, 1986. *Anais.* Lavras, SOBER, 1986. p. 25.
- PHILLIPS, D.T.; RAVINDRAN, A. & SOLBERG, J.J. *Operations research; principles and practice.* New York, John Wiley & Sons, 1976. 480 p.
- PINHEIRO, A.C.A.; PROTAS, J.F. da S. & IRANG, R. *A função de produção e a relação de preço insumo-produto, como determinantes do peso ótimo de abate de suínos.* *Revista de Economia Rural*, Brasília, 21(3):311-80, 1983.
- PINHEIRO, F.A. *Análise econômica em experimentação agropecuária; parte II.* Botucatu, Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu, 1976. p. 65-68.
- PORTO, V.H. da F. *Análise econométrica de dados experimentais sobre um sistema de produção trigo-soja, para a cultura de trigo.* Piracicaba, 1980. 109 p. (Mestrado - ESALQ/USP).

- PORTUGAL, A.D. Simulação de sistemas agropecuários. Pesqui
sa Agropecuária Brasileira, Brasília, 18(4):335-42, abr.
1983.
- QUINOZ, F.A.G. Análise econômica de recria-engorda de bovi-
nos de corte, em confinamento, na estação seca, Minas Ge-
rais - 1967/69. Viçosa, 1970. 86 p. (M.S. - Universidade
de Federal de Viçosa).
- ROCHA, J. Análise econômica da engorda de bovinos em confi-
namento através da superfície de resposta Ulveling - Flet-
cher, Viçosa, MG. Viçosa, 1972. 130 p. (M.S. -
Universidade Federal de Viçosa).
- RODRIGUES, P.C. Análise econômica de um sistema de engorda
de bovino em confinamento. Porto Alegre, 1975. 96 p.
(Mestrado - IEPE).
- SALLES, P.A.A. de & GONÇALVES, J.O.N. Eficiência econômica
do uso de nitrogênio em pastagens. Pesquisa Agropecuária
Brasileira, Brasília, 16(1):27-31, jan. 1981.
- SALLES, P.A.A. de & GONÇALVES, J.O.N. Quantidade ótima eco-
nômica de nitrogênio usado em capim-pangola e sua determin
ação para preço relativo atualizado do fator. Pesquisa
Agropecuária Brasileira, Brasília, 17(8):1105-111, ago.
1982.
- SANDERS JUNIOR, J.H. & ALBUQUERQUE, J.L. Rendimento de algod
ão herbáceo em função da fertilidade natural e artifi-
cial dos solos em Alagoas. Fortaleza, Universidade Fede-
ral do Ceará, 1976. 19 p.

- SATURNINO, M.A.C. & MORENO, E.F. Avaliação dos retornos e riscos relacionados ao uso do fósforo e cálcio em soja na região do cerrado de Minas Gerais. *Revista de Economia Rural*, Brasília, 15(1):209-34, 1977.
- SCOLARI, D.D.G.; LOBATO, E. & MAGALHÃES, J.C.A.J. Um estudo econômico sobre fósforo e calcário em solos do cerrado do Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 17(4):505-11, abr. 1982.
- SCHNEIDER, I.A. Transferência de conhecimento agrícola num modelo reverso de comunicação. *Revista de Economia Rural*, Brasília, 21(2):219-40, 1983.
- SCHUH, G.C. & TOLLINI, H. Análise econômica de ensaios de a dubação. Brasília, Ministério da Agricultura, 1972. 44 p.
- SILVA, J.F.G. da; PEREZ, M.C.R.; CARMO, M.S. do; VIEIRA, A. Cálculo de rações de custo mínimo para poedeiras através da programação linear. Piracicaba, ESALQ/USP, 1973. 63 p. (Série estudos, 15).
- SILVA, M.A.F. Métodos de estimação dos parâmetros do modelo $y = A(1 - 10^{-cx}) 10^{-xy^2} + c$; aplicação a dados de maturação de cana-de-açúcar. Piracicaba, 1980. 180 p. (Mestrado - ESALQ/USP).
- SILVA, M.F. da. Análise econômica de experimentos de adubação em cana-de-açúcar nos municípios de Passos e Três Pontas, MG. Viçosa, 1972. 59 p. (Mestrado - Universidade Federal de Viçosa).

- SILVA, N.M. Estudo técnico-econômico de recentes experimentos de adubação de algodoeiro. São Paulo, BNDE, 1971. 8 p.
- SILVA, P.R. Análise econômica do emprego de fertilizantes na cultura de feijoeiro, através de função da produção, Zona da Mata, MG. Viçosa, 1967. 61 p. (Mestrado - UFV).
- STEFANELO, E.L. Análise econômica e relação técnica em o rendimento da soja e o emprego de fertilizantes e calcário em dez locais do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1975. 149 p. (Mestrado - IEPE).
- STEVENS, W.L. Asymptotic regression. *Biometrics*, Raleigh, 7:247-67, 1951.
- SUGAI, Y. Profazenda; um sistema computacional no planejamento da propriedade agrícola. Brasília, EMBRAPA, 1984. 120 p.
- THAME, A.C. de M. & HOFFMANN, R. Estudo econômico da determinação das doses ótimas de fertilizantes e da idade ótima de corte em *Eucalyptus saligna* SM, em solo de cerrado, no Estado de São Paulo. *Revista de Economia Rural*, Brasília, 18(1):115-42, jan./mar. 1980.
- TARSITANO, M.A.A. Análise econômica do emprego de fertilizantes nas culturas de milho e soja, numa região de Cerrado no Mato Grosso do Sul. Piracicaba, 1983. 80 p. (Mestrado - ESALQ/USP).
- TEIXEIRA, T.D. Superfície quadrática e suas aplicações na a-

- nálise econômica de experimentos. Viçosa, 1970. 164 p.
(Mestrado - UFV).
- TEIXEIRA, T.D.; GOMES, J.R.; GALVÃO, J.D.; TOLLINI, H.; MOURA, L.M. de. Análise agroeconômica de experimentos de milho realizados em Capinópolis e Sete Lagoas, Minas Gerais, através da função de produção. *Experimentação*, Viçosa, 11(2):45-134, 1971.
- TEIXEIRA FILHO, A.R. Análise e avaliação das pesquisas em administração rural e econômica da produção no Brasil. *In: REUNIÃO DA SOBER*, 10., Brasília, 1972. *Anais*. Brasília, SOBER, 1974. p. 13-6.
- TEJEDA, S.H.R. Investigación agronomica y construcción de modelos de sistemas de productividad. Brasília, EMBRAPA, 1977. 220 p.
- TELLA, R. de; CANECCHIO FILHO, V.; ROCHA, J.L.V. da; FREIRE, E.E.; IGUE, T. Experiências de adubação de amendoeira. São Paulo, BNDE, 1971. 8 p.
- THOMPSON, R.L. Economia da produção I. Viçosa, UFV, 1973. 222 p.
- THROSBY, C.D. New methodologies in agricultural production economics; a review. *In: INTERNACIONAL CONGRESS OF AGRICULTURAL ECONOMISTS*, 15., São Paulo, 1973. *Anais*. São Paulo, 1973. p. 1-16.
- VIEIRA, S. Aspectos das funções de produção ajustadas nos ensaios fatoriais 3^3 da adubação. Piracicaba, 1970. 165 p. (Doutorado - ESALQ/USP).

- VIEIRA, S. Estudo econométrico de funções da produção para adubação. *Ciência e Cultura*, Brasília, 32(3)343-5, mar. 1980.
- VIEIRA, S. & CAMPOS, H. Fórmulas para a determinação das variâncias das estimativas dos rendimentos das culturas e das doses econômicas de nutrientes, para a lei de Mitscherlich. *Ciência e Cultura*, Brasília, 23(5): 657-60, 1971.
- VIEIRA, S.; ARRUDA, H.V. de; HOFFMANN, R. Estudo comparativo de três funções na análise econométrica de experimentos de adubação. Piracicaba, ESALQ, 1971. 111 p.
- VIEIRA, A.; SILVA, J.F.G. da; PERES, M.C.R.C. Um exemplo de cálculo de razão de custo mínimo utilizando o programa LP Moss (Linear Programing Mathematical Optimization Subroutine Systems). Piracicaba, ESALQ/USP, 1973. 23 p. (Série didática, 32).
- WRIGHT, C.L. Análise econômica de adubação em culturas anuais na região de Ribeirão Preto; ano agrícola 1971/72. Piracicaba, 1973. 167 p. (Mestrado - ESALQ/USP).
- ZAGATTO, A.G. & GOMES, F.P. Aspectos econômicos da adubação. In: MALAVOLTA, E. *Manual de química agrícola*. 2. ed. São Paulo, Editora Agrônoma Ceres, 1967. p. 560-86.