

ANÁLISE ECONÔMICA DOS DADOS DE
PESQUISA AGROPECUÁRIA: UMA ABORDAGEM PRAGMÁTICA.

Por: Elmar Rodrigues da Cruz*
Vitor Afonso Hoeflich.

* Pesquisadores do Setor de Análise Econômica do DDMP-EMBRAPA.

Brasília, Agosto/76

Í N D I C E

	Página
APRESENTAÇÃO - Diretor Edmundo Gastal	
I - INTRODUÇÃO - Elmar R. da Cruz e Vitor A. Hoeflich	1
II - ANÁLISE ECONÔMICA E PLANEJAMENTO NA PESQUISA AGROPECUÁRIA	
- Diretor Edmundo Gastal	3
III - APLICAÇÕES DOS INSTRUMENTOS DE ANÁLISE ECONÔMICA	16
3.1. ORÇAMENTAÇÃO: Análise Econômica de Quatro Experimen-	
tos na Cultura do Trigo, Comparando Quatro Métodos	
de Aplicação de Nitrogênio, em Três Níveis de Aduba-	
ção. Vera Osório da Fonseca et. alii	16
3.2. FUNÇÕES DE PRODUÇÃO: Análise Econômica de Experimen-	
tos Usando Função de Produção Quadrática: Exemplo	
Simples e Didático do Uso de Fertilizantes na Cultu-	
ra do Trigo. Elmar R. da Cruz.....	29
3.3. PROGRAMAÇÃO MATEMÁTICA: Aplicações de Programação	
Não-linear para a Determinação de Combinações Ótimas	
de Tratamentos. Fernando L. Garagorry e Vitor Afonso	
Hoeflich.....	61
3.4. MODELOS DE RISCO E SIMULAÇÃO: Sistema de Produção	
Agrícola no Cerrado. Vitor Afonso Hoeflich et alii ...	73
Uma tentativa de Avaliação de Riscos na Fertilização	
da Cana. Fernando Moreno e A.R. Teixeira Filho	105
Um Sistema de Produção Mista de Bovinos de Corte e	
Ovinos para uma Região do Rio Grande do Sul - DNPEA-	
IICA	SEPARATA
IV - O PAPEL DO ECONOMISTA NUMA UNIDADE DE PESQUISA AGROPECUÁ-	
RIA - Tradução de A.R. Teixeira Filho e Levon Yeganiants..	122

A P R E S E N T A Ç Ã O *

Apraz-nos apresentar mais um trabalho na área de análise econômica dos resultados da pesquisa agropecuária que se propõe a levar aos pesquisadores e técnicos em geral uma idéia das possibilidades que oferecem as diferentes metodologias usadas nesta área.

Logo de início é indispensável estabelecer-se, no que se refere a pesquisa e a economia, a diferença entre a pesquisa da economia agrícola, parte importante da investigação em ciências sociais, e os diversos aspectos econômicos vinculados com a pesquisa agropecuária, tanto no que se refere aos aspectos biológicos dos diversos ramos (animal e vegetal) como naquilo que tem a haver com os recursos e disciplinas vinculados direta ou indiretamente da produção agropecuária.

Economia da Pesquisa Agropecuária.

Esta é a denominação genérica que se pode usar para o conjunto de aspectos econômicos vinculados à pesquisa agropecuária.

* Baseada na palestra introdutória do Seminário sobre Análise Econômica dos Dados da Pesquisa em Pecuária realizado em Mar Del Plata de 31 de Maio a 5 de junho/71, organizado pelo IICA, sob a coordenação geral do Dr. Edmundo Gastal, atualmente Diretor da EMBRAPA - Os trabalhos deste Seminário foram posteriormente publicados em "Análisis Económico de los Datos de la Investigación en Ganadería" Edmundo Gastal, ed. - IICA-Montevideo, 1972.

Na economia da investigação agropecuária, entendida em seus aspectos biológicos e físicos, estão contemplados dois níveis bem diferenciados. Ainda que estejam intimamente ligados, são dois aspectos distintos, e do ponto de vista metodológico necessitam ser enfocados com ferramentas especiais e segundo marcos conceituais diferentes, apesar da acentuada interdependência e dos aspectos comuns no que se refere aos conceitos envolvidos.

A análise econômica pode ser realizada com a finalidade de verificar as repercussões econômicas da aplicação de novos conhecimentos gerados pela investigação biológica, tanto nas unidades de produção agropecuária como através destas, nas economias regional e nacional.

O outro nível consiste na avaliação de custos e benefícios econômicos e sociais das pesquisas já realizadas e na estimação de custos e benefícios de projetos alternativos, com o objetivo de usar recursos que são limitados na forma mais efetiva possível em benefício da sociedade. É a avaliação como parte do processo de programação da pesquisa.

Avaliação Econômica da Pesquisa Agropecuária.

É indispensável a análise econômica da pesquisa em função do papel que lhe corresponde no contexto do conjunto de programas instrumentais que se realizam, com o fito de aumentar o volume de bens postos a disposição da população e, em especial, por suas vinculações com o processo de desenvolvimento econômico e social nos países em desenvolvimento.

A avaliação econômica da pesquisa neste nível se pode chamar de "macro-análise" e está estreitamente vinculada ao planejamento da pesquisa ,

entendido como um processo que se realiza de forma integral através de passos sucessivos: diagnóstico, programação, execução, avaliação, diagnóstico, etc .

O esforço da análise se realiza "a posteriori" quando se refere a pesquisas já realizadas e trata de medir os benefícios e custos sociais dos resultados obtidos, tanto a nível de projetos como a outros níveis, por exemplo, no caso de programas por produtos, programas regionais e nacionais, assim como, focado pelo lado institucional, as unidades de pesquisa. Em todos os casos, a análise se faz em termos da contribuição à economia nacional, incluindo também a avaliação da pesquisa agropecuária como um todo, segundo sua contribuição global ao desenvolvimento econômico e social. Também se pode realizar a análise "a priori" sobre a base de estimações de custos e benefícios de distintos projetos alternativos e como subsídio indispensável para o estabelecimento de prioridades na alocação de recursos.

Sem dúvida, esta é uma tarefa difícil, posto que implica na quantificação de variáveis que não são facilmente medíveis. Além das acentuadas dificuldades para medir os benefícios que incidem sobre vários serviços: pesquisa, extensão, crédito, etc, existe o problema da pesquisa básica geral e o da pesquisa básica para estudos aplicados, que não proporcionam benefícios diretos em termos de impacto na produção agropecuária. Apesar das dificuldades citadas, não se pode renunciar ao esforço da avaliação do processo em si da pesquisa. O conhecimento dos custos e dos benefícios vinculados a projetos, já realizados ou por executar, constitui um instrumento valioso para os diretores de instituições de pesquisa e para os responsáveis da alocação de recursos, tanto para a obtenção de fundos e tomada de decisões internas nos centros de pesquisa, como para o estabelecimento de prioridades nos vários programas e projetos.

Em tudo isto é fundamental o papel do economista e demais especialistas em ciências sociais, proporcionando através do assessoramento, os critérios, as projeções, a informação e os prognósticos sobre as variáveis sócio-econômicas. Tanto pelas vinculações destas com a determinação do que deve ser feito na pesquisa biológica como também, e principalmente, porque os exitos da investigação biológica devem constituir meios para proporcionar o bem estar, não há grupos e setores privilegiados a não ser a sociedade em geral.

É indispensável a compatibilização dos programas de pesquisa com os planos de desenvolvimento. Neste sentido os especialistas em economia agrícola podem desempenhar um papel de intermediação. Devem servir de intérpretes para os pesquisadores do papel desempenhado pela pesquisa nos planos de desenvolvimento agrícola e do que esperam as instituições de pesquisa dos planejadores. Por outro lado, os economistas servirão de informantes aos planejadores sobre as possibilidades da contribuição ao desenvolvimento por parte da pesquisa.

Ainda que se reconheça a relevância deste tipo de análise econômica da pesquisa e a decisiva participação que lhe deve corresponder no planejamento da pesquisa físico-biológica, o presente trabalho objetiva apenas a parte mais "micro" que é a relativa aos dados experimentais.

Análise Econômica dos Dados de Pesquisa Agropecuária.

Esta análise considera a avaliação econômica dos novos conhecimentos aplicados, gerados pela pesquisa biológica agropecuária, tanto do

ponto de vista do produtor agrícola como do impacto sobre a economia regional e nacional.

Trata-se de determinar se as inovações tecnológicas derivadas do processo de pesquisa agrícola são viáveis e convenientes de ser adotadas a nível das unidades produtoras.

Viabilidade e conveniência que se estabelecem a partir das relações insumo-produto, características do processo produtivo, mas que dependem em última instância do comportamento dos preços de insumos e produtos. As relações fator-produto são quantificadas, em termos físicos, no processo de pesquisa biológica, mas somente quando se justifica economicamente podem elas proporcionar recomendações aos produtores.

É através das relações nas quais os indicadores físicos tenham cedido lugar aos econômicos, ou seja relações entre custos (valor dos insumos) e benefícios (valor do produto) que se poderá saber se é possível a aplicação imediata de uma nova tecnologia ou, caso contrário, será necessário identificar as mudanças econômicas e estruturais necessárias para torná-la viável.

Com os dados das relações físicas proporcionados pelo investigador biológico e com a informação dos preços e de outras variáveis oferecidas pelos estudos econômicos, se faz possível a análise econômica dos dados da pesquisa agropecuária, tanto de culturas como de animais.

Básicamente podem apresentar-se duas situações distintas nos resultados da pesquisa agropecuária aplicada.

Na primeira, a determinação dos custos de produção da técnica e sua relação com o produto ou benefício não são tão importantes, posto que es-

tã implícita uma redução do custo médio. É o caso de novas variedades de culturas ou a substituição de raças na pecuária. Em ambos há um aumento do produto e conseqüentemente do benefício, enquanto que os custos variáveis permanecem inalterados. É encontrada uma variante desta situação, na qual a produção permanece inalterada enquanto que o custo se reduz. Este é o caso de pesquisa sobre o uso de pesticidas ou produtos veterinários, quando se trata de encontrar formas de aumentar a eficiência de seu uso diminuindo o número de aplicações e mantendo os mesmos efeitos ou melhorando-os. Ainda nestes casos em que é óbvia a vantagem econômica, são importantes as quantificações para facilitar a compreensão, por parte dos produtores, das vantagens da adoção da nova prática, variedade ou raça.

Na outra situação (a mais frequente) há uma variação (aumento) do produto que se obtém com um incremento dos custos. Nestes casos é indispensável que a análise econômica estabeleça as relações entre custos e benefícios. Isto possibilita a determinação da viabilidade de novas práticas e também, quando for possível determinar os custos unitários e relacioná-los com o preço do produto, se pode chegar ao conhecimento do nível ótimo da utilização do insumo para distintas situações de preços.

Na análise econômica dos dados de pesquisa biológica o especialista em economia, a partir da função de produção envolvida na inovação tecnológica e com base nas relações de preços, determina a viabilidade econômica da nova técnica. Naturalmente que a análise deve ser ampliada, determinando o comportamento da técnica com outras relações de preços admissíveis. Deve ser quantificado o efeito macro-econômico da nova tecnologia, posto que a adoção generalizada da nova técnica, conveniente do ponto de vista do produ-

tor, pode ter um efeito negativo sobre a economia nacional a médio e longo prazos. Estes elementos servirão de subsídios para as decisões da política no sentido de impedir ou tornar viável a aplicação do novo conhecimento na produção. Aqui aparece bem clara a estreita interdependência entre os dois níveis da análise econômica dos resultados da pesquisa biológica.

O conhecimento das consequências econômicas do uso da nova técnica ou prática além de permitir fundamentar em bases econômicas a sua adoção a nível de produtor, proporciona antecedentes para a tomada de decisões nas políticas de preços, salários, posse da terra, etc. Com a análise do comportamento dos custos e benefícios com distintas relações de insumos e produtos, pode-se determinar quais são as medidas que, estimulando ou desalentando, possam criar as condições que façam vantajosa uma técnica que nesse momento não é utilizada devido as limitações econômicas.

Ao governo pode interessar um aumento ou redução da produção de determinados bens agrícolas. Conhecendo as relações físicas entre insumos e produtos proporcionadas pela pesquisa biológica e através do mecanismo dos preços, é possível criar-se as condições de custo ou de valor de produção que permitam ou não o uso de determinadas técnicas e, conseqüentemente, exercer um relativo controle nos volumes de produzidos de vários bens. Daí a ênfase do presente trabalho na análise econômica dos dados da pesquisa agropecuária.

Brasília, Agosto de 1976.
Edmundo Gastal.

I - INTRODUÇÃO

O Departamento de Diretrizes e Métodos da EMBRAPA, através de sua área de Análise Econômica, nas numerosas visitas feitas às unidades operacionais da EMBRAPA e dos Sistemas Estaduais de Pesquisa, tem procurado mostrar aos pesquisadores as diferentes facetas da análise econômica quando aplicável aos projetos de pesquisa agropecuária. Estas visitas tem despertado crescente interesse dos pesquisadores principalmente sobre as vantagens e limitações de cada método e sobre a aplicabilidade dos mesmos a seus projetos de pesquisa. Procuraremos aqui apresentar alguns trabalhos na área que, por sua natureza simples, não são excessivamente exigentes em quantidades de dados estando, por conseguinte, compatíveis com a nossa realidade atual.

Por esta razão deixaram de ser considerados modelos mais refinados na área de risco que envolvem dispendiosos levantamentos de campo e vasta revisão de bibliografia especializada.

Por outro lado foi abordada apenas a área relativa à micro-economia que é de interesse mais imediato das unidades descentralizadas da EMBRAPA. Evidentemente o DDMP poderá prestar assistência às unidades que eventualmente estiverem também interessadas em estudos na área de macro-economia.

O primeiro trabalho que se constitui o capítulo II, trata de colocar a análise econômica numa perspectiva ampla, relacionando-a com as atividades ligadas ao planejamento agrícola.

No capítulo III procuramos apresentar aplicações dos instrumentos de análise econômica, ressaltando-se desta forma o aspecto prático que se pretende imprimir neste trabalho.

Enfoca-se inicialmente a orçamentação por ser a técnica de uso mais generalizada de todas, dada a natureza dos projetos de pesquisa em andamento . É exposta na seção 3.1, uma aplicação relativa à fertilização na cultura do trigo.

Com relação a aplicação de funções de produção apresentou-se na seção 3.2, um exemplo simples de análise econômica de experimentos utilizando-se a função de produção quadrática. A metodologia empregada é detalhadamente explicada.

A aplicação de programação não-linear para a determinação de combinações ótimas de tratamentos, em fertilização, é o que pretende mostrar a seção 3.3.

Na seção 3.4, procurou-se abordar diferentes aplicações de modelos simples de risco ou simulação. Neste respeito apresenta-se inicialmente uma abordagem da técnica em Sistema de Produção Agrícola, para o que tanto se utiliza da orçamentação, de programação linear e de simulação simples.

Segue-se uma tentativa de Avaliação de Riscos na Fertilização, a partir da obtenção da superfície de resposta e de simulação de preços e produtividades.

Em separata é apresentado um trabalho em que sobre uma propriedade simulada (hipotética) é comparado o sistema de produção mista de ovinos e bovinos de corte em uso com aquele recomendado pela pesquisa, enfatizando-se o aspecto da transição de um sistema para o outro e o provável impacto de adoção do sistema recomendado sobre a economia regional.

Finalmente é ressaltado no capítulo 4 o papel do economista junto às unidades de pesquisa agropecuária.

Brasília, Agosto/76.

DDMP-EMBRAPA.

II - ANÁLISE ECONÔMICA E PLANEJAMENTO DA PESQUISA AGROPECUÁRIA.

ALGUNS ASPECTOS IMPORTANTES PARA UM ESQUEMA DE PROGRAMAÇÃO DA PESQUISA AGRÍCOLA *

Edmundo Gastal **

Existem alguns pontos que são fundamentais serem levados em conta quando se quer armar um esquema de programação, eficiente e coerente, da pesquisa agropecuária. É indispensável a consideração dos mesmos, visto que o esquecimento ou a interpretação deformada de um deles será suficiente para colocar em risco a funcionalidade do sistema proposto o que, em consequência, deixará de cumprir com o papel que lhe corresponde na realização de uma pesquisa aplicada ao setor agropecuário realmente ajustada às necessidades do processo de desenvolvimento econômico e social. Estes aspectos são:

- Marco de referência.
- Enfoque integral.
- Um órgão de programação.
- Níveis de programação.
- Estrutura da programação.
- Ciclos da programação.

* Extraído de E. Gastal e G. Guerra - "Investigacion Agrícola y Economía" , IICA-Montevideo, 1972.

** Especialista em Economia Agrícola da Linha de Pesquisa Agrícola, IICA, Zona Sul, atualmente Diretor da EMBRAPA.

MARCO DE REFERÊNCIA.

O marco de referência para a programação da investigação agropecuária deve estar formado por alguns elementos externos e outros internos à própria pesquisa.

Os primeiros, ou seja os fatores exógenos, são os planos de desenvolvimento econômico e social e as políticas de ciência e tecnologia do país. Se deve identificar e interpretar os aspectos contidos nestes que têm uma vinculação direta ou indireta com a pesquisa agrícola. Quando os planos e políticas mencionados não estão ordenados, há que se fazer um levantamento das políticas e projetos isolados que tenham relação com a terra e verificar o papel que corresponde ou pode ser desempenhado pela investigação com o fim de acelerar o desenvolvimento agrícola e, por fim, aumentar o bem estar da população.

Os componentes endógenos do marco de referência para a programação da pesquisa são a avaliação econômica da pesquisa, os critérios e seleção de prioridades, a orientação metodológica e programática e a programação orçamentária (ver Figura 1).

Na avaliação da pesquisa em termos de avaliação da pesquisa em si mesma, tratando de determinar qual é o benefício social da investigação e, portanto, qual é a contribuição da investigação para a sociedade, são necessários os dados de custos da pesquisa e o resultado da análise dos impactos reais e potenciais da tecnologia derivada da pesquisa (Figura 1).

Quanto à seleção de prioridades é de fundamental importância ter em conta tanto os aspectos técnicos físicos e biológicos, em especial a

situação em relação com os recursos econômicos e sociais considerados relevantes. No estabelecimento de prioridades pode corresponder um papel destacado a pesquisa de sistemas integrais de produção, razão pela qual na Figura 1 a análise da tecnologia está conectada com a seleção de prioridades. Por último, cabe assinalar que a consideração de outros aspectos econômicos e sociais no estabelecimento de prioridades, além dos contidos nos planos de desenvolvimento, é muito importante devido a idéia de antecipação que tem que manter-se necessariamente na pesquisa e em suas relações com o planejamento do desenvolvimento econômico e social.

A consideração e ordenamento dos fatores anteriormente citados, tanto exógenos como endógenos, pode dar como resultado um documento que contenha as diretrizes e bases para a pesquisa agropecuária que constitua a política de pesquisa agropecuária.

Sem dúvida, se por uma parte a programação da pesquisa deverá estar orientada pelos elementos já citados, por outra, o desenvolvimento do próprio processo da programação estará marcado por certas orientações quando a metodologia de planejamento a utilizar e algumas normas estratégicas, táticas e orçamentárias, emanadas dos níveis superiores do sistema de pesquisa em questão, completando-se, assim, o marco de referência para a programação.

ENFOQUE INTEGRAL

O principal objetivo da pesquisa agropecuária é gerar informação que permita mudar o processo de produção agropecuária a curto, médio e longo-prazo. Estas mudanças tenderão a ser compatíveis com o processo de desenvolvimento econômico e social.

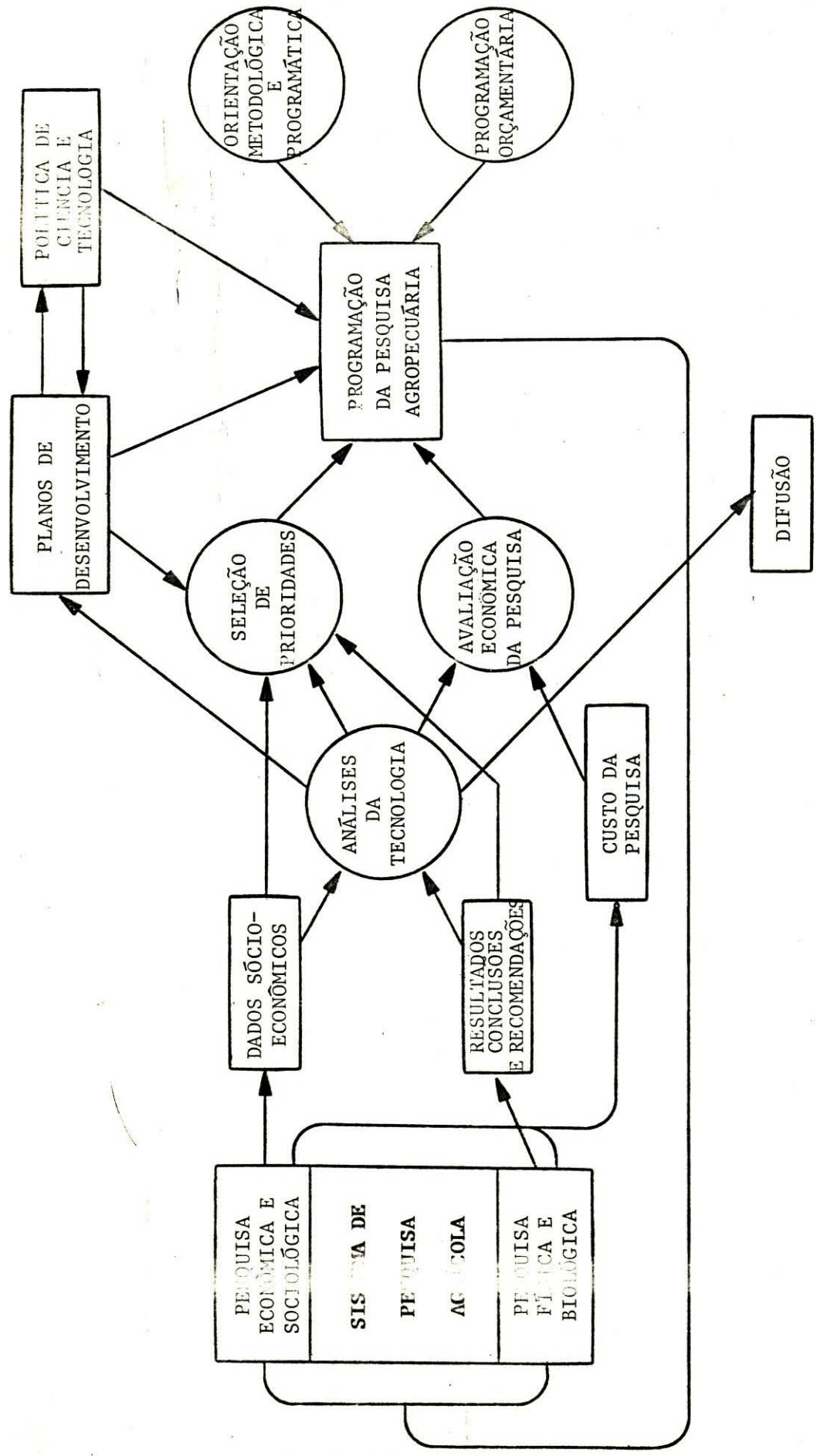


FIGURA 1. ESQUEMA DE PROGRAMAÇÃO EM UM SISTEMA INTEGRADO DE PESQUISA AGRÍCOLA

mento econômico e social, ajudando a proporcionar felicidade a um número crescente de pessoas.

O processo de produção é um exemplo que envolve aspectos físicos, biológicos de meios e de fins econômicos e sociais. Em consequência, a única maneira de obter resultados em prazos mais curtos e com uma maior segurança de sua vinculação com o objetivo básico da investigação agrícola é a adoção de um enfoque integral, com uma coordenação muito estreita na pesquisa dos diversos fatores que intervêm no processo produtivo e na utilização de seus resultados.

A única forma de satisfazer as preocupações que estabeleceremos anteriormente é o enfoque integrado das investigações físicas, biológicas e das ciências sociais. Esta integração deve dar-se desde o nível institucional mais elevado, através da constituição de um sistema único de pesquisa (figura nº1), até o nível executivo direto, em projetos que reúnam todas as atividades de investigações necessárias no campo das ciências físicas, da biologia e das ciências sociais.

EXISTÊNCIA DE UM ORGANISMO DE PROGRAMAÇÃO.

Ainda que a programação como metodologia e como processo constitui uma especialidade, há uma multiplicidade de funções envolvidas que devem ser cumpridas por pessoas ou grupo com atribuições específicas. Por isto, e para que realmente a programação da pesquisa se desenvolva de forma sistematizada e num processo contínuo de aplicação, crítica, revisão e aperfeiçoamento, é indispensável a existência de um organismo especializado.

Este organismo tem que estar situado no nível mais elevado; o mais próximo possível da autoridade executiva mais alta. Na desagregação a nível de regiões deverão existir também os órgãos regionais de programação da investigação agropecuária, subordinadas diretamente aquela máxima autoridade executiva regional e orientados funcionalmente pelo órgão de programação nacional. O assessoramento em programação ao pessoal técnico das estações e unidades experimentais será proporcionado pelo órgão regional de programação ou, quando não existe o nível regional, pelo pessoal da unidade nacional de programação.

Corresponde aos órgãos de programação desenvolver as funções que na figura 1 aparece representadas por um círculo; para isto, são necessários, pelo menos, os seguintes setores no órgão de programação:

Metodológico, que deve se preocupar com os aspectos de aperfeiçoamento do sistema de programação, pelo assessoramento permanente aos diversos grupos que participam na programação, e de proceder o controle estatístico da execução.

Orçamentário, o qual deverá orientar a programação orçamentária e sua compatibilização com a programação técnica e científica. Além disso, deverá manter uma coordenação muito estreita com o órgão de administração no que se refere aos aspectos de controle da execução orçamentária e de condução de um sistema de contabilidade de custos a nível de projeto.

Econômico e Social. A partir da função básica de fortalecer a ligação entre a pesquisa físico-biológico e sócio-econômica, deve corresponder a este setor as funções que seguem:

- a. Análise da tecnologia derivada dos resultados da pesquisa, a nível de unidade de produção agropecuária, da região e do país.
- b. Avaliação econômica e social da pesquisa, a priori e a posteriori, a nível de projetos, programas e planos.

- c. Seleção e ordenamento dos dados sócio-econômicos relevantes para a programação da pesquisa.
- d. Participação no desenho de experimentos e ensaios que têm por objetivo produzir informação para ser aplicada diretamente no processo produtivo agropecuário.
- e. Estimular e participar na pesquisa de sistemas integrais de produção. Com a intensificação dos trabalhos com sistemas, estes poderão ser objeto da ação coordenadora de um setor específico para tal fim no órgão de programação.

Setor de Análise Estatística, dedicado à investigação e ao assessoramento na análise estatística e desenho experimental.

Na figura 1 pode-se notar que a programação da investigação não está representada com círculo. Isto se deve ao fato de que se parte do princípio de que é falsa a dualidade de colocar de um lado os que executam; sendo o planejamento um processo que somente se leva a cabo integralmente por meio da realização de todas suas etapas: diagnóstico, programação, execução, avaliação (diagnóstico), devem participar no mesmo todos os pesquisadores e, em determinadas fases, também outras pessoas que, direta ou indiretamente, utilizam seus resultados.

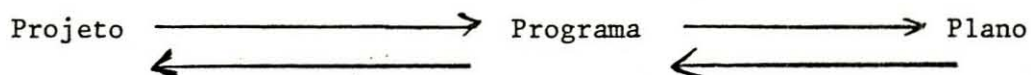
Por isto se considera que, pelo menos, outros dois tipos de grupos de pessoas devem intervir no processo de programação da investigação: conselhos e comissões e os grupos técnicos especializados (executores).

Os conselhos e/ou comissões podem se organizar em diversos níveis com a finalidade de colaborar na programação e coordenação da pesquisa, e devem ser formados com a participação de representantes das diversas instituições-públicas e privadas- que utilizam ou financiam a pesquisa. Podem ser organizadas comissões por produto, nas quais participam também técnicos dedicados à pesquisa relacionada com o produto em questão.

Quanto aos grupos técnicos especializados, são os especialistas nas diversas matérias relacionadas com a pesquisa de um determinado produto e que desenvolvem sua ação em uma determinada estação ou campo experimental com vistas a uma ou mais regiões.

NÍVEIS DE PROGRAMAÇÃO

A consideração simultânea do nível temático e do nível geográfico em que se realiza a ação programada determina o nível programático. Podem ser utilizadas diversas nomenclaturas e o importante é que se mude de nome a medida que se verifique uma variação de nível. Sem dúvida, o uso tem consagrado a seqüência:



A razão de ser da programação é a ação e, por isto, se pode estabelecer, também, a classificação por nível institucional, segundo a posição e classificação dos organismos, que são os instrumentos para desenvolver a ação programada; pela mesma razão se pode estabelecer o nível geográfico do impacto esperado.

No quadro que segue apresenta-se um esquema dos níveis mais importantes relacionados com a programação da pesquisa agropecuária.

QUADRO 1. NÍVEIS PARA A PROGRAMAÇÃO DA PESQUISA AGRÍCOLA.

Nível Temático	Nível geográfico de ação	Nível Programático	Nível institucional	Nível geográfico do impacto
Prática, aspecto ou sistema de um produto	uma sub-região	SUBPROJETO	Estações e centros	Uma ou mais sub-regiões.
Tudo sobre um produto	uma região	PROJETO	Instituto regional	Uma ou mais regiões
Tudo sobre vários produtos	uma região	PROGRAMA REGIONAL	Instituto regional	Uma região
Tudo sobre um produto	O país	PROGRAMA NACIONAL POR PRODUTO	Sistema nacional de pesquisa	Uma ou mais regiões
Tudo sobre todos os produtos	O país	PLANO NACIONAL	Sistema nacional de pesquisa	O país

Como se pode ver no esquema do Quadro 1, sugere-se o projeto regional por produto como base do sistema de programação. No nível institucional se faz referências aos centros como unidades operativas institucionais para a pesquisa sócio-econômica, os estudos sobre os recursos e a pesquisa básica. No caso em que seja necessário considerar também alguns casos em que a unidade temática está determinada por disciplina, o tratamento será semelhante ao que se propõe por produto. Sem dúvida, a programação por disciplina deve ser uma exceção, e somente se deve recorrer a ela quando não for possível fazer a classificação por produto.

Por último, cabe assinalar que a consideração de todos os níveis programáticos mencionados pode parecer, a primeira vista, adequada somente para países de grande superfície geográfica. Isto não é assim, e se trata unicamente de um problema de escala, no qual o ajuste se pode fazer por meio da redução do número das regiões, do tamanho destas ou as duas coisas de uma só vez.

ESTRUTURA DA PROGRAMAÇÃO

Foram considerados os aspectos relativos ao marco de referência e à necessidade do enfoque integral na pesquisa agropecuária. De acordo com o sugerido com relação a estes dois aspectos, se afirmou da necessidade da existência de um órgão de programação, e foram identificados os demais grupos de pessoas que devem participar na programação. Em seguida estabeleceram-se os níveis de programação, não somente do ponto de vista programático como também de acordo com a temática, a área geográfica das atividades e do impacto, e o aparato institucional para a ação.

Desta maneira, estão dados praticamente todos os elementos que se necessitam para armar a estrutura funcional do sistema de programação, estabelecendo o papel e as relações entre os distintos componentes e identificando as etapas e o sentido do fluxo do processo de planejamento.

Na análise dos níveis da programação se tem visto que a unidade institucional operativa da base do sistema são as estações experimentais e os centros de pesquisa básica e de ciências sociais. Igualmente, se viu que a ação de cada estação deve estar diretamente relacionada com uma sub-região, cujos limites geográficos devem ser determinados, basicamente, em função de

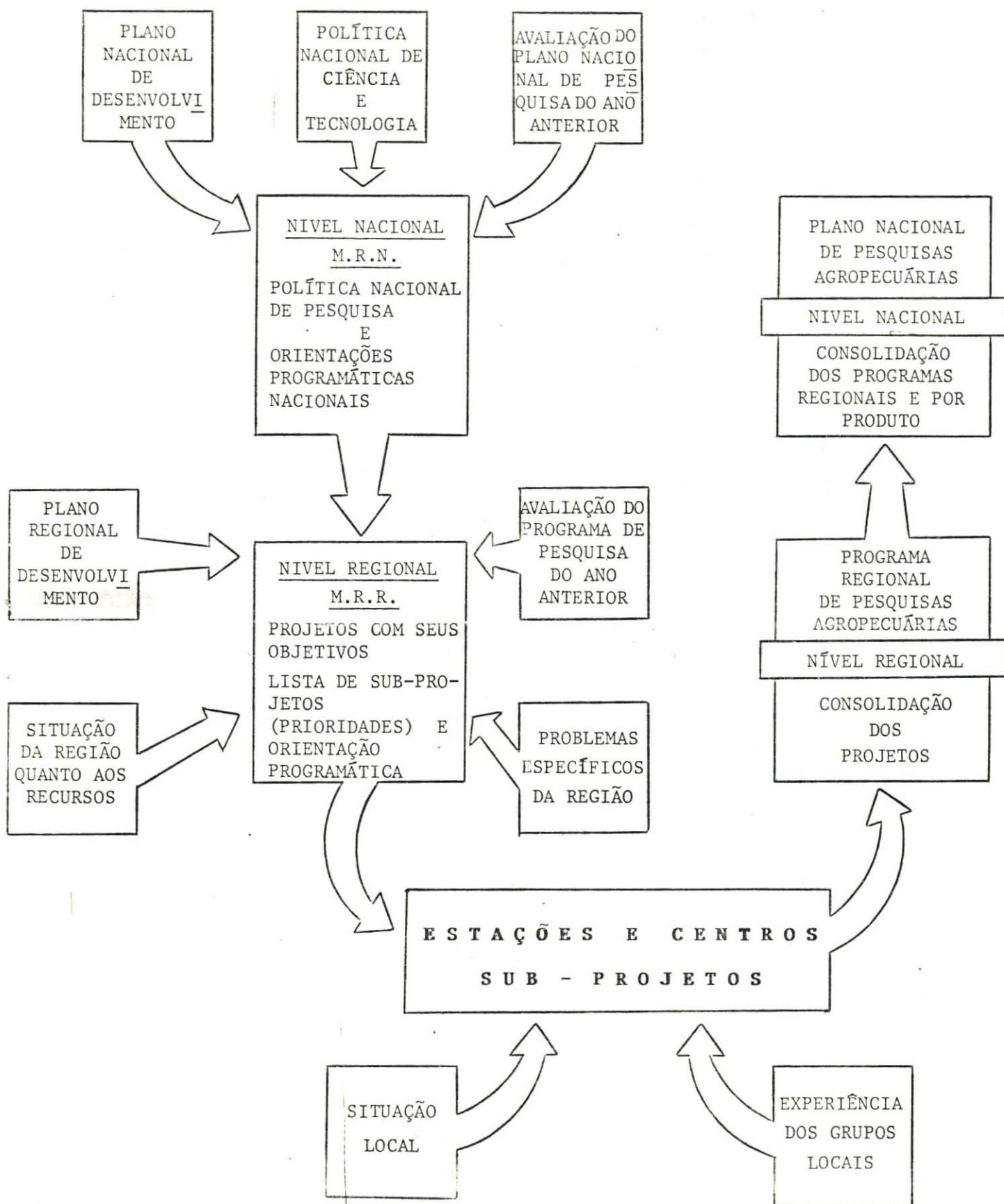


FIGURA 2. FLUXO DA PROGRAMAÇÃO

M.R.N. = Marco de Referência Nacional
M.R.R. = Marco de Referência Regional

uma relativa homogeneidade de condições quanto a solos, clima e mercado. Esta situação não impede que, em certos casos, os resultados alcançados possam ter um impacto em mais de uma sub-região. Uma situação parcialmente de exceção é a dos centros que, devido às possibilidades de concentração operacional, podem por si sô desenvolver as ações que correspondem a diversas sub-regiões, ou, inclusive, de toda uma região, porém, quase sempre, cada subprojeto será específico de somente uma sub-região.

Sem dúvida, apesar de que o nível de subprojeto das estações e da sub-região constitua a base a qual se apoia o sistema de programação, não é o ponto de partida do processo de programação. Aqui começa a escala ascendente da programação, porém já como um reflexo do que vem dos níveis superiores e que serve de orientação para o enfoque dos problemas locais e a formulação de propostas e utilização dos recursos disponíveis.

Foi dito, anteriormente, que o processo planejamento da pesquisa agropecuária deve nascer nos planos nacionais de desenvolvimento. A direção nacional do sistema ou serviço de pesquisa, através de seu órgão de programação, deve elaborar o Marco de Referência Nacional (MRN) que contém a política nacional de pesquisa e as demais instruções programáticas (ver Figura nº2). Pode existir um conselho a nível nacional que aprove o Marco de Referência Nacional.

Os diretores nacionais e regionais atuando como conselho técnico ou conselho de diretores podem fazer uma análise conjunta do MRN para garantir uma uniformidade relativa de participação.

No nível regional, a partir do Marco de Referência Nacional, porém levando em conta, também, o plano e/ou as políticas regionais de desenvolvimento, a situação de região quanto aos recursos, a avaliação do programa de

pesquisa do período anterior, e os problemas específicos da região, se preparará um Marco de Referência Regional (MRR), que deve conter os projetos regionais prioritários e seus objetivos, uma lista indicativa de possíveis subprojetos e a orientação programática (Figura nº 2). A este nível também pode haver um conselho consultivo de usuários dos resultados da pesquisa que analisará o MRR.

Com base no Marco de Referência Regional, na situação local e nas sugestões de comissões ou comitês locais em que participem, também, produtores, os grupos técnicos especializados das estações e centros devem propor as atividades e subprojetos.

A pesquisa de sistemas integrais de produção pode ter um papel fundamental a nível de estação. A identificação das atividades e subprojetos de pesquisa pode ser feita com a visão global do processo de produção de um determinado produto, proporcionada pela análise (formulação) do sistema integral de produção. Desta maneira, com uma visão clara dos objetivos últimos da pesquisa, há uma maior segurança de que os projetos selecionados proporcionem resultados realmente de impacto no processo produtivo de bens agropecuários.

Reunidos e compatibilizados os diversos subprojetos que têm que ver com um determinado produto, inclusive as pesquisas de sistemas para as diversas sub-regiões e os de sócio-economia, os projetos regionais por produto se encontram em condições de serem aprovados pela direção do respectivo instituto regional.

A partir dos projetos regionais por produto e por meio da compatibilização que se realiza na direção regional, surge o programa regional de pesquisas agropecuárias em condições de ser encaminhado ao conselho consultivo

regional para sua análise e encaminhamento à direção nacional do sistema ou serviço de pesquisa (Figura nº 2).

O órgão nacional recebe os programas regionais das diversas regiões do país e procede a consolidação dos diversos projetos regionais de um mesmo produto em programas nacionais por produto, e a consolidação dos programas por produto e/ou regionais no plano nacional. Na Figura nº 3 representa-se a consolidação, em duplo sentido, a partir dos projetos regionais por produção. A consolidação a nível nacional é acompanhada pelos diretores nacionais e regionais funcionando como conselho de diretores ou conselho técnico. Uma vez elaborado, o Plano Nacional de Pesquisas Agropecuárias passa, à consideração do conselho nacional que deve fazer sua análise e recomendações à autoridade nacional responsável por sua aprovação (Ministro da Agricultura).

CICLO DA PROGRAMAÇÃO

No esquema apresentado se parte do princípio de que o ciclo da programação - em suas diversas fases convencionais: diagnóstico, programação, execução, etc. se desenvolve num processo contínuo e permanente, no qual as etapas se sucedem ou sobrepõem em função dos distintos períodos programáticos a que se referem

É conveniente que o ciclo completo da programação se desenvolva em um período de três anos: o primeiro, dedicado às etapas anteriores à execução e os outros dois para a execução e avaliação, porém de tal forma que ao final do segundo ano haja uma avaliação e revisão para o segundo ano de execução.

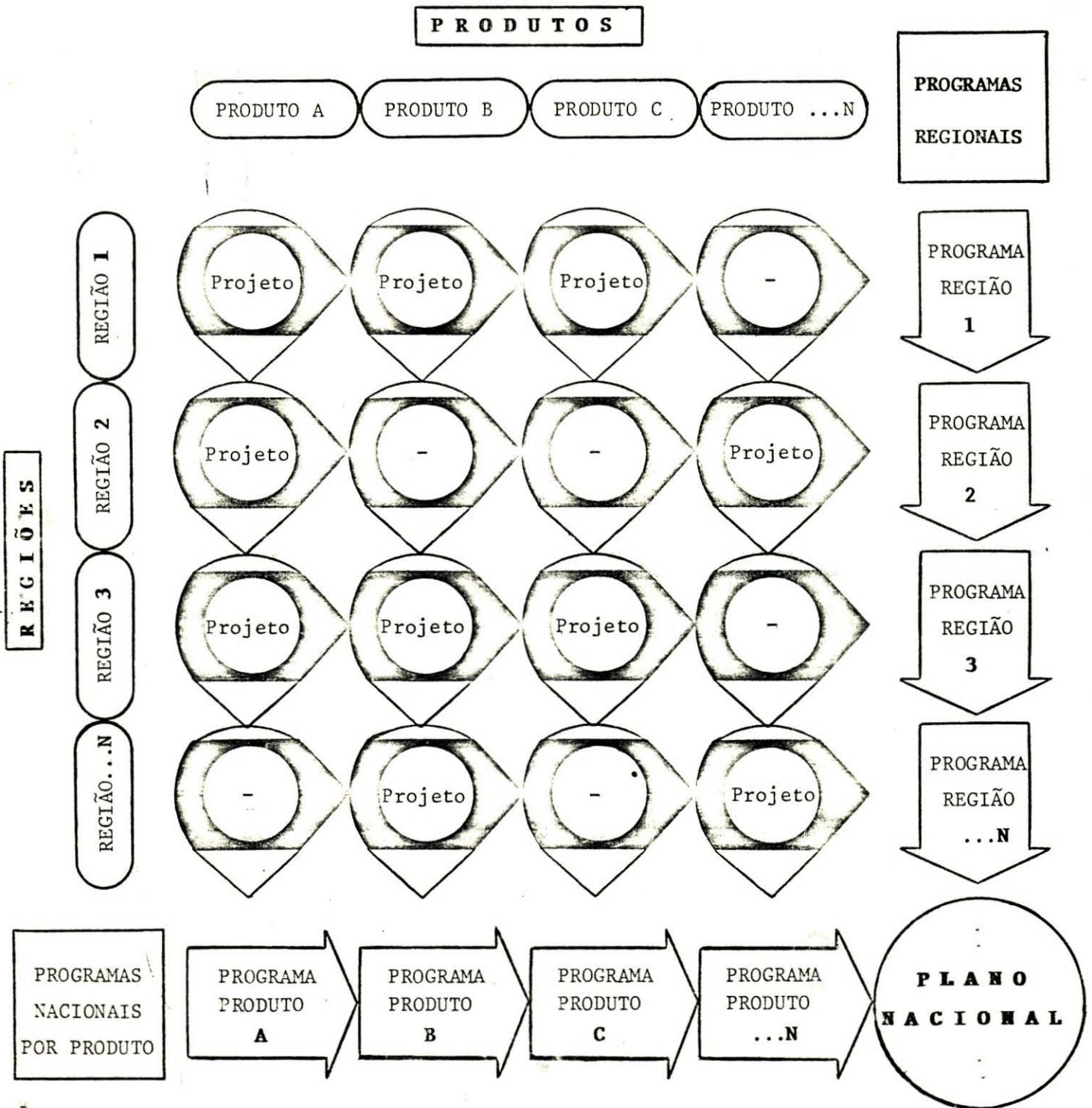


FIGURA 3. ESQUEMA DE CONSOLIDAÇÃO DE PROJETOS, PROGRAMAS E PLANO NACIONAL

Isto se consegue de uma forma contínua e sistemática através do processo em que todos os anos se programam dois anos: a revisão do último já programado anteriormente e um novo ano, conformando, assim, novos projetos, programas e planos anuais.

3.1. ORÇAMENTAÇÃO

ANÁLISE ECONÔMICA DE QUATRO EXPERIMENTOS NA CULTURA DO TRIGO, COMPARANDO QUATRO MÉTODOS DE APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO, EM TRÊS NÍVEIS DE ADUBAÇÃO

Economista Vera Osório da Fonseca¹Eng^o Agr^o João Carlos B. Jantzen²Eng^o Agr^o José Alceu Infeld³

Introdução

Os experimentos visam estudar os efeitos da dose e da época de aplicação do nitrogênio sobre a transmissão de luz, em quatro seleções de trigo de folhas eretas.

Os trabalhos experimentais foram planejados e conduzidos pelo Setor de Climatologia Agrícola do IPEAS, sendo que os resultados referem-se a média de 2 anos (1970 e 1971).

Objetivos

Análise econômica dos resultados obtidos dentro de cada nível de adubação e entre os diferentes níveis, para cada uma das quatro seleções.

¹Economista do Setor de Estatística Experimental e Análise Econômica do IPEAS - Cx. Postal "E" Pelotas, RS.

²Eng^o Agr^o do Setor de Estatística Experimental e Análise Econômica. IPEAS - Cx. Postal "E" Pelotas, RS.
Pesquisador Assistente Nível B do Conselho Nacional de Pesquisa.

³Eng^o Agr^o do Setor de Estatística Experimental e Análise Econômica. IPEAS - Cxa. Postal "E" Pelotas, RS.
Pesquisador Assistente Nível A do Conselho Nacional de Pesquisa.

MATERIAL E MÉTODOS

Material

Foram utilizados quatro experimentos que estudam o efeito de dose e época de aplicação de nitrogênio sobre o rendimento e a transmissão de luz, em quatro seleções de trigo de folhas eretas, realizados pelo Setor de Climatologia Agrícola do IPEAS, tendo sido usado como delineamento experimental blocos ao acaso com parcelas divididas, com 7 repetições.

As seleções de trigo foram: IAS 55; 21.432-66; A-146-63; e AZTECA, respectivamente, usando-se para cada uma delas três níveis de aplicação de nitrogênio, em quatro épocas.

Os níveis de N foram 60, 90 e 120 kg/ha de Nitrogênio aplicados da seguinte forma, em cada nível:

100% na base;

1/3 na base e 2/3 em cobertura no primórdio;

4/5 na base e 1/5 em cobertura no primórdio;

1/3 na base; 1/3 em cobertura no primórdio; e 1/3 duas semanas antes do espigamento.

Em todos os tratamentos foram aplicados 90 kg/ha de P_2O_5 e 30 kg/ha de K_2O . Como fonte de N, foi usada a uréia; de P_2O_5 , o superfosfato triplo e de K_2O , cloreto de potássio.

Métodos

Na impossibilidade de fazer-se ajustamento de curva pela regressão polinomial, incluindo um estudo de doses econômicas, uma vez que o delineamento não previa este estudo, foi usado o método de orçamento parcial, fazendo-se uma estimativa para custos e retornos.

Preços de produtos e insumos usados no trabalho

trigo: Cr\$ 32,80/saco de 60 kg = Cr\$ 0,547/kg

uréia: Cr\$ 523,00/ ton

Aplicação de N na base: partiu-se do custo de aplicação determinado pela FIECOTRIGO para 1971, acrescido de 1/6 equivalente ao tempo necessário para recarregar a semeadora-adubadora, uma vez que o volume total de fertilizante ultrapassa aquele da semeadora-adubadora.

Aplicação em cobertura: Por falta de elementos para analisar o custo da adubação em cobertura mecanicamente, foram utilizados os preços para aplicação por avião, fornecidos pela AGRORR - Aviação Agrícola Regional Ltda, da cidade de Rio Grande, RS.

Observa-se que os preços apresentados para aplicações acima de 45 kg/ha de N (uréia granulada) são estimativas feitas pela firma, uma vez que é problemática a aplicação de doses elevadas com os aviões existentes no Estado.

Não foi considerado no cálculo o custo do frete para o incremento de uso do fertilizante.

Chama-se a atenção de que a análise feita apenas determina, economicamente, qual o melhor método de aplicação dentro de cada nível e entre os três níveis de aplicação de N, uma vez que na instalação do experimento não foi prevista a análise econômica da adubação como um todo.

Resultados obtidos

Os quadros com os resultados obtidos em cada experimento encontram-se anexas.

Cultivo	Cobertura /ha		Produção kg/ha	Incremento Produção		Custo Aplicação - Cr\$			Incremento Custo Apli- cação Cr\$	Margem Cr\$	Ganho Marginal
	Cobertura I	Cobertura II		kg/ha	Cobertura Cr\$	Base	Cobertura	Total			
60	-	-	1 656	-	-	21,89	-	21,89	-	-	-
20	40	-	1 981	325	177,78	21,89	24,00	45,89	24,00	153,78	7,41
48	12	-	1 790	134	73,30	21,89	13,00	34,89	13,00	60,30	5,64
20	20	20	1 896	240	131,28	21,89	30,00	51,89	30,00	101,28	4,38
90	-	-	2 000	-	-	21,89	-	21,89	-	-	-
30	60	-	2 206	206	112,68	21,89	35,00	56,89	35,00	77,68	3,22
72	1	-	2 066	66	36,10	21,89	15,00	36,89	15,00	21,10	2,41
30	3	30	2 092	92	50,32	21,89	36,00	57,89	36,00	14,32	1,40
20	-	-	2 044	-	-	21,89	-	21,89	-	-	-
40	8	-	2 351	307	167,93	21,89	51,00	72,89	51,00	116,93	3,29
96	2	40	2 132	88	48,14	21,89	18,00	39,89	18,00	30,14	2,67
40	4	-	2 157	113	61,81	21,89	48,00	69,89	48,00	13,81	1,29

IAS - 55

Análise entre níveis e métodos

e	rogênio - kg/ha		Produção kg/ha	Incr. Produção kg/ha		Custo Aplicação-Cr\$		Custo Incremento - Cr\$		Margem Cr\$	Ganho Marginal	
	Gobertura	kg/ha		kg/ha	Cr\$	Base	Cobert.	Total	Aplicação			Adubo
0	-	1 656	-	177,58	21,89	-	21,89	-	-	21,89	-	-
0	40	1 981	325	177,78	21,89	24,00	45,89	24,00	-	24,00	153,78	7,40
8	12	1 790	134	73,30	21,89	13,00	34,89	13,00	-	13,00	60,30	5,63
0	20	1 896	240	131,28	21,89	30,00	51,89	30,00	-	30,00	101,28	4,37
0	-	2 000	344	188,17	21,89	-	21,89	-	34,87	34,87	153,30	5,40
0	60	2 206	550	300,85	21,89	35,00	56,89	35,00	34,87	69,87	230,98	4,30
2	18	2 066	410	224,27	21,89	15,00	36,89	15,00	34,87	49,87	174,40	4,49
0	30	2 092	436	238,49	21,89	36,00	57,89	36,00	34,87	70,87	167,62	3,36
0	-	2 044	388	212,24	21,89	-	21,89	-	69,73	69,73	142,51	3,04
0	80	2 351	695	380,17	21,89	51,00	72,89	51,00	69,73	120,73	250,14	3,14
6	24	2 132	476	260,37	21,89	18,00	39,89	18,00	69,73	87,73	172,64	2,96
0	40	2 157	501	274,05	21,89	48,00	69,89	48,00	69,73	117,73	156,32	2,32

Nitrogênio se	Cobertura /ha		Produção kg/ha	Incremento kg/ha		Custo Produção		Custo Aplicação - Cr\$			Incremento Custo Apli- cação Cr\$	Margem Cr\$	Ganho Marginal
	I	II		kg/ha	Cr\$	Base	Cobertura	Total					
60	-	-	2 230	-	-	21,89	-	-	21,89	-	24,00	-	-
20	40	-	2 428	198	108,31	21,89	108,31	24,00	45,89	24,00	84,31	84,31	4,51
48	12	-	2 233	3	1,64	21,89	1,64	13,00	34,89	13,00	-11,36	-11,36	-
20	20	20	2 347	117	64,00	21,89	64,00	30,00	51,89	30,00	34,00	34,00	2,13
90	-	-	2 293	-	-	21,89	-	-	21,89	-	-	-	-
30	60	-	2 534	241	131,83	21,89	131,83	35,00	56,89	35,00	96,83	96,83	3,77
72	18	-	2 426	133	72,75	21,89	72,75	15,00	36,89	15,00	57,75	57,75	4,85
30	30	30	2 428	135	73,85	21,89	73,85	36,00	57,89	36,00	37,85	37,85	3,05
20	-	-	2 637	-	-	21,89	-	-	21,89	-	-	-	-
40	80	-	2 736	99	54,15	21,89	54,15	51,00	72,89	51,00	3,15	3,15	1,06
96	24	-	2 561	- 76	- 41,57	21,89	- 41,57	18,00	39,89	18,00	-	-	-
40	40	40	2 642	5	2,74	21,89	2,74	48,00	69,89	48,00	-45,26	-45,26	-

21.432-66

Análise entre níveis e métodos

base	trogênio - kg/ha		Produção kg/ha	Incr. Produção kg/ha		Custo Aplicação - Cr\$			Custo Incremento - Cr\$			Margem Cr\$	Ganho Marginal	
	Cobert. I	Cobert. II		kg/ha	Cr\$	Base	Cobert.	Total	Aplicação	Adubo	Total			
60	-	-	2 230	-	-	21,89	-	21,89	-	-	21,89	-	-	-
20	40	-	2 428	101,81	108,31	21,89	24,00	45,89	24,00	-	24,00	84,31	4,51	4,51
48	12	-	2 233	3	1,64	21,89	13,00	34,89	13,00	-	13,00	-11,36	-	-
20	20	20	2 347	117	64,00	21,89	30,00	51,89	30,00	-	30,00	34,00	2,13	2,13
90	-	-	2 293	63	34,46	21,89	-	21,89	-	34,87	34,87	-0,41	-	-
30	60	-	2 534	304	166,29	21,89	35,00	56,89	35,00	34,87	69,87	96,42	2,38	2,38
72	18	-	2 426	196	107,21	21,89	15,00	36,89	15,00	34,87	49,87	57,34	2,15	2,15
30	30	30	2 428	198	108,31	21,89	36,00	57,89	36,00	34,87	70,87	37,44	1,53	1,53
			2 637	407	222,63	21,89	-	21,89	-	69,73	69,73	152,90	3,19	3,19
			2 736	506	276,78	21,89	51,00	72,89	51,00	69,73	120,73	156,05	2,29	2,29
			2 561	331	181,06	21,89	18,00	39,89	18,00	69,73	87,73	93,33	2,06	2,06
			2 642	412	225,36	21,89	48,00	69,89	48,00	69,73	117,73	107,63	1,91	1,91

Nitrogênio se	kg/ha		Produção kg/ha	Incremento Produção		Custo Aplicação - Cr\$			Incremento Custo Apli- cação Cr\$	Margem Cr\$	Ganho Margin
	Cobertu- ra I	Cobertu- ra II		kg/ha	Cr\$	Base	Cobertura	Total			
60	-	-	1 732	-	-	21,89	-	21,89	-	-	-
20	40	-	1 895	173	94,63	21,89	24,00	45,89	24,00	70,63	3,94
48	12	-	1 842	120	65,64	21,89	13,00	34,89	13,00	52,64	5,05
20	20	20	1 955	233	127,45	21,89	30,00	51,89	30,00	97,45	4,25
90	-	-	1 961	-	-	21,89	-	21,89	-	-	-
30	60	-	2 238	277	151,52	21,89	35,00	56,89	35,00	116,52	4,33
72	18	-	2 205	244	133,47	21,89	15,00	36,89	15,00	118,47	8,90
30	30	30	2 141	180	98,46	21,89	36,00	57,89	36,00	62,46	1,74
20	-	-	2 331	-	-	21,89	-	21,89	-	-	-
40	80	-	2 464	133	72,75	21,89	51,00	72,89	51,00	21,75	1,43
96	24	-	2 436	105	57,44	21,89	18,00	39,89	18,00	39,44	3,19
40	40	40	2 340	9	4,92	21,89	48,00	69,89	48,00	-43,03	-

A-146 - 63

Análise entre níveis e métodos

Cultivo	Cobert. II	Produção kg/ha	Incr. Produção		Custo Aplicação - Cr\$		Custo Incremento - Cr\$		Margem Cr\$	Ganho Marginal
			kg/ha	Cr\$	Base	Cobert. Total	Aplicação	Adubo Total		
-	-	1 722	-	-	21,89	-	21,89	-	-	-
0	-	1 895	173	94,63	21,89	24,00	45,89	24,00	70,63	3,94
2	-	1 842	120	65,64	21,89	13,00	34,89	13,00	52,64	5,05
0	0	1 955	233	127,45	21,89	30,00	51,89	30,00	97,45	4,25
-	-	1 961	239	130,73	21,89	-	21,89	34,87	95,86	3,75
0	-	2 238	516	282,25	21,89	35,00	56,89	34,87	212,38	4,04
8	-	2 205	483	264,20	21,89	15,00	36,89	34,87	214,33	5,30
0	0	2 141	419	229,19	21,89	36,00	57,89	34,87	158,32	3,23
-	-	2 331	609	333,12	21,89	-	21,89	69,73	263,39	4,78
4	-	2 464	742	405,87	21,89	51,00	72,89	69,73	285,14	3,36
4	-	2 436	714	390,56	21,89	18,00	39,89	69,73	302,83	4,45
0	0	2 340	618	338,05	21,89	48,00	69,89	69,73	220,32	2,87

AZTECA

base	Nitrogênio kg/ha		Produção kg/ha	Incremento Produção		Custo Aplicação - Cr\$			Incremento Custo Aplicação Cr\$	Margem	Ganho Margem
	Cobertura I	Cobertura II		kg/ha	Cr\$	Base	Cobertura	Total			
60	-	-	1 693	-	-	21,89	-	21,89	-	-	-
70	40	-	1 648	- 45	-24,62	21,89	24,00	45,89	24,00	-	-
43	17	-	1 601	- 92	-50,32	21,89	13,00	34,89	13,00	-	-
20	20	20	1 671	- 22	-12,03	21,89	30,00	51,89	30,00	-	-
90	-	-	1 757	-	-	21,89	-	21,89	-	-	-
30	60	-	1 819	62	33,91	21,89	35,00	56,89	35,00	- 1,09	-
72	17	-	1 807	50	27,35	21,89	15,00	36,89	15,00	<u>12,35</u>	1,89
30	30	30	1 709	- 48	-26,26	21,89	36,00	57,89	36,00	-	-
120	-	-	1 856	-	-	21,89	-	21,89	-	-	-
40	30	-	2 016	160	87,52	21,89	51,00	72,89	51,00	<u>36,52</u>	1,77
96	20	-	1 938	82	44,85	21,89	18,00	39,89	18,00	<u>26,85</u>	<u>2,17</u>
40	40	40	1 368	12	6,56	21,89	48,00	69,89	48,00	-41,44	-

AZTECA

Análise entre níveis e métodos

Nitrogênio - kg/ha	Cobert. I	Cobert. II	kg/ha	Produção kg/ha	Incr. Produção kg/ha	Custo Aplicação - Cr\$		Custo Incremento - Cr\$		Margem Cr\$	Ganho Marginal
						Base	Cobert.	Total	Adubo		
60	-	-	-	1 693	-	21,89	-	21,89	-	-	-
80	40	-	45	1 648	-	-	-	-	-	-	-
48	12	-	92	1 601	-	-	-	-	-	-	-
80	20	20	22	1 671	-	-	-	-	-	-	-
90	-	-	64	1 757	35,00	21,89	-	21,89	34,87	0,13	1,00
30	60	-	126	1 819	68,92	21,89	35,00	56,89	34,87	-0,95	-
72	18	-	114	1 807	62,36	21,89	15,00	36,89	34,87	12,49	1,25
30	30	30	16	1 709	8,75	21,89	36,00	57,89	34,87	-62,12	-
120	-	-	163	1 856	89,16	21,89	-	21,89	69,73	19,43	1,28
40	80	-	323	2 016	176,68	21,89	51,00	72,89	69,73	55,95	1,46
96	24	-	245	1 938	134,02	21,89	18,00	39,89	69,73	46,29	1,53
40	40	40	175	1 868	95,73	21,89	48,00	69,89	69,73	-22,00	-

IAS-55 - Aplicação de N, em kg/ha
Comparação dentro dos níveis

Tratamento	Maior Margem			Maior ganho Marginal		
	Base	* Cobertura I	** Cobertura II	Base	* Cobertura I	** Cobertura II
60 kg/ha N	20	40		20	40	
90 kg/ha N	30	60		30	60	
120 kg/ha N	40	80		40	80	

Comparação entre níveis e métodos

Maior margem: 40 kg/ha N na base e 80 kg/ha em cobertura no primórdio

Maior ganho Marginal: 20 kg/ha N na base e 40 kg/ha em cobertura no primórdio

21.432-66 - Aplicação de N, em kg/ha

Comparação dentro dos níveis

Tratamento	Maior Margem			Maior ganho Marginal		
	Base	* Cobertura I	** Cobertura II	Base	* Cobertura I	** Cobertura II
60 kg/ha N	20	40		20	40	
90 kg/ha N	30	60		72	18	
120 kg/ha N	40	80		40	80	

Comparação entre níveis e métodos

Maior margem: 40 kg/ha N na base e 80 kg/ha em cobertura no primórdio

Maior ganho Marginal: 20 kg/ha N na base e 40 kg/ha N em cobertura no primórdio

* Cobertura no primórdio.

** Cobertura 2 semanas antes do Espigamento.

Comparação dentro dos níveis

Tratamento	Maior Margem			Maior ganho Marginal		
	Base	* Cobertura I	** Cobertura II	Base	* Cobertura I	** Cobertura II
60 kg/haN	20	20	20	48	12	
90 kg/haN	72	18		72	18	
120 kg/haN	96	24		96	24	

Comparação entre níveis e métodos

Maior margem: 96 kg/ha N na base
24 kg/ha N em cobertura no primórdio

Maior ganho marginal: 72 kg/ha N na base
18 kg/ha N em cobertura no primórdio

AZTECA

Aplicação de N, em kg/ha

Comparação dentro dos níveis

Tratamento	Maior Margem			Maior ganho Marginal		
	Base	* Cobertura I	** Cobertura II	Base	* Cobertura I	** Cobertura II
60 kg/haN	-	-	-	-	-	-
90 kg/haN	72	18		72	18	
120 kg/haN	40	80		96	24	

Comparação entre níveis e métodos

Maior margem: 40 kg/ha N na base
80 kg/ha N em cobertura no primórdio

Maior ganho marginal: 96 kg/ha N na base
24 kg/ha N em cobertura no primórdio

* Cobertura no primórdio.

**Cobertura 2 semanas antes do Espigamento.

ANÁLISE ECONÔMICA DE EXPERIMENTOS USANDO FUNÇÃO DE PRODUÇÃO QUADRÁTICA: EXEMPLO SIMPLES E DIDÁTICO DO USO DE FERTILIZANTES NA CULTURA DO TRIGO.

Por: ELMAR R. DA CRUZ*

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Uma grande parte da literatura dedicada à análise econômica de adubação não é apropriada para efeitos didáticos uma vez que após a exposição do modelo conceitual são apresentados os resultados e discussão, pressupondo certa familiaridade do leitor com o processo da obtenção destes resultados.

O objetivo do presente trabalho é dar ao leitor que ainda não teve a oportunidade de proceder a uma análise econômica de experimentos, a sequência de passos que deveriam ser tomados, e como fundo ilustrativo nos dedicaremos a uma função de produção polinomial do segundo grau, lembrando ao leitor que na prática o tipo de equação escolhida impõe restrições nos resultados obtidos. Segundo Schuh e Tollini (6). quando trabalhamos com experimentos de fertilizantes, estamos lidando com um processo biológico e em consequência desejamos que a equação escolhida seja adequada não apenas às leis econômicas (retornos decrescentes, etc) mas às leis biológicas também. Como cada função ajustada impõe restrições diferentes nos dados e podem assim gerar recomendações algo diferentes aos produtores, sugerimos que sejam tentados vários ajustamentos, tais como as funções Cobb-Douglas, Quadrática, Raiz-Quadrática, etc. e analisadas as variações dos níveis recomendados, o coeficiente R^2 de Regressão Múltipla, a significância dos parâmetros, a conformidade dos sinais com a teoria, etc. para se efetuar a escolha da função mais apropriada.

Portanto o presente trabalho é apenas uma amostra ao leitor recém-iniciado no assunto, do que seria a análise econômica de experimentos com adubação, caso a função mais apropriada fosse a quadrática.

Para uma revisão de literatura a respeito das funções polinomiais do 2º grau e seus usos na agricultura, veja-se Gomes et al. (2).

* Pesquisador do Setor de Análise Econômica do DDMP-EMBRAPA.

2. CONCEITOS TEÓRICOS ÚTEIS*

As análises das respostas das culturas aos diferentes níveis de adubação basear-se-ão especificamente nas relações econômicas que direta ou indiretamente são estabelecidas pelo conceito de função de produção.

Na economia da produção são consideradas três relações básicas: a relação fator/fator; a relação fator/produto, também chamada Função de Produção e a relação produto/produto. No presente trabalho utilizar-se-ão somente as duas primeiras relações.

A função de produção consiste em uma relação funcional entre a quantidade de produto obtido (Y) e as quantidades de recursos usados no processo produtivo ($X_1, X_2, X_3 \dots X_n$). Algebricamente, essa relação funcional pode ser representada por meio de diferentes modelos ou tipos de função matemática^{1/}.

A função de produção está condicionada às seguintes suposições^{2/} (requisitos).

- 1 - Um único produto. Um produto uniforme (homogêneo) é produzido. O produto (output) pode ser mercadoria ou serviço.
- 2 - Produção momentânea - Esta suposição implica na não consideração do fator tempo.
- 3 - Uma quantidade definida e uniforme (homogênea) de produto corresponde a cada combinação definida dos fatores. Muitos economistas aqui se referem a "constantes técnicas", outros "a um dado estado das artes".

* Extraída de G. Pereira e E. Lessinger - EAPA-SUPLAN-1972 (6)

1/ - Uma discussão minuciosa das características dos diferentes tipos de função é encontrada em Paul O. Pardy e John L. Dillon, Agricultural Production Functions (Ames - The Iowa State University Press, 1966) pp. 73 - 107.

2/- KEHRBERG, E.W - Economia da Produção U.F. de Viçosa - 1970-pg. 8

4 - A função de produção tem grau de diferenciabilidade (matemática) desejada. Usualmente, é exigido que seja duas vezes diferenciável.

Representação da Função de Produção.

Representa-se uma função de produção com um fator variável da seguinte forma^{4/}.

$$Y = f(x_1/x_2, x_3 \dots x_n)$$

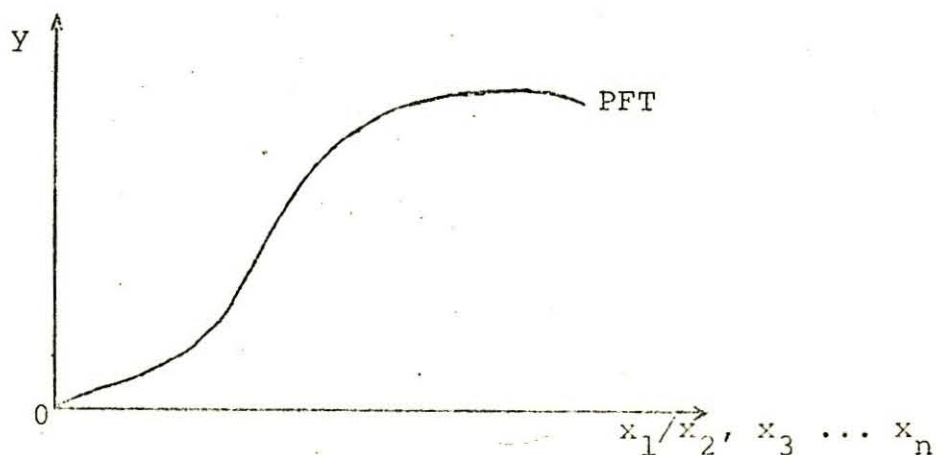
Onde: Y = produção obtida

x_1 = fator variável

$(x_2, x_3 \dots x_n)$ = fatores fixos.

Esta função está sujeita à Lei das Proporções Variáveis ou dos Retornos Decrescentes^{3/}. Isto quer dizer que a adição do fator variável inicialmente conduzirá a retornos crescentes, passará por uma fase de retornos decrescentes e finalmente terá retornos negativos. Assim, a representação mais usual de uma função de produção com uma única variável é uma senoide. (Gráfico 1)^{5/}.

Gráfico I - Curva da função de Produção Física com uma variável, mostrando as áreas de Retornos Crescentes, Decrescentes e Negativos.



^{3/} - KEHRBERG, E.W.-op.cit.,pg.18; Stonier,A.W,& Hague,D.C. Teoria Econômica, 4ª ed., Zahar Editores, R. de Janeiro, 1965.p. 130.

^{4/} - Nota. A barra separa os fatores fixos e variáveis, por exemplo, se fossem dois os fatores variáveis ter-se-ia; $y = f(x_1, x_2/x_3 \dots x_n)$

^{5/} - A representação de uma função de produção com duas variáveis é um plano no espaço. Usa-se um gráfico tridimensional.

Produto Físico Médio (PFMe)

O produto físico médio (PFMe) é igual ao quociente entre o produto físico total (PFT) e a quantidade do fator variável (Xi) necessário para obter o PFT.

$$\frac{PFT}{X_i} = PFMe_{x_i}$$

Graficamente o produto físico médio (PFMe) inicia na origem dos eixos (caso o PFT, também inicie aí), cresce até ponto em que a tangente trigonométrica ao Ângulo na origem for máxima, decresce a partir deste ponto formando uma assintótica ao eixo dos xx. (Gráfico II).

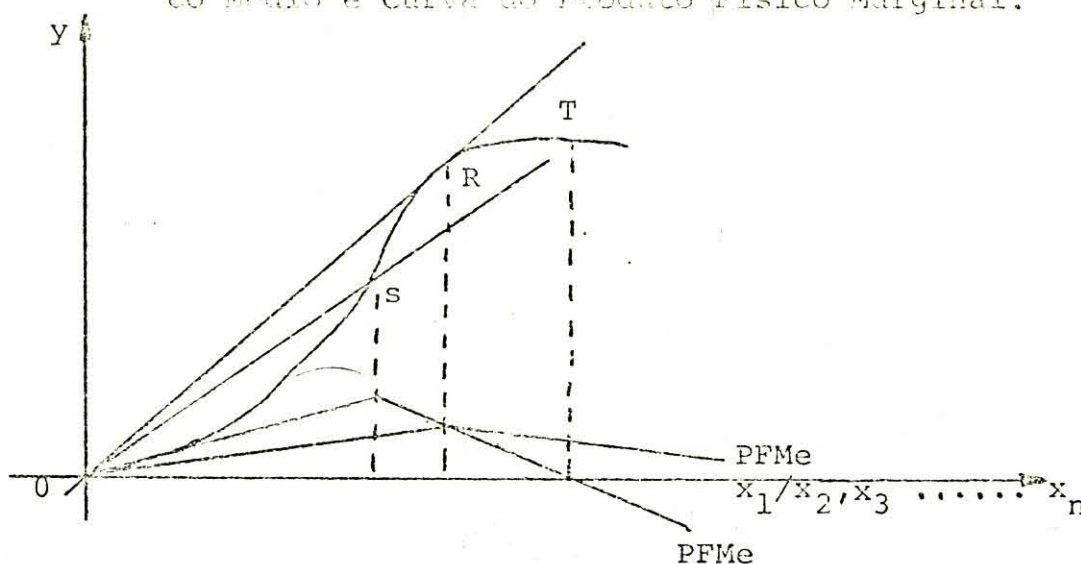
Produto Físico Marginal (PFMg)

O produto físico marginal é a derivada primeira do produto físico total (PFT) em relação ao fator variável Xi.

$$PFMg_{x_i} = \frac{\partial y}{\partial x_i}$$

Graficamente o produto físico marginal corresponde à inclinação de uma reta tangente a um ponto qualquer da curva do produto físico total (PFT). De um modo geral, o produto físico marginal inicia na origem dos eixos cresce rapidamente, passa pelo ponto máximo da curva do produto físico médio (PFMe), atinge o nível zero (0) quando o produto físico total (PFT), for máximo, e daí para frente é negativo (Gráfico II).

Gráfico III - Curva do Produto Físico Total, Curva do Produto Físico Médio e Curva do Produto Físico Marginal.



Elasticidade Parcial de Produção

Elasticidade parciais de produção medem as variações em Y para variações proporcionais em x_1 (caso mais de uma variável), mantendo constante os outros fatores.

$$E_{pi} = \frac{\frac{\Delta Y}{Y}}{\frac{\Delta x_i}{x_i}} \text{ ou } E_{pi} = \frac{\Delta Y}{\Delta x_i} \cdot \frac{x_i}{Y}$$

Onde: E_{px_i} = Elasticidade Parcial de Produção do i-ésimo fator.

ΔY = Mudança na produção

Y = Quantidade de produto

Δx_i = Mudança na quantidade do i-ésimo fator.

x_i = Quantidade do i-ésimo fator.

As elasticidades parciais de produção também podem ser expressas em função das produtividades médias e marginais, isto é:

$$E_{pi} = \frac{PFM_g x_i}{PFM_m x_i}$$

Determinação do ponto ótimo ou Máxima Eficiência Econômica (MEE)

Normalmente antes de determinar a MEE, determina-se a Máxima Eficiência Técnica ou Máxima Eficiência Física, isto é, saber se a função ajustada possui um máximo e onde se localiza este máximo (quando os fatores variáveis)

As condições de máximo, para uma função com duas variáveis são:

$$a) \frac{\partial y}{\partial x_1} = 0 \quad \frac{\partial y}{\partial x_2} = 0$$

$$b) \frac{\partial^2 y}{\partial x_1^2} < 0 \quad \frac{\partial^2 y}{\partial x_2^2} < 0$$

$$c) \left(\frac{\partial^2 y}{\partial x_1 \partial x_2} \right)^2 - \frac{\partial^2 y}{\partial x_1^2} \cdot \frac{\partial^2 y}{\partial x_2^2} < 0$$

Para se ter o ponto ótimo ou MEE torna-se necessário que: (exemplo com duas variáveis).

$$\frac{\partial y}{\partial x_1} = \frac{Px_1}{Py}$$

$$\frac{\partial y}{\partial x_2} = \frac{Px_2}{Py}$$

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x_1^2} < 0 \quad \frac{\partial^2 y}{\partial x_2^2} < 0$$

$$\left(\frac{\partial^2 y}{\partial x_1 \partial x_2} \right)^2 - \frac{\partial^2 y}{\partial x_1^2} \cdot \frac{\partial^2 y}{\partial x_2^2} < 0$$

Onde: Px_1 = Preço do fator x_1

Px_2 = Preço do fator x_2

P_y = Preço do produto y .

Renda

Renda Bruta. É o total da receita incluindo os custos.

$$RB = yP_y$$

Onde: RB = renda bruta

y = quantidade produzida

P_y = preço do produto.

Renda Líquida

Renda Líquida é o total da receita menos o custo total. Custo total é igual a quantidade dos fatores variáveis vezes os seus respectivos preços mais o valor dos fatores fixos.

$$RL = RB \text{ ou}$$

$$RL = YP_y - (X_1P_{x_1} + X_2P_{x_2} \dots X_nP_{x_n} + C)$$

Onde:

RL = renda líquida

Y = quantidade produzida

PY = preço do produto

(X₁X₂ ... X_n) = quantidade fatores variáveis

(P_{x₁} P_{x₂} ... P_{x_n}) = preço fatores variáveis

C = custos fixos.

Alguns pontos importantes.

- a) A curva a ser ajustada. A escolha do tipo da curva a ser ajustada é muito importante, ela deve representar bem o fenômeno estudado tanto agronomicamente como logicamente.
- b) Ajustamento estatístico. É importante que se tenha o melhor ajustamento possível, isto é, que seja estatisticamente bem ajustada, a fim de que se possa ter maior segurança das respostas.
- c) Altas respostas. É importante que as respostas sejam altas, isto é, que os coeficientes das variáveis independentes sejam grandes, pois estes coeficientes mostram a sensibilidade da produção ao fator variável. Por outro lado, sendo altas as respostas há maiores possibilidades de lucro (com determinado custo, é claro).

Nota sobre Condições de Segunda Ordem

Para obter o máximo rendimento obtendo um máximo físico teremos que olhar às condições de segunda ordem des-

critas abaixo. São as chamadas condições necessárias e suficientes para o estabelecimento de um máximo ou mínimo de uma função. Há duas abordagens alternativas usadas no caso geral de n insumos que podem ser usadas e a escolha entre elas é uma questão de conveniência, em função das facilidades computacionais disponíveis por ocasião da escolha.

O princípio básico de ambas é que as segundas derivadas parciais e cruzadas da função de produção dão origem a uma matriz simétrica. Mas antes de chegar a este ponto vamos tomar os casos mais simples.

No caso de funções de produção lineares evidentemente as segundas derivadas serão zero e como elas não tem máximo, e ainda por cima apresentam retornos marginais constantes deixam de ser consideradas em casos de fertilização.

As funções de produção Cobb-Douglas não apresentam máximo físico mas desde que seus coeficientes de regressão sejam positivos com soma menor que um as condições de segunda ordem estarão automaticamente asseguradas, alcançando-se assim um máximo econômico condicionado à um mínimo ou outra restrições a ser imposta.

Suponhamos a seguinte função:

$$(1) y = A x_1^{\alpha} x_2^{\beta}$$

Se $0 < \alpha < 1$ e $0 < \beta < 1$ então não haverá problema, conforme dissemos acima, desde que $\alpha + \beta < 1$. Se $\alpha + \beta > 1$ então haverá retornos crescentes à adubação em toda a extensão dos valores de x_1 e x_2 . Tal caso é improvável em situações de adubação.

Se $\beta < 0$ (ou α) então um aumento em x_2 reduzirá a quantidade de y , devendo portanto este insumo ser desprezado pois reduz a produção. (1) será reduzido a $y = Ax_1^{\alpha}$ para então procurarmos o ótimo econômico.

Para o caso de função do tipo

$$(2) y = a + b x_1 + c x_1^2$$

temos que olhar o valor de C .

Se $c > 0$ então o valor de x_1 encontrado através da solução de

$$(3) \frac{\partial y}{\partial x_1} = b + 2c x_1 = 0$$

será um ponto de mínimo, pois

$$(4) \frac{\partial^2 y}{\partial x_1^2} = 2c \text{ será } > 0.$$

Se $c < 0$ então o x_1 encontrado na solução de (3) será um máximo.

Se tivermos dois insumos a regra para a função quadrática será:

$$(5) y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_1^2 + a_4 x_2^2 + a_5 x_1 x_2$$

$$(6) \frac{\partial y}{\partial x_1} = a_1 + 2a_3 x_1 + a_5 x_2 = 0$$

$$(7) \frac{\partial y}{\partial x_2} = a_2 + 2a_4 x_2 + a_5 x_1 = 0$$

(6) e (7) deverão ser solucionados simultaneamente caso $a_5 \neq 0$ ou isoladamente caso $a_5 = 0$.

Teremos então os pontos de extremo de x_1 e x_2 .

As condições de segunda ordem serão:

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x_1^2} = 2a_3$$

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x_2^2} = 2a_4$$

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x_1 \partial x_2} = a_5$$

Monta-se a seguinte expressão

$$\begin{vmatrix} 2a_3 & a_5 \\ a_5 & 2a_4 \end{vmatrix} = \Delta$$

ou seja $\Delta = 2a_3 \cdot 2a_4 - (a_5)^2$

Se $2a_3 > 0$, $2a_4 > 0$ e $\Delta > 0$ então os pontos x_1 e x_2 achados na solução de (6) e (7) serão mínimos.

Se $2a_3 < 0$, $2a_4 < 0$ e $\Delta > 0$ então eles serão máximos.

Se $\Delta < 0$ (isto ocorre quando o sinal de a_3 for diferente de a_4) então não teremos nem máximo nem mínimo mas sim um ponto de sela [3].

Para o caso de três insumos ou mais então o melhor caminho é o uso de álgebra matricial.

Tomemos a função quadrática:

$$(8) \quad y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_1^2 + a_5x_2^2 + a_6x_3^2 + a_7x_1x_2 + a_8x_2x_3 + a_9x_1x_3$$

$$(9) \quad \frac{\partial y}{\partial x_1} = a_1 + 2a_4x_1 + a_7x_2 + a_9x_3 = 0$$

$$(10) \quad \frac{\partial y}{\partial x_2} = a_2 + 2a_5x_2 + a_7x_1 + a_8x_3 = 0$$

$$(11) \quad \frac{\partial y}{\partial x_3} = a_3 + 2a_6x_3 + a_8x_2 + a_9x_1 = 0$$

(9), (10) e (11) formam um sistema de 3 equações simultâneas que solucionadas nos darão os pontos de extremo de x_1, x_2 e x_3 . A solução deverá ser feita através de matrizes e para o material que se segue recomendamos a leitura de [4] e [1] para

aqueles não familiarizados com o método.

Tomando-se as segundas derivadas parciais de (8) temos a seguinte matriz simétrica:

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial^2 y}{\partial x_1^2} & \frac{\partial^2 y}{\partial x_1 \partial x_2} & \frac{\partial^2 y}{\partial x_1 \partial x_3} \\ \frac{\partial^2 y}{\partial x_1 \partial x_2} & \frac{\partial^2 y}{\partial x_2^2} & \frac{\partial^2 y}{\partial x_2 \partial x_3} \\ \frac{\partial^2 y}{\partial x_1 \partial x_3} & \frac{\partial^2 y}{\partial x_2 \partial x_3} & \frac{\partial^2 y}{\partial x_3^2} \end{bmatrix}$$

Isto no nosso caso torna-se:

$$A = \begin{bmatrix} 2a_4 & a_7 & a_9 \\ a_7 & 2a_5 & a_8 \\ a_9 & a_8 & 2a_6 \end{bmatrix}$$

O determinante de A dificilmente será zero uma vez que estes coeficientes saem do computador com 8 casas decimais. Portanto A será positiva definida ou negativa definida pois $|A| \neq 0$. A será positiva definida se todas as suas raízes características forem positivas. Para tal a sua equação característica $|A - \lambda I| = 0$ deve consistir de termos sucessivos que alternam em sinal, pois se todos os sinais da equação caracte -

rística fossem iguais ela não teria o valor zero. Isto implica que as sub-matrizes de A, lidas a partir da diagonal principal (menores principais) da ordem crescente de 1 a n devem ter todas determinantes positivas.^{1/}

Isto é, para o nosso caso:

$$2a_4 > 0; \quad \begin{vmatrix} 2a_4 & a_7 \\ a_7 & 2a_5 \end{vmatrix} > 0; \quad |A| > 0$$

Portanto não há necessidade de se computar as raízes características de A para se saber se ela é positiva definida ou não. Basta olharmos aos sinais dos menores principais' de A conforme mostrado acima.

Para A ser negativa definida teríamos:

$$2a_4 < 0; \quad \begin{vmatrix} 2a_4 & a_7 \\ a_7 & 2a_5 \end{vmatrix} > 0; \quad |A| < 0$$

ou sejam os sinais dos menores principais se alternam sendo o primeiro negativo. Notem que os dois primeiros menores principais nada mais são do que a repetição do caso de dois insumos dado anteriormente. Alternativamente A será negativa definida' se todas as suas raízes características forem negativas.

Encontramos valores máximos dos insumos se A for' negativa definida e mínimos se A for positiva definida.

Portanto, para o caso de n insumos a matriz A denominada de matriz Hessiana de segundas derivadas parciais deve-

^{1/} Ver Hadley pp. 260 - 2 para a prova desta assertiva

rã ser negativa definida para a obtenção de um ponto de máximo. Suas raízes características (valores Eigen) deverão ser todas negativas ou alternativamente

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x_1^2} < 0; \quad \begin{vmatrix} \frac{\partial^2 y}{\partial x_1^2} & \frac{\partial^2 y}{\partial x_1 \partial x_2} \\ \frac{\partial^2 y}{\partial x_1 \partial x_2} & \frac{\partial^2 y}{\partial x_2^2} \end{vmatrix} > 0;$$

$$\begin{vmatrix} \frac{\partial^2 y}{\partial x_1^2} & \frac{\partial^2 y}{\partial x_1 \partial x_2} & \frac{\partial^2 y}{\partial x_1 \partial x_3} \\ \frac{\partial^2 y}{\partial x_1 \partial x_2} & \frac{\partial^2 y}{\partial x_2^2} & \frac{\partial^2 y}{\partial x_2 \partial x_3} \\ \frac{\partial^2 y}{\partial x_1 \partial x_3} & \frac{\partial^2 y}{\partial x_2 \partial x_3} & \frac{\partial^2 y}{\partial x_3^2} \end{vmatrix} < 0 \dots (-1)^n |A| > 0.$$

3. MATERIAL E MÉTODOS DO NOSSO EXEMPLO

Os dados provêm de experimentos com adubação na cultura do trigo realizado pela EMBRAPA em Passo Fundo-RS instalados desde 1971. Trata-se de uma média de 3 repetições dos tratamentos usados em 1973. Como o delineamento não foi especificamente desenhado para permitir uma análise econômica, usamos apenas as 13 primeiras combinações de N e P deste experimento, cujos níveis foram:

N: 0,50, 100, 150 e 200 Kg/ha
P: 0,200, 400, 600 e 800 Kg/ha

Os dados são apresentados no anexo A. O preço do trigo foi estimado em Cr\$ 1,58 o quilo e os preços dos insumos por quilo foram Cr\$ 2,81 e Cr\$ 2,36 para N e P respectivamente.

O modelo estatístico como já dissemos foi a função quadrática da forma:

$$Y = a_0 + a_1 N + a_2 P + a_3 N^2 + a_4 P^2 + a_5 NP + u$$

RESULTADOS E A METODOLOGIA CORRESPONDENTE

Do anexo A transportam-se os dados para o anexo B (folha de codificação) obedecendo o seguinte colunamento:

Coluna 1 - Nº da Repetição
Colunas 3 a 5 - Nível de N
Colunas 7 a 9 - Nível de P
Colunas 11 a 13 - Nível de K
Colunas 15 a 18 - Produção de trigo (Kg/ha)
Coluna 20 - Ano

O DPD da EMBRAPA tem programa pronto para receber os dados nesta formatação, que gerará resultados como os contidos no anexo C (formulário contínuo).

Ali estão os coeficientes de:

$x_1 = N_1$	-	Coefficiente	a_1
$x_2 = P$	-	"	a_2
$x_3 = N^2$	-	"	a_3
$x_4 = P^2$	-	"	a_4
$x_5 = NP$	-	"	a_5

e também há a intercessão a_0 . A coluna seguinte T FOR HO: B = 0 indica os valores t que deverão ser comparados com a tabela para se verificar a significância de cada parâmetro.

No caso temos 13 observações e seis regressores (pois a intercessão é também contada) havendo portanto $13 - 6 = 7$ graus de liberdade, e para o teste bi-caudal com um nível de significância de 5% olha-se a coluna $t_{0,975}$ e o cruzamento com a linha 7, onde se rá achado o valor de 2.365. Portanto se formos rigorosos, afirmamos que apenas os valores t que excederem a 2.365 serão significativamente diferentes de zero a um nível de significância de 5%. Para efeitos práticos poderemos usar um pouco de julgamento prévio, baseado na experiência para avaliarmos a significância dos coeficientes com um pouco menos rigidez.

Portanto montamos a equação ajustada através da coluna B VALUES com os valores t dados em parenteses abaixo dos coeficientes de regressão, obtendo:

$$(1) \ y = 504,305 + 6.381N + 1,49167P - 0,027114N^2 - 0,0012509P^2 + 0,0013264NP$$

(3,297)
(2,569)
(2,345)
(-2,360)
(-1,742)

(0,616)

e dizemos que a_0, a_1, a_2, a_3, a_4 são significativos, bem como a_5 , com o detalhe que este é significativo a um nível maior (10%), sendo que apenas a_5 não difere significativamente de zero nos níveis usuais.

Entretanto se considerarmos as nossas idéias prévias como tendo um certo peso no julgamento da significância de a_5 e cremos que exista uma interação positiva entre N e P podemos então considerar o coeficiente a_5 como significante. Fizemos isto porque os dados observados não contradizem nossos julgamentos prévios (o sinal de a_5 é positivo). Para maiores detalhes desta abordagem "bayesiana" recomendamos a leitura de [8] e do capítulo 15 de [7].

A moral da história é que em agricultura onde há uma grande componente de risco e incerteza, devido à variações climáticas pragas, doenças, etc, não se deve ser excessivamente rigoroso no que diz respeito aos níveis de significância estatísticos.

O mesmo pode ser dito com relação ao coeficiente de regressão múltipla R^2 e ao valor F.

O R^2 no nosso exemplo foi 0,8148 o que pode ser considerado bom, mas como há somente 13 observações recomenda-se o cálculo de \bar{R}^2 .

O valor F (vide F VALUES no anexo C) foi 6.16. Olha-se na tabela da distribuição F, e encontra-se o valor de 3,87 correspondente a seis graus de liberdade do numerador (seis regressões) e sete graus de liberdades do denominador (13 - 6), a um nível de 5%. Portanto como o valor calculado excedeu o valor tabulado, dizemos que a razão da variância explicada pela regressão pela variância não explicada é significativamente diferente de zero a um nível de 5%.

Repetindo as conclusões da análise conceitual, usa-se a regra de otimização:

$$(2) \frac{\partial y}{\partial N} = \frac{P_N}{P_Y}$$

$$(3) \frac{\partial y}{\partial P} = \frac{P_P}{P_Y}$$

Manipulando

$$P_N = 2.810 \text{ a ton.} = \text{Cr\$ } 2,81 \text{ o Kg de N}$$

= 2.800 a ton. = Cr\$ 2,36 o Kg de P
py = 95 o sacco de 60 Kg a Cr\$ 1,58 o Kg do trigo.

Usando-se (2) e (3):

$$\frac{M}{P_y} = \frac{2,31}{1,58} = 1,778$$

$$\frac{P}{P_y} = \frac{2,36}{1,58} = 1,49167$$

A regra de otimização fica:

$$(4) \frac{\partial Y}{\partial N} = 6,5381 - 0,054228N + 0,001326P = 1,778$$

$$(5) \frac{\partial Y}{\partial P} = 1,49167 - 0,0025018P + 0,001326N = 1,49167$$

Como houve interação entre N e P deve-se solucionar (4) e (5) simultaneamente, e há vários métodos para isto (por Matrizes, adição, substituição, etc).

A solução é portanto:

$$(6) \begin{bmatrix} N \\ P \end{bmatrix} = \begin{matrix} 89\text{Kg/ha} \\ 47 \text{ Kg/ha} \end{matrix}$$

O alto preço de P relativamente a sua baixa produtividade obtida neste ajustamento fez com que economicamente ele tivesse uso menor que N.

Como saber se (6) e (7) são um máximo ou um mínimo ou um ponto de sela?

Basta olharmos as condições de 2a. ordem conforme exposto anteriormente.

$$\Delta = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 y}{\partial N^2} & \frac{\partial^2 y}{\partial N \partial P} \\ \frac{\partial^2 y}{\partial N \partial P} & \frac{\partial^2 y}{\partial P^2} \end{bmatrix} > 0$$

para um ponto de extremo
(Máximo ou mínimo).

Se $\Delta > 0$ e se $\frac{\partial^2 y}{\partial N^2} > 0$ teremos ponto de mínimo

Se $\Delta > 0$ e se $\frac{\partial^2 y}{\partial N^2} < 0$ teremos ponto de máximo.

Se $\Delta < 0$ teremos um ponto de sela.

Portanto, a partir de (4) e (5) as condições de 2a. ordem (8) a (11) são:

$$(8) \frac{\partial^2 y}{\partial N^2} = -0,054228 < 0$$

$$(9) \frac{\partial^2 y}{\partial P^2} = -0,0025018 < 0$$

$$(10) \frac{\partial^2 y}{\partial N \partial P} = 0,001326$$

$$(11) \text{ Como } \frac{\partial^2 y}{\partial N^2} \cdot \frac{\partial^2 y}{\partial P^2} - \left(\frac{\partial^2 y}{\partial N \partial P} \right)^2 > 0 \Rightarrow \Delta > 0$$

[para confirmar isto basta multiplicar (8) por (9) e subtrair (10) ao quadrado]

e como $\frac{\partial^2 y}{\partial N^2} < 0$ temos que (5) e (7) constituem o ótimo eco

nômico máximo isto é: 89 kg/ha de N e 47 kg/ha de P resultarão na maior margem líquida do produtor, sob os preços dados.

Usa-se agora os ótimos de N e P por hectare na função de produção (1) para se obter a y correspondente (kg/ha de trigo).

$$\hat{y} = 504,305 + 6,5381(89) - 0,027114(89)^2 + 1,49167(47) - 0,0012509(47)^2 + 0,0013264(89 \times 47)$$

$$\hat{y} = 940 \text{ kg/ha}$$

Portanto se o produtor usar 89 kg/ha de N e 47 de P, espera-se que ele obtenha uma produção de 940kg de trigo por hectare, embora devido aos riscos associados à cultura não se pode ter certeza de que ocorrerá esta produção.

Em geral este valor fica abaixo do máximo físico pois este último não considera preços.

O máximo físico seria obtido igualando-se (4) e (5) a zero (condições de primeira ordem):

$$(12) \frac{\partial y}{\partial N} = 6,5381 - 0,054228N + 0,001326P = 0$$

$$(13) \frac{\partial y}{\partial P} = 1,49167 - 0,0025018P + 0,001326N = 0$$

Para comodidade da solução multiplica-se ambos os termos por 1.000 e procede-se ao arredondamento das casas

$$6.500 - 54,2N + 1,3P = 0$$

$$1.500 - 2,5P + 1,3N = 0$$

A solução seria

$$(14) N = 135 \text{ hg/ha}$$

$$(15) P = 745 \text{ kg/ha}$$

Notem que agora N é maior (pois seu preço não é levado em consideração) e P torna-se positivo pela mesma razão.

Sustituindo-se estes valores em (1) temos:

$$y = 504.305 + 6,5381 (135) + 1,49167 (745) - 0,0027114 (135)^2 - 0,0012509 (745)^2 + 0,0013264 (135 \times 745)$$

$$y = 504,305 + 883 + 1.112 - 494 - 694 + 133$$

$$y = 1440 \text{ kg/ha}$$

Vejam portanto que o máximo físico (1.440 kg/ha) é superior ao ótimo econômico (940 kg/ha).

Acontece que se usarmos 135 kg/ha de N e 745 kg/ha de P isto custará aproximadamente Cr\$ 2.130 (veja os preços N = Cr\$2,80 e P = Cr\$ 2,36 o quilo). A renda bruta será (1.440 x 1,58) = Cr\$ 2.300 por ha.

Portanto o produtor terá receita líquida de Cr\$ 170 por ha, se usar o máximo rendimento físico.

Se ele usar a dosagem ótima econômica ele gastará Cr\$ 250 por ha. com a compra de nitrogênio e Cr\$ 110 com a compra de P totalizando Cr\$ 360.

A receita total é $940 \times 1,58 = \text{Cr\$ } 1.500,00$ por ha. Portanto ele terá um "lucro" de Cr\$ 1.140,00 por ha, neste exemplo tremendamente simplificado. Caso ele dedique 100 hectares à cultura do trigo, o nosso produtor terá um "lucro" de Cr\$ 114.000,00 assumindo que não haja outras despesas.

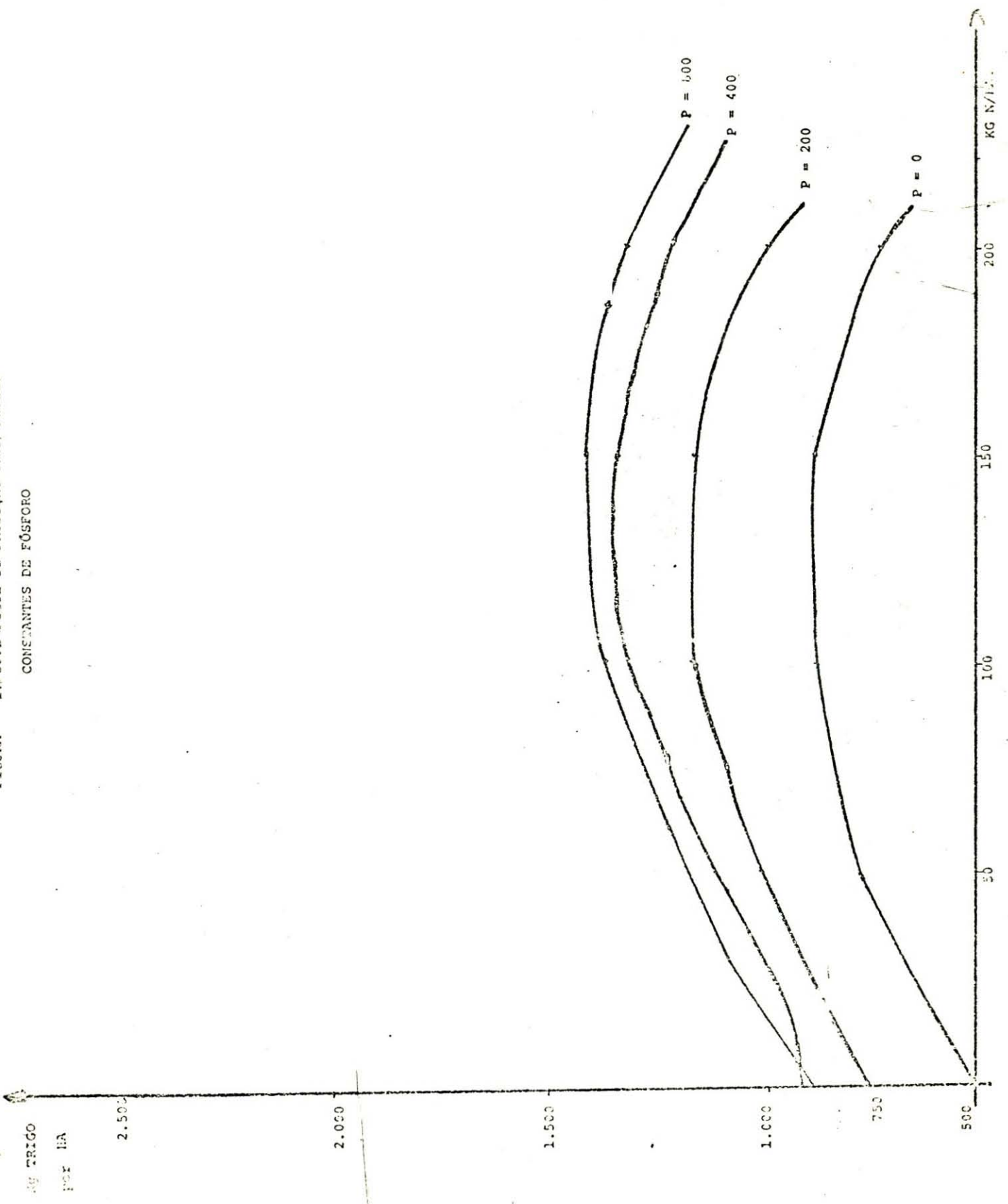
A melhor maneira de olharmos os benefícios da adubação é acompanharmos os acréscimos de ganhos com relação à nenhuma adubação. Se não adubarmos nada teremos uma produção de 629 kg/ha observados no campo ou 504kg/ha. Calculados na regressão. Isto significa uma renda líquida de $(629 \times 1,58) \text{ Cr\$ } 1.000,00$ pois não gastaria com o uso de fertilizantes. Acontece que se o agricultor usar fertilizantes ele terá que gastar dinheiro na sua aplicação (mão-de-obra, etc.). Portanto sua renda líquida será menor que os Cr\$ 1.140,00 acima indicados, o que aproximar-se-á dos Cr\$ 1.000,00

sem o uso de adubação. Portanto o uso de adubação não será realmente atrativo com base nestes dados.

4. ANÁLISES GRÁFICA

Há uma boa margem de risco no uso de fertilizantes, por isto interessa-nos saber se as superfícies de resposta são achatadas pois se for o caso podemos recomendar uma quantidade de fertilizantes menor que o ótimo sem grandes prejuízos na renda líquida, caso a superfície de resposta seja suficientemente achatada. Para vermos o nosso caso do trigo procedemos a uma análise gráfica ilustrada nas figuras 1 e 2. Na primeira mantivemos constante o nível de fósforo e variamos a quantidade de nitrogênio. Nota-se um acentuado achatamento na curva entre 50 e 150 kg/ha. Isto implica que se usarmos menos que os 89 quilos recomendados não haverá significativa queda na produção e conseqüentemente na renda líquida. Análise semelhante pode ser feita interpretando-se o gráfico 2.

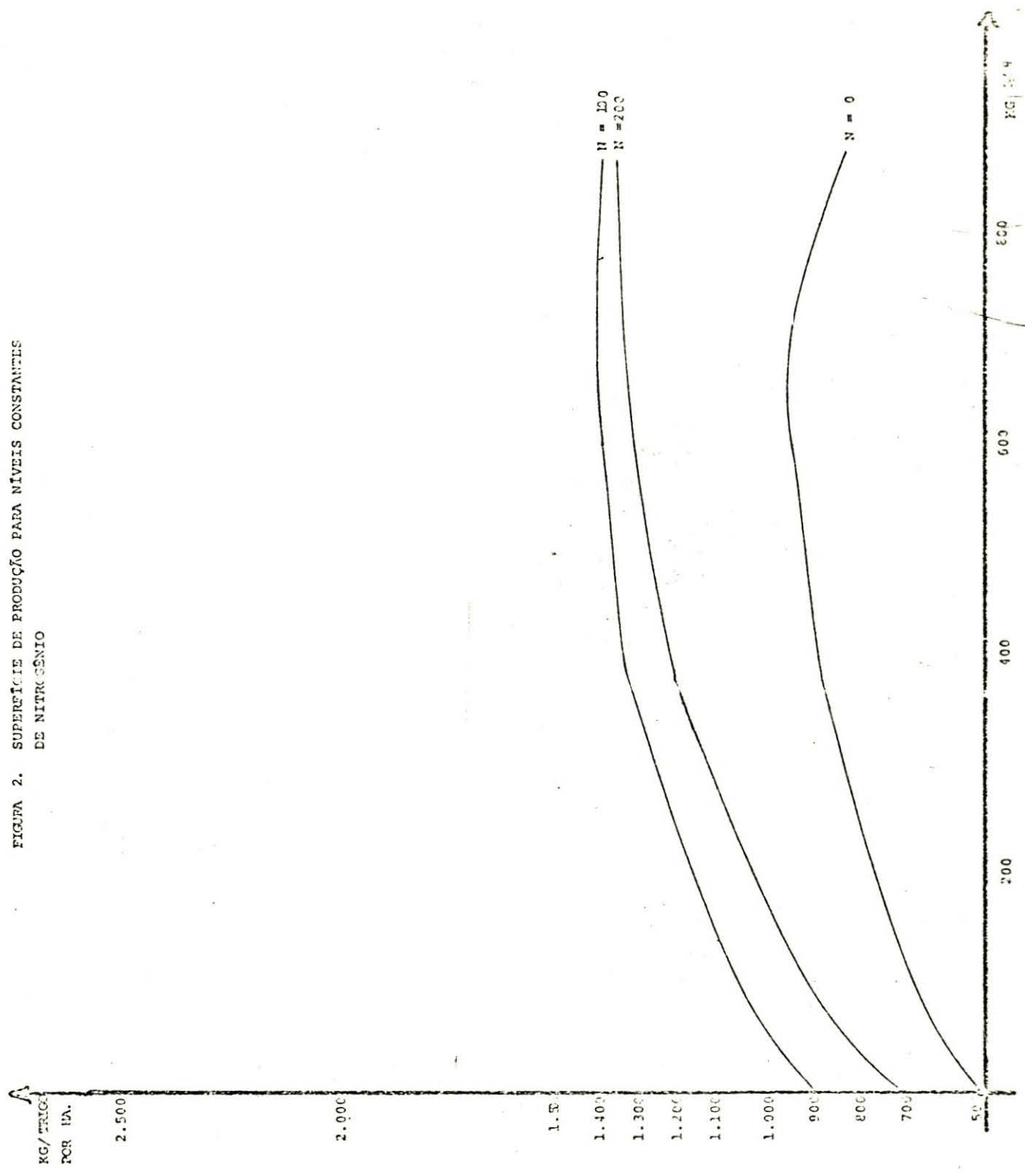
FIGURA 1. SUPERFÍCIE DE PRODUÇÃO PARA NÍVEIS CONSTANTES DE FÓSFORO



KG TRIGO
POR HA

KG N/HA

FIGURA 2. SUPERFÍCIE DE PRODUÇÃO PARA NÍVEIS CONSTANTES DE NITRÓGENIO



5. ANÁLISE DE VARIAÇÃO DE PREÇOS

A nossa exposição até agora presumiu que o tomador de decisão conhece os preços dos insumos dos produtos com certeza. Evidentemente na prática tal não é o caso. Pequenas variações de preços podem mudar substancialmente as recomendações ótimas.

Vimos que os preços apresentados foram: $P_y = \text{Cr\$ } 1,58$ o kg; $P_p = \text{Cr\$ } 2,36$ o kg. e $P_n = \text{Cr\$ } 2,80$ o kg. As doses ótimas foram $N = 89$ kg/ha e $P = 47$ kg/ha que resultaram na renda líquida de $\text{Cr\$ } 1.140,00$.

Vejamos agora as variações nas dosagens decorrentes de diferentes preços. Estas informações estão contidas na tabela 1 abaixo.

Tabela I. Recomendações de Fertilizantes em kg/ha - Dois preços Alternativos para o Produto e Para os Insumos.

		$P_y = 2,00$		$P_y = 1,00$	
P_p		$P_n = 3,70$	$P_n = 2,00$	$P_n = 3,70$	$P_n = 2,00$
2,00	N	92	108	48	79
	P	244	252	- 179	-162
3,00	N	88	103	38	70
	P	42	50	- 524	-568

Fica agora exposta de maneira clara a não muito satisfatória produtividade dos nutrientes principalmente de P neste experimento. Se o preço do trigo baixar para Cr\$ 1,00 o quilo então todas as dosagens de P seriam negativas o que na prática implicaria a não utilização de fertilizantes algum pois o uso de N isoladamente não conduz a muita coisa. Se não houvesse adubação a resposta prevista seria de 504 kg/ha (ou seja a intercessão da função) embora o valor real observado fosse 629 kg/ha. (conforme o anexo C). Haveria interesse em adubar evidentemente caso o preço de trigo fosse o dobro, ou seja Cr\$ 2,00 o quilo. Neste caso teríamos através da computação das dosagens apresentadas nas duas colunas abaixo de $P_y = 2,00$:

Tabela II - Produção e Renda Líquida com dois Preços dos Insumos correspondentes a $P_y = \text{Cr\$ } 2,00$

DOSAGEM		PRODUÇÃO DE TRIGO	RENDA LÍQUIDA
	kg/ha	kg/ha	Cr\$/ha
N	92		
P	244	1.204	1580
N	88		
P	42	935	1418
N	108		
P	252	1.235	1750
N	103		
P	50	509	1142
NENHUMA ADUBAÇÃO		630	1.260

Nota-se que não houve dramáticas mudanças na renda líquida. Como o agricultor corre um certo risco no uso da adu**bação** devido à variações climáticas, ele não perderia muito' se fosse conservador e usasse uma dosagem menor ou até mesmo nenhuma.

Entretanto é importante lembrar que estes resultados são baseados em um único lugar, num único ano (Passo Fundo - 1973). Muita cautela deve ser tomada portanto, devendo-se evitar generalizar estas conclusões para outras regiões.

Fica portanto evidenciado que a recomendação "óti**ma**" depende dos preços que o agricultor paga pelos fertilizantes e espera receber pelo seu produto. Schuh e Tollini recomendam então que o economista não se atenha apenas à interpretação da tabela 1, mas trate também de se preocupar com a previsão de preços para o próximo período de produção, visando assim uma apropriada tomada de decisão por parte dos produtores. Tal tarefa de previsão implica em coleta de uma série de informações conjunturais até mesmo sobre a situação do petróleo mundial, pois este é base para os fertilizantes mais comuns.

6. SUGESTÕES DE LEITURA

O tratamento clássico sobre funções de produção é Heady e Dillon (5). Ali é encontrado um exaustivo tratamento sobre as diferentes funções de produção encontradas na agricultura.

Exemplos de análise econômicas de experimentos aplicadas à situações brasileiras poderão ser encontrados em Teixeira Filho incluindo um exemplo com pecuária de leite, sua leitura é fortemente recomendada. Inclusive é abordado o aspecto do risco num dos casos ali expostos.

O Departamento de Diretrizes e Métodos de Planejamento da EMBRAPA poderá oferecer orientações aos interessados e dar assistência na medida do possível.

Este é apenas um trabalho inicial, e que para os mais treinados na área apresenta uma abordagem extremamente simples, não mostrando nenhuma novidade.

Esperamos estretanto que sua leitura tenha sido útil aos não iniciados no assunto.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- (1) BELLMAN, R. E. - Introduction to Matrix Analysis, Mc Graw Hill - 1970.
- (2) GOMES, G. C. et al. - ANÁLISE ECONÔMICA DA APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO E FÓSFOR NA CULTURA DO MILHO NO MUNICÍPIO DE BARRA MANSA - RJ. Ceres 21 (117) pp. 411 - 421 - 1974.
- (3) GRANVILLE, W. A. - Elementos de Cálculo Diferencial e Integral - Editora Científica - 1961
- (4) HADLEY, G. - Linear Álgebra, Addison - Wesley - 1961
- (5) HEADY, E. O. e J. L. DILLON - Agricultural Production Functions, Ames - Iowa U.P. - 1961
- (6) SCHUH, E. e H. TOLLINI - Análise Econômica de Ensaio de Adubação - EAPA/SUPLAN - 1972.
- (7) WONNACOTT, T. H. e R. J. WONNACOTT - Introductory Statistics' - Wiley, 1972.
- (8) ZELLNER, A. An Introduction to Bayesian Inference in Econometrics - Wiley - 1971.
- (9) TEIXEIRA FILHO, A. R. - Análise Econômica de Experimentos - Trabalho Apresentado no 12º encontro da SOBER - Porto Alegre-1974.

GURVAS DE RESPOSTA A N. P e K

Cultivo = 58
Cultura = Trigo

Local: Passo Fundo
Resultado = Rendimento (kg/ha)

Ano: 1975

MS	Níveis	Repetições			Total	Média
		I	II	III		
1	0 - 0	715	695	577	1987	663
2	400 - 0	515	610	525	1650	650
3	200 - 0	925	600	1030	2555	852
4	200 - 0	570	690	1355	2615	1012
5	500 - 0	1465	1295	1220	4280	1427
6	0 - 0	670	1220	620	2510	837
7	400 - 0	1155	1155	1720	4030	1343
8	800 - 0	1745	1790	1000	4535	1442
9	200 - 0	1040	945	1065	3050	1017
10	600 - 0	1400	1405	1130	4035	1342
11	0 - 0	430	670	630	1730	577
12	400 - 0	1540	1695	1225	4460	1487
13	800 - 0	1405	1040	1090	3535	1178
14	0 - 100	715	1070	1065	2850	950
15	400 - 50	1445	1770	1745	4960	1653
16	400 - 100	1520	2075	1560	5155	1718
17	400 - 150	1065	1600	1015	3680	1227
18	400 - 200	1025	1730	1025	3780	1260
19	800 - 200	1520	1620	1620	4760	1587
20	800 - 200	1565	1575	1620	4760	1587
TOTAL					24507	79757

Parcela nos 10a, calculada

MÉDIA GERAL: 1272

ANEXO 14
 DADOS EXPERIMENTAIS DO TRIGO
 DATA 22-9-75

A	N	F	K	PAOD	PMO
000	000	000	0,00	06295	5
000	400	000	0650	5	
000	800	000	0918		
050	200	000	01072		
050	600	000	1407		
100	000	000	0837		
100	400	000	1343		
100	800	000	1442		
150	200	000	1017		
150	600	000	1362		
200	000	000	0700		
200	400	000	1487		
200	800	000	1212		

ADJUSTED R-SQUARE VALUE

STATISTICS OF FIT FOR DEPENDENT VARIABLE PROD

SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F VALUE	PROB > F	R-SQUARE	C.V.
371996.6602157	191201.2098041	6.16065	0.0174	0.91480083	16.39747 X
230.99465667074	31522.83635276				PROD MEAN
319000.3074971				177.54671766	1082.76923

REGRESSIONAL SS	F VALUE	PROB > F	PARTIAL SS	F VALUE	PROB > F
14306.24571679	9.91425	0.0060	298158.60662475	6.60374	0.0370
6235.9601571523	13.81345	0.0075	173371.33009414	5.45985	0.0515
2788.6056001259	7.55911	0.0205	175563.82845062	5.56069	0.0504
5158.56611673	3.93620	0.1251	95666.56688473	3.03420	0.1251
10406.76470564	0.37956	0.5573	11964.76470590	0.37956	0.5573

T FOR 0.05	PROB > T	STD ERR B	STD B VALUES
5.29715	0.0132	152.91582760	0.0
2.53371	0.0379	2.54422637	1.58961629
2.49514	0.0515	0.63605099	1.4612143
-2.15311	0.0396	0.01149032	-1.37133702
-1.74199	0.1751	0.99071815	-1.01225473
3.54393	0.5573	0.00215307	0.20764933

N P TRIG

N	X1	X2	PREDICTED VALUE	RESIDUAL
1	0	0	594.39557179	126.46642302
2	0	400	900.82007530	-251.82667532
3	0	800	687.06567297	20.98487763
4	50	200	1924.89566310	47.01651490
5	50	600	1267.55566477	159.11535923
6	100	0	336.58751247	-69.64753767
7	100	400	1336.56543355	9.85654865
8	100	800	1365.82667332	56.17532468
9	150	200	1163.82759191	-146.02750191
10	150	600	1638.99643119	-76.84568510
11	200	0	727.33974086	-27.33079636
12	200	400	1279.46753247	257.03246753
13	200	800	1332.30557670	-120.30557678

APLICAÇÕES DE PROGRAMAÇÃO NÃO LINEAR PARA A DETERMINAÇÃO
DE COMBINAÇÕES ÓTIMAS DE TRATAMENTOS

Fernando L. Garagorry *
Vitor Afonso Hoeflich **

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasília

SUMÁRIO

Neste trabalho comunicamos nossa experiência na utilização de programação não linear (principalmente programação quadrática), em combinação com diferentes superfícies de regressão, para determinar combinações ótimas de tratamentos, usando diferentes funções objetivas. Como exemplo, tomamos dados experimentais para adubação (N,P,K) em que plantou-se trigo e depois soja. Em primeiro lugar, usando SAS, ajustamos diferentes superfícies de resposta. Depois selecionamos uma das superfícies que tenha dado um bom ajustamento, e que seja razoável do ponto de vista da interpretação biológica ou econômica, e procuramos a combinação de tratamentos que otimize a resposta, dentro da região definida pelos tratamentos utilizados. Consideramos tanto a maximização da produtividade como a maximização do lucro.

* Pesquisador do DPD-EMBRAPA

** Pesquisador do Setor de Análise Econômica do DDMP-EMBRAPA.

APLICAÇÕES DE PROGRAMAÇÃO NÃO LINEAR PARA A DETERMINAÇÃO
DE COMBINAÇÕES ÓTIMAS DE TRATAMENTOS

Fernando L. Garagorry e Vitor A. Hoeflich

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasília

1. INTRODUÇÃO

Neste trabalho comunicamos nossa experiência na utilização de programação não linear, em combinação com superfícies de resposta, para determinar combinações ótimas de tratamentos, usando diferentes funções objetivas. Como exemplo, tomamos dados experimentais para adubação (N, P, K) em que plantou-se trigo e depois soja. Em primeiro lugar, ajustamos diferentes superfícies de resposta para a produção de trigo por hectare (produtividade), para a produtividade de trigo e soja, para a receita total e para o lucro total do produtor. Sendo que nosso interesse principal é ilustrar a aplicação de certas técnicas de programação não linear, não entramos no estudo afinado dos custos de produção. Em particular, definimos o lucro como a diferença entre a receita obtida pela venda do trigo e da soja, e o custo dos fertilizantes. Consideramos, portanto, como se os outros custos (preparação da terra, aplicação de fertilizantes, colheita, etc.) fossem constantes, independentemente do tratamento aplicado.

Em segundo lugar, selecionamos para cada caso uma das superfícies que tenha dado um bom ajustamento, e que seja razoável tanto do ponto de vista da interpretação biológica como da interpretação econômica. Em terceiro lugar encontramos a combinação de tratamentos que maximize a resposta (ou fun

ção objetiva, como é chamada em pesquisa operacional), dentro da região definida pelos tratamentos utilizados. Pensamos que se o pesquisador escolheu certos limites para os níveis de tratamentos, é porque não está muito interessado pelo que acontece fora dessa região; ou, pelo menos, seu interesse principal é conhecer razoavelmente bem o que acontece dentro da região escolhida. Temos, portanto, problemas de otimização restrita. Em geral, não podem ser resolvidos anulando as primeiras derivadas e estudando o comportamento das segundas derivadas. Por exemplo, no caso de ajustar uma função quadrática, nem sempre vamos obter uma forma quadrática definida negativa, e que tenha seu máximo sobre a região de interesse.

Finalmente, aplicamos programação não linear para fazer um estudo de "expansão". Brevemente, o problema consiste no seguinte. Para obter o máximo do lucro, o produtor deverá enfrentar um custo C^* . Mas, em caso de que esteja disposto a ter um custo de aC^* , com $0 < a \leq 1$, deveremos resolver um novo problema de maximização, em que apareça também essa limitação. Podemos, portanto, determinar uma curva, que é o lugar geométrico dos programas ótimos, para os diferentes custos de produção.

2. METODOLOGIA

A continuação, daremos alguns detalhes dos aspectos mais importantes da metodologia utilizada.

- (1) Seleção de superfícies de regressão. Em geral, pode ser usado qualquer programa disponível para o ajustamento de superfícies de regressão. A forma que nos resulta mais eficiente é utilizando "pacotes estatísticos". Para o ajustamento de superfícies polinomiais temos usado sistematicamente o SAS (Statistical Analysis System). O SAS nos oferece as seguintes

vantagens: (a) facilidade de programação, (b) facilidade de manipulação dos dados, (c) variedade de procedimentos disponíveis, (d) variedade e detalhamento da informação de saída. Para o ajustamento de superfícies não polinomiais temos usado o BMD (Biomedical Computer Programs).

Nos casos que temos estudado, em geral conseguimos superfícies quadráticas com uma boa aproximação (R^2 próximo ou superior a 0,90).

(2) Otimização. Tendo escolhido uma superfície de regressão, passamos a procurar um ponto máximo, dentro da região definida pelos níveis dos tratamentos utilizados. Em primeiro lugar, vemos a possibilidade de determinar um programa ótimo usando cálculo diferencial. Se isso não for possível ou eficiente (do ponto de vista computacional), utilizamos um algoritmo de programação não linear. Até agora temos usado o algoritmo das aproximações lineares [2; pp. 158-162]. Em geral, esse é um dos algoritmos menos eficientes para problemas de programação não linear. No entanto, nos exemplos que temos considerado, o algoritmo tem-se mostrado razoavelmente eficiente, devido principalmente ao fato de que nossos problemas tem poucas variáveis e poucas restrições.

(3) Análise post-otimal. No caso da maximização do lucro total que poderia ser obtido com a produção de trigo e soja, fizemos um estudo de expansão, tal como foi dito anteriormente. Nos outros casos, a simples consideração do gradiente da função de regressão nas vizinhanças do ponto ótimo dá uma boa idéia do comportamento da resposta. Também temos utilizado o procedimento PLOT do SAS, para explorar a variabilidade da resposta nas proximidades do ótimo, usando projeções bidimensionais (por exemplo, fixando um valor de K, estudamos as curvas de igual nível de resposta para as variáveis N e P).

3. EXEMPLO

Tratamos os dados de um experimento de adubação (N, P, K), realizado no ano agrícola 1972-1973. Como estamos interessados em ilustrar a aplicação de uma técnica, não entraremos no estudo dos detalhes do experimento. Feita a adubação, plantou-se trigo e depois soja. Foram utilizados cinco níveis para cada fator. No entanto, em lugar das 125 combinações possíveis, somente foram realizadas 20, cada uma com três repetições. Os resultados aparecem no Quadro 1.

Os níveis máximos e mínimos para cada fator, delimitam a seguinte região:

$$0 \leq N \leq 200, \quad 0 \leq P \leq 800, \quad 0 \leq K \leq 200,$$

sendo

N = quilos de nitrogênio por hectare ,

P = quilos de fósforo (fosfato) por hectare

K = quilos de potássio por hectare.

Para a determinação do custo de adubação, usamos os seguintes preços por quilo: Cr\$8,98 para N, Cr\$ 6,80 para P e Cr\$ 2,48 para K. De modo que se for usada a combinação de N quilos de nitrogênio, P quilos de fósforo e K quilos de potássio, teremos o seguinte custo total: $C = 8,98N + 6,80P + 2,48K$.

Para a determinação da receita, usamos os seguintes preços de venda por quilo: Cr\$ 1,67 para o trigo e Cr\$ 1,34 para a soja. De modo que se forem produzidos T quilos de trigo e S quilos de soja, poder-se-á obter a seguinte receita total: $R = 1,67T + 1,34S$. Evidentemente o lucro estará dado por:
 $L = R - C$.

QUADRO 1. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

OBS	N	P	K	T	S	R	C	L
1	0	0	0	25	520	738.55	0	738,55
2	0	0	0	75	773	1161.07	0	1161.07
3	0	0	0	55	613	913.27	0	913.27
4	0	400	0	205	2773	4058.17	2720	1338.17
5	0	400	0	285	2840	4281.55	2720	1561.55
6	0	400	0	550	3120	5099.30	2720	2379.30
7	0	800	0	220	3093	4512.02	5440	-927.98
8	0	800	0	205	3760	5380.75	5440	- 59.25
9	0	800	0	290	3133	4682.52	5440	-757.48
10	50	200	0	570	2440	4221.50	1809	2412.50
11	50	200	0	680	2627	4655.78	1809	2846.78
12	50	200	0	620	2773	4751.22	1809	2942.22
13	50	600	0	830	2547	4799.08	4529	270.08
14	50	600	0	820	2960	5335.80	4529	806.80
15	50	600	0	885	3253	5836.97	4529	1307.97
16	100	0	0	35	413	611.87	898	-236.13
17	100	0	0	190	680	1228.50	898	330.50
18	100	0	0	70	733	1099.12	898	201.12
19	100	400	0	740	2453	4522.82	3618	904.82
20	100	400	0	760	2720	4914.00	3618	1296.00
21	100	400	0	725	2707	4838.13	3618	1220.13
22	100	800	0	900	2440	4772.60	6338	-1565.40
23	100	800	0	670	2987	5121.48	6338	-1216.52
24	100	800	0	950	3173	5838.32	6338	- 499.68
25	150	200	0	680	2133	3993.32	2707	1286.82

26	150	200	0	900	2347	4647.98	2707	1940.98
27	150	200	0	640	2333	4195.02	2707	1488.02
28	150	600	0	585	3133	5175.17	5427	-251.83
29	150	600	0	650	3200	5373.50	5427	-53.50
30	150	600	0	645	2893	4953.77	5427	-473.23
31	200	0	0	70	520	813.70	1796	-982.30
32	200	0	0	155	547	991.83	1796	-804.17
33	200	0	0	160	733	1249.42	1796	-546.58
34	200	400	0	485	2440	4079.55	4516	-436.45
35	200	400	0	485	3147	5026.93	4516	510.93
36	200	400	0	635	2773	4776.27	4516	260.27
37	200	800	0	470	2893	4661.52	7236	-2574.48
38	200	800	0	490	3493	5498.92	7236	-1737.08
39	200	800	0	590	2907	4880.68	7236	-2355.32
40	0	0	100	65	987	1431.13	248	1183.13
41	0	0	100	80	720	1098.40	248	850.40
42	0	0	100	130	707	1164.48	248	916.48
43	100	400	50	860	3067	5545.98	3742	1803.98
44	100	400	50	900	2880	5362.20	3742	1620.20
45	100	400	50	1110	3000	5873.70	3742	2131.70
46	100	400	100	1025	2560	5142.15	3866	1276.15
47	100	400	100	1170	3093	6093.52	3866	2232.52
48	100	400	100	1055	3253	6120.87	3866	2254.87
49	100	400	150	1100	2667	5410.78	3990	1420.78
50	100	400	150	1025	2893	5588.37	3990	1598.37
51	100	400	150	1100	2667	5410.78	3990	1420.78
52	100	400	200	1120	3533	6604.62	4114	2490.62

53	100	400	200	1095	3173	6080,47	4114	1946,47
54	100	400	200	1120	3053	5961,42	4114	1847,42
55	200	800	200	695	3120	5341,45	7732	-2390,55
56	200	800	200	660	3227	5426,38	7732	-2305,62
57	200	800	200	605	3013	5047,77	7732	-2684,23
58	200	800	200	800	2387	4534,58	7732	-3197,42
59	200	800	200	650	3467	5731,28	7732	-2000,72
60	200	800	200	775	3133	5492,47	7732	-2239,53

- (1) Produtividade de trigo. Em primeiro lugar, escolhemos a seguinte superfície (com $R^2 = 0,88$) para representar a produtividade do trigo:

$$T = -75,452 + 7,347N + 2,009P + 3,049K - 0,033N^2 - 0,002P^2 - 0,009K^2$$

Tomando derivadas parciais temos:

$$\partial T / \partial N = 7,347 - 0,066N = 0,$$

$$\partial T / \partial P = 2,009 - 0,004P = 0,$$

$$\partial T / \partial K = 3,049 - 0,018K = 0.$$

Resolvendo temos: $N = 111$, $P = 502$, $K = 169$ (tomamos o arredondamento para quilos). Esse ponto está dentro da região que consideramos. Estudando as segundas derivadas, encontramos que corresponde a um máximo. Portanto, esse seria o melhor programa de adubação, se estivéssemos somente interessados em maximizar a produtividade de trigo.

- (2) Produtividade de trigo e soja. Na verdade, é muito comum o caso de produtores que plantam trigo e depois soja, durante o ano agrícola. Chamando Q a produtividade de trigo e S a produtividade de soja, escolhemos a seguinte

superfície, que tem $R^2 = 0,93$:

$$Q = 740,897 + 5,627N + 10,166P + 2,170K - 0,029N^2 - 0,009P^2.$$

Temos uma forma quadrática definida seminegativa (geometricamente trata-se de um cilindro parabólico, num espaço de quatro dimensões). Ainda podemos usar o cálculo diferencial para encontrar um ponto máximo. Tomando derivadas parciais, temos o seguinte gradiente:

$$\partial Q / \partial N = 5,627 - 0,058N$$

$$\partial Q / \partial P = 10,166 - 0,018P$$

$$\partial Q / \partial K = 2,170$$

Anulando as duas primeiras componentes do gradiente, temos: $N = 97$, $P = 565$. Por outro lado, a terceira componente indica que devemos ir tão longe quanto possível, dentro da região considerada. Portanto, o melhor programa de adubação está dado por: $N = 97$, $P = 565$, $K = 200$. Observamos que este raciocínio é válido pelo fato de que a região de interesse é um retângulo em três dimensões.

- (3) Receita total. No caso (2), somamos quilos de trigo com quilos de soja, para ter uma certa medida da produtividade total. Como em nosso trabalho estávamos principalmente interessados em considerar funções objetivas com interpretação econômica, achamos conveniente considerar também a receita total. Decidimos tomar a seguinte função de receita total, que tem $R^2 = 0,93$:

$$R = 974,842 + 9,985N + 14,291P + 3,384K - 0,049N^2 - 0,012P^2.$$

Com um raciocínio similar ao do caso (2), encontramos que a melhor combinação de tratamentos está dada por: $N = 102$, $P = 595$, $K = 200$.

(4) Lucro total. Subtraindo o custo $C = 8,90N + 6,00P + 2,48K$ da receita R usada no caso (3), encontramos a seguinte fórmula para o lucro total:

$$L = 974,842 + 1,005N + 7,491P + 0,904K - 0,049N^2 - 0,012P^2.$$

Com o mesmo raciocínio anterior encontramos que o programa ótimo está dado por: $N = 10$, $P = 312$, $K = 200$.

Resumindo os resultados até este ponto, temos as seguintes combinações ótimas de tratamentos:

Produtividade de trigo:	$N = 111$, $P = 502$, $K = 169$,
Produtividade de trigo e soja:	$N = 97$, $P = 565$, $K = 200$,
Receita Total:	$N = 102$, $P = 595$, $K = 200$,
Lucro total:	$N = 10$, $P = 312$, $K = 200$.

Mesmo sem usar uma definição matemática de distância, podemos concluir que nos três primeiros casos os programas ótimos estão "próximos", mas que há uma distância muito apreciável com respeito ao quarto caso, em que se procura maximizar o lucro. Não tivemos ainda oportunidade de construir funções objetivas que tenham uma interpretação mais "biológica". Por exemplo, teria sido interessante maximizar a produção total de calorias, de proteínas, ou de algum nutriente determinado. Em todo caso, pensamos que a utilidade dessas funções objetivas seria muito discutível, dentro do contexto de explicar o comportamento do produtor.

5) Análise post-otimal, curva de expansão. No caso do programa que dá o máximo do lucro total, o custo aproximado é de Cr\$ 2711. Indicando essa quantidade com o símbolo C^* , o problema que nos interessa estudar agora é o seguinte

te: qual será o programa que maximiza a receita, se um produtor está disposto a gastar no máximo uma quantidade de aC^* , sendo $0 < a \leq 1$? Matematicamente, o problema tem a seguinte forma:

$$\max R$$

$$8,98N + 6,80P + 2,48 K \leq aC^*,$$

$$0 \leq N \leq 200, \quad 0 \leq P \leq 800, \quad 0 \leq K \leq 200.$$

Como ilustração do método, desejamos resolver o problema para diferentes valores de a ; ou seja, desejamos resolver vários problemas. Em rigor, sendo que cada problema tem somente três variáveis, seria possível resolvê-los combinando cálculo diferencial com algumas considerações de tipo qualitativo (principalmente a convexidade). Mas isso já não seria eficiente. Por outro lado, tratando-se de problemas de otimização, com função objetiva não linear e restrições lineares, é possível resolvê-los eficientemente com um algoritmo específico. Como foi dito anteriormente, usamos o algoritmo das aproximações lineares. O tempo de resolução por computador do conjunto dos dez problemas definidos por $a = 0,50, 0,55, \dots, 0,90, 0,95$, foi de aproximadamente 2 segundos. No Quadro 2 damos os resultados dos diferentes problemas. Na última coluna (ΔR) damos a diferença de dois valores sucessivos de R ; isso ilustra o fato esperado de que no ponto de máximo lucro ($N = 10$, $P = 312$, $K = 200$) o produtor já está na zona de retorno (receita) marginal decrescente.

QUADRO 2

a	aC*	N	P	K	R	ΔR
1,00	2771	10	312	200	5040	138
0,95	2575	6	298	200	4902	146
0,90	2439	1	284	200	4756	153
0,85	2304	0	266	200	4603	162
0,80	2168	0	246	200	4441	172
0,75	2033	0	226	200	4269	182
0,70	1897	0	209	192	4087	185
0,65	1762	0	209	138	3902	185
0,60	1626	0	209	83	3717	185
0,55	1491	0	209	28	3532	186
0,50	1355	0	199	0	3346	-

REFERÊNCIAS

- (1) B. Ostle. Statistics in Research. The Iowa State Univ. Press, 1963.
- (2) W.I. Zangwill. Nonlinear Programming: A Unified Approach. Prentice-Hall, 1969.

3.4. MODELOS DE RISCO E SIMULAÇÃO

SISTEMA DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA

NO CERRADO*

Vitor A. Hoeflich.
Elmar R. da Cruz.
João Pereira.
Fernando F. Duque
Hélio Tollini.

I - INTRODUÇÃO

Cerca de 1,3 milhões de km², ou seja aproximadamente 15% do território nacional, são cobertos por áreas de vegetação típica de cerrados. Desse total 80% se localizam nos Estados de Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso, área geoeconômica para a qual se orientam, prioritariamente, os esforços e a pesquisa para a incorporação do cerrado no processo produtivo (7).

Segundo o seu aspecto, quatro tipos de vegetação formam o que se chama de cerradão, cerrado, campo sujo e campo limpo, respectivamente:

- a. Cerradão: Tipo intermediário entre o cerrado e a floresta, possuindo, no entanto, vegetação menor e menos densa que esta. Há três estratos de vegetação no cerradão: formações arbóreas, de 8 a 10m de altura; formação arbustiva, mais densa, com cerca de 3m, e formação herbácea, muito reduzida.
- b. Cerrado : Tem como principal característica o fato de suas árvores e arbustos possuírem troncos e galhos retorcidos, com folhagem pouco desenvolvida, e folhas grandes e grossas.
- c. Campo sujo: Denominação que se dá a vegetação de arbustos baixos e espaçados.
- d. Campo Limpo: Caracteriza-se pela ausência de árvores e arbustos. Os subarbustos são tortuosos, muito baixos e bastante espaçados ou, até mesmo, ausentes.

Do ponto de vista de aptidão agrícola as melhores faixas de terra, em ordem decrescente, são: cerradão, cerrado, campo sujo e campo limpo.

Com relação à classificação do cerrado quanto ao solo, SANCHES et

* Trabalho apresentado no IV Simpósio sobre o Cerrado, organizado pelo CPAC / EMBRAPA-CNPq, em Brasília, 21-25 de junho de 1976.

alli (8) montaram comparativo da distribuição das maiores unidades de solos, que pode ser visualizada no quadro 1.

Isto permitiu-lhes observar que 66% dos cerrados brasileiros estão sobre LATOSOLOS; 20% sobre AREIAS QUARTZOSAS VERMELHO AMARELAS; 10% sobre LATERITAS HIDROMÓRFICAS e 8% sobre LITOSOLOS, enquanto que 4% estão sobre PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EQUIVALENTE EUTRÓFICO (estão sob vegetação de matas ou se originam daí). Dos quatro tipos de solos Cerrados os dois primeiros representando 76% do total dos solos de cerrados, tem possibilidades de utilização teórica para agricultura. Não foram considerados entretanto, outros fatores que, naturalmente, deverão diminuir esta percentagem para uma utilização real. As propriedades físicas adequadas para suportar uma exploração agropecuária decrescem dos LATOSOLOS para as AREIAS QUARTZOSAS VERMELHAS AMARELAS.

Com relação a fertilidade desses solos pode-se afirmar que a mesma apresenta um gradiente ascendente que aumenta de campo limpo para cerrados, em cada um dos grandes grupos de solos, e, correspondentemente, um gradiente descendente na percentagem de saturação de Alumínio.

A baixa fertilidade destes solos reside, basicamente, na baixa Capacidade Catiônica (CTC), conseqüente da inexpressiva fração mineral de argila e pelo fato de que a matéria orgânica é praticamente inerte. A alta capacidade de fixação de fósforo pelos LATOSOLOS talvez seja o fator mais limitante para a exploração econômica desses solos.

Com relação à climatologia, a característica mais relevante é a existência de duas fases bem distintas: a chuvosa e a seca. Nos locais onde há predominância da fase chuvosa (6-8 meses seguidos de chuva) a exploração dos cerrados é mais intensa, enquanto que quando ocorrem 7-9 meses de seca ininterrupta, os cerrados estão quase inexplorados. A existência dessa estação seca bem pronunciada é outro fator muito limitante na exploração econômica dos cerrados. As temperaturas médias variam de 20 a 26° e a precipitação de 1.000 a 2.000mm. A ocorrência de lacunas secas de 1 a 4 semanas dentro da estação chuvosa tem limitado muito a utilização dos cerrados.

Os cerrados, entretanto, são de grande importância para o desenvolvimento nacional, e isto se destaca, dia a dia, apesar de se constituírem de solos pobres, porém, na maioria, de fácil mecanização. Sua ocupação, contudo, vem se desenvolvendo de forma contínua, lenta e empírica.

QUADRO 1 - DISTRIBUIÇÃO APROXIMADA DAS MAIORES UNIDADES DE SOLOS NO MAPEAMENTO DA FAO (DA ÁREA CONTÍNUA DOS CERRADOS) E NOMENCLATURA DO SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DOS E.U.A. E DO BRASIL.

Sistema Brasileiro	Legenda da FAO	Taxonomia dos E.U.A	Área total Milhões de ha	% de Cerrado
LATOSOLS:				
FERRALSOLS:				
Latosol Vermelho Amarelo (LVA)	Acric Ferralsols	Acrustox	69,7	41
Latosol Vermelho Escuro (LVE)	Orthic Ferralsols	Haplustox	17,9	11
Latosol Roxo (LR)	Rhodic Ferralsols	Haplustox	6,9	4
SUB-TOTAL			94,5	56
OXISOLS:				
ARENOSOLS				
AREIAS QUARTZOSAS (AV)	Plinthic Acrisols	Psamment	34,3	20
LATERITA HIDROMÓRFICAS (LH)	Orthic Acrisols	Ustult	17,0	10
PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO	Ferric Luvisols	Ustult	2,1	1
LITHOSOLS				
DISTRÓFICO (PD)	Lithic	Dystropepts	15,1	9
PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO equiv. EUTRÓFICO (PE)			7,0	4
SUB-TOTAL			75,5	44
TOTAL			175,0	100

FONTE: (8)

O disciplinamento e a agilização de sua utilização é fundamental para se atingir a Amazônia. Para tanto é que se preocupou em colocar em atividade, programas e órgãos específicos como o POLOCENTRO e o CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DOS CERRADOS (CPAC), da EMBRAPA. O CPAC vem apoiando suas atividades de pesquisas nos sistemas de Produção em uso nos Cerrados e resente-se de informações mais detalhadas sobre esses sistemas.

O presente trabalho, ainda que preliminarmente, propõe descrever o sistema de produção agrícola que a partir da última década tem sido utilizado na exploração das terras de cerrado nas regiões de Goianésia e Quirinópolis - Goiás.

II - DESCRIÇÃO DAS REGIÕES ESTUDADAS

II.1. - GOIANÉSIA

a. Área Agrícola: O Município de Goianésia com área constituída em grande parte de cerrados agricultáveis tinha, em 1974/75, 98.000 ha de área plantada. A parte constituída de solos mais férteis e cobertura original de florestas (matas) se presta basicamente para pastagens por ser acidentada (fortemente ondulada). A outra, de solos mais pobres e com características de cerrados, está sendo explorada para produção agrícola; por ser acessível a mecanização agrícola. Esta última é constituída de áreas de menor valor monetário e portanto de mais fácil aquisição para pessoas com propensão à riscos. A produção de arroz naquele ano foi de 66.000 ha. distribuídos. Na parte melhor produziu-se milho numa área de 24.800 ha.

b. Clima : Goianésia tem um clima sub-tropical úmido. A precipitação de chuvas ocorre nos períodos de outubro a abril, com média de 1.200-1.500 mm.

c. Revestimento florístico: A vegetação originária predominante no município é constituído de: cerrados, campos e matas, sendo que o capim jaraguá e o colonião são as gramíneas forrageiras implantadas e portanto dominantes na atualidade.

d. Solo : Goianésia é uma região em que os solos latosolo vermelho amarelo e latosolo vermelho escuro são predominantes, com a ocorrência de algumas manchas de podzólico vermelho amarelo, todas com distrofia bastante acentuada.

As terras de cerrado são de baixa fertilidade apresentando teores de 1 a 3 ppm. de fósforo. O nível de potássio é considerado relativamente bom. O teor de matéria orgânica é baixo somado a baixa capacidade de troca catiônica, resultando conseqüentemente numa baixa capacidade de retenção de água. A maioria destes solos apresentam teores de alumínio tóxico variando de 0,1 a 1,0/mg. O pH varia de 4,0 a 5,8.

e. Principais culturas: As principais culturas da região são: arroz, milho e feijão, conforme o quadro 2.

O cultivo do arroz vem sendo desenvolvido basicamente em terras de cerrado, sem o uso de calcário no plantio. Mais recentemente, é dado o fato de que calcário começa a ser incorporado ao solo, tendo-se iniciado tentativas de rotação de arroz com milho ou soja. Grande parte da cultura de arroz vem sendo adubada quimicamente com aproximadamente 250-300 kg/ha, com o uso de semente selecionada entre cerca 80% dos produtores.

Nos últimos anos, com o aumento de infestação de pragas e doenças, tem-se intensificado a utilização de inseticidas e fungicidas. A colheita é feita mecanicamente, ou parcialmente mecanizada quando se trata de pequenas lavouras.

Observa-se que a produtividade do arroz vem decrescendo de ano para ano, a partir de uma situação mais ou menos favorável em 1969/70. Nos últimos três anos verificou-se falta de chuvas nas fases de crescimento da planta o que favoreceu o ataque de doenças tendo, ainda, corrido para a baixa produtividade encontrada.

O cultivo de milho nos cerrados teve seu início por volta de 1972 e vem sendo desenvolvido em terras de cultura de topografia ondulada. Sua produtividade tem variado entre 2.000 e 2.500 kg/ha. O uso de adubo é, ainda, insignificante ocorrendo em apenas 31% da área plantada com dosagem de 280 kg/ha.

A cultura de feijão vem sendo plantada em consorciação com o milho. É porém inexistente nas áreas típicas de cerrados apesar de ser perfeitamente viável conforme dados de pesquisas.

O cultivo de soja nesses cerrados está condicionado aos baixos preços alcançados ultimamente e com os altos onus de transporte até às indústrias ou portos.

QUADRO 2 - DADOS MUNICIPAIS DE GOIANÉSIA - GO

ESPECIFICAÇÃO	72/73	73/74	74/75
a) <u>Dados Gerais:</u>			
Tratores de roda (nº)	164	206	301
Trat. de esteira (nº)	9	10	14
Capac. Armazem (1000 sc)	d	nd	580.000
Área total das propriedades (ha)	69.200	79.740	98.000
Área total arada (ha)	58.000	74.150	93.000
População total (nº hab.)	43.260	48.563	51.477
População rural (nº hab.)	28.190	31.645	33.544
b) <u>Cultura de Arroz:</u>			
Área total (ha)	40.000	48.000	66.000
Produção total (+)	45.000	66.000	64.800
Produtividade (kg/ha)	1.125	1.350	950
Adubação química (t)	2.620	10.400	13.500
Adubação Química (ha)	7.600	9.875	60.500
Calcário (t)	0	0	0
Colheita mecânica (%)	68	90	90
c) <u>Cultura de Milho: 1/</u>			
Área total (ha)	nd	19.200	24.500
Produção total (t)		43.000	58.250
Produtividade (kg/ha)		2.220	2.377
Adubação química (+)		144	217
Adubação química (ha)		90	775
Calcário (t)		300	1.210
Colheita mecânica		0	0
Calcário (ha)		100	715

FONTE: ACAR-GO (1, 2, 3)

Nd. Não disponível

1/ - Dados das regiões trabalhadas pela ACAR.

II.2. - QUIRINÓPOLIS

a. Área Agrícola: O Município de Quirinópolis tem área constituída de aproximadamente 50% de cerrados, quase todos agricultáveis, sendo o restante de origem florestal (matas) com alta fertilidade.

Em 74/75 em todas as áreas trabalhadas no município, utilizou-se 18.000 ha para milho, 14.000 ha para arroz e 9.000 ha. para soja. A região é bastante plana com ligeiras ondulações, portanto, quase toda agricultável.

Os cerrados aqui tem ótimas condições de aproveitamento agropecuário, com muito menos investimento se consegue altos rendimentos. Considerando que a área de cerrados constitui um gradiente de qualidade para aproveitamento agropecuário, as terras de QUIRINÓPOLIS ficam no melhor nível.

b. Clima : Quirinópolis possui um clima que pode ser classificado como tropical úmido, com chuvas ocorrendo de outubro a abril. Precipitação das chuvas varia entre 1.000 a 1.200 mm por ano.

c. Solo : O solo do município, nas regiões mais acidentadas caracteriza-se pelo latosol vermelho escuro, de textura média e areias quartzosas vermelhas e amarelas fase cerrado. Nas regiões de relevo plano ou suavemente ondulado encontram-se o latosol roxo fase cerrado e o latosol roxo fase floresta.

d. O revestimento florístico: É formado de 57% de mato cerrado e campo; 25% de pastagens artificiais; 13% de lavouras abertas com 4% de terrenos inaproveitáveis.

e. Principais culturas: As principais culturas da região são: milho, arroz, soja e pastagens sendo sua evolução observada no quadro 3.

O cultivo de milho vem sendo desenvolvido, basicamente, em terras de cultura. Sua produtividade tem variado entre 2.000 e 2.600 kg/ha. O uso de adubo vem ocorrendo em 34% da área plantada, sendo que o consumo de adubo, no período 74/75, foi de 300 kg/ha e o de calcário na ordem de 1.250 kg/ha. Convém notar, entretanto, que a adubação química teve um acréscimo de

50% na dosagem utilizada. O uso de sementes selecionadas é observado em 90% dos produtores. A colheita, em 74/75, foi mecânica em 32% da área. A cultura do milho é componente do sistema de produção dos cerrados.

QUADRO 3 - DADOS MUNICIPAIS DE QUIRINÓPOLIS - GO.

ESPECIFICAÇÃO	72/73	73/74	74/75
a) DADOS GERAIS:			
Tratores de roda (nº)	103	168	270
Tratores de esteira (nº)	8	25	40
Capac. Armazenagem (t)	6.660		27.000
Área total das propriedades (ha)	39.000	39.000	49.100
Área total arada (ha)	37.875	38.160	46.000
População total (nº hab.)	47.000		
População rural (nº hab.)	29.400		
b) CULTURA DO MILHO:			
Área total (ha)	16.940	16.000	25.000
Produção (t)	31.470	41.000	61.000
Produtividade (kg/ha)	1.913	2.563	2.440
Adubação Química (t)	65	1.400	2.600
Adubação Química (ha)	12.654	7.000	3.500
Calcário (t)	0	404	500
Calcário (ha)	0	220	400
Colheita mecânica (% da área)	25	30	82
c) CULTURA DA SOJA:			
Área total (ha)	6.000	8.200	9.500
Produção (t)	11.580	9.851	13.700
Produtividade (kg/ha)	1.930	1.201	1.442
Adubação química (t)	1.437	1.600	1.570
Calcário (t)	600	1.110	1.100
Calcário (ha)	600	395	5.000
Colheita mecânica (% da área)	100	100	100
Adubação química (ha)	5.990	8.000	9.000
d) CULTURA DO ARROZ:			
Área total (ha)	17.000	9.500	25.000
Produção (t)	20.400	6.468	24.000
Produtividade (kg/ha)	1.200	680	960
Adubação química (t)	0	21	150
Adubação química (ha)	0	150	8.000
Calcário (t)	0	0	0
Colheita mecânica (% da área)	35	43	70

FONTE: (4 a 6)

A cultura de arroz vem sendo desenvolvida, basicamente, em terras de cerrado sem utilização de calcário. Sua produtividade tem variado entre 700 e 1.200 kg/ha. O uso de adubo é ainda insignificante dada a boa qualidade dos cerrados, ocorrendo em 2% da área plantada, com uma dosagem de 140 kg/ha. Em 74/75 observou-se que 70% da área foi colhida mecanicamente.

A cultura da soja também vem sendo desenvolvida, basicamente, em terras de cerrado. Sua produtividade tem variado entre 1.200 e 1.750 kg/ha. O uso de calcário vem ocorrendo em 56% da área, com uma dosagem 170 kg/ha, em média. Por suas características, esta cultura tem sua colheita 100% mecanizada.

III - DESCRIÇÃO DAS PROPRIEDADES TÍPICAS ESTUDADAS.

III. 1. - GOIANÉSIA

Passemos agora a caracterizar uma propriedade típica da parte baixa do município. Segundo a ACAR local ela teria em média 150 hectares dos quais 80% seriam agricultáveis, com o predomínio de solo de cerrado. Observa-se que de modo geral esta parte do cerrado da propriedade é aproveitada para o plantio de arroz com uso de cerca de 250 kg/ha de adubação. A rotação do arroz com outras culturas está sendo cogitada pelos técnicos da ACAR, sendo que o principal fator limitante, até então, é a disponibilidade de calcário na região em termos econômicos. Convém notar ainda que a área onde o arroz tem sido plantado apresenta Al^{+++} tóxico.

A ACAR pensou em várias rotações alternativas para a região em solo de cerrado.

Uma delas seria arroz-soja da qual ainda não se sabe os resultados, uma vez que foi recém iniciada. Outra rotação considerada é arroz-milho mas reconhece-se que nas condições atuais esta não parece ser a melhor alternativa.

A cultura do arroz, em Goianésia, teria na safra de 74/75 um custo de cr\$ 1.710/ha, para uma produtividade que se situasse na faixa dos 1.500 kg/ha. Viu-se entretanto, que a produtividade naquela safra foi de apenas 950 kg/ha, em termos médios. No apêndice A apresentamos uma equação de custos em função da produtividade para corrigir-se os custos estimados.

O quadro 4 mostra as produtividades e os vários níveis de preços do produto, onde para a estrutura de custos vigente se estabelece uma situação de ponto de nivelamento, isto é, uma situação em que a receita total/ha se iguala ao custo total/ha. Os valores à direita de diagonal representam as taxas de rentabilidade e as situações à esquerda refletem condições de prejuízo.

QUADRO 4 - TAXAS DE RENTABILIDADE DAS ATIVIDADES ARROZ, MILHO, E PASTAGEM EM GOIANÉSIA-GO, ANO AGRÍCOLA 1974/75.

a. Arroz

P_A \ Y_A	1,1	1,299	1,539	2,05
700				0
1.000			0	0.33
1.250		0	0.19	0.58
1.577	0	0.18	0.40	0.86

P_A = Preço do Arroz, em cr\$/kg; Y_A = Produtividade do Arroz, em kg/ha;

b. Milho

P_M \ Y_M	0,6	0,663	0,764	0,9155	1,0	1,1	1,24	1,673
1.000								0
1.400							0	0.35
1.600						0	0.13	0.52
1.800					0	0.10	0.24	0.67
2.000				0	0.09	0.20	0.35	0.83
2.500			0	0.20	0.31	0.44	0.62	1.19
3.000		0	0.15	0.33	0.51	0.66	0.87	1.52
3.428	0	0.11	0.27	0.53	0.67	0.33	1.07	1.79

P_M = Preço do Milho, em cr\$/kg; Y_M = Produtividade do Milho, em Kg/ha;

c. Pastagem Artificial (Recria e Engorda)

P_B \ n ^o cabeça /ha /alq	1.230	1.400	1.530	1.630	1.916	2.430
0.5 2.42						0
0.7 3.39					0	0.27
0.9 4.36				0	0.18	0.49
1.0 4.84			0	0.07	0.25	0.59
1.17 5.66		0	0.09	0.16	0.37	0.74
1.5 7.26	0	0.11	0.24	0.33	0.56	0.98

P_B = Preço de renda do animal c/200 kg, em cr\$;

d. Pastagem natural (Recria e Engorda)

n ^o cabeças /ha	P _B /alg	736.5	763.1	807.5	843.0	850.0	896.2	934.9	1162.4	1403.0	1695.0
		0.0207	0.1								
0.0265	0.125									0	0.21
0.0413	0.2								0	0.20	0.46
0.0620	0.3							0	0.18	0.42	0.72
0.0826	0.4						0	0.10	0.30	0.56	0.89
0.1	0.484					0	0.05	0.16	0.37	0.65	0.99
0.1033	0.5				0	0.01	0.06	0.17	0.38	0.66	1.01
0.1240	0.6			0	0.04	0.05	0.11	0.22	0.44	0.73	1.10
0.1653	0.8		0	0.06	0.10	0.11	0.17	0.29	0.52	0.83	1.22
0.2066	1.0	0	0.04	0.10	0.14	0.15	0.22	0.34	0.58	0.90	1.30

P_B = Preço de venda de animal c/ 200 kg; em cr\$;

Do quadro 4a pode-se concluir que para uma situação em que o preço do arroz fosse de cr\$ 1.10/kg, e dada a estrutura de custo considerada, seria necessário uma produtividade de 1.580 kg/ha a fim de que o custo total de produzir esta quantidade fosse igual à receita proveniente da venda desta mesma quantidade.

Em outras palavras, as combinações de preço-produtividade situadas à esquerda da linha diagonal indicariam situações de prejuízo enquanto as situadas à direita indicariam situações de lucro. Os valores encontrados à direita da diagonal são as taxas de rentabilidade.

Em que situação poder-se-ia esperar que o milho ou pastagem pudessem vir a ser alternativas para o arroz, em terras de cerrado?

Isso pode ser verificado através dos quadros 4b, 4c e 4d.

O quadro 4b apresenta que para uma situação em que o preço do milho fosse de cr\$ 0,60/kg, e dada a estrutura de custo considerada, seria necessário uma produtividade de 3.428 kg/ha a fim de que o custo total desta produção fosse integralmente coberto.

As combinações preço-produtividade situadas à esquerda da linha diagonal indicariam situações de prejuízo e as combinações preço-produtividade situadas à direita da linha diagonal indicariam situações de lucros.

Estes resultados, contudo, referem-se à uma estrutura de custo constante no Apêndice A.

Os quadros 4c e 4d apresentam, igualmente, as diferentes combinações de preço e capacidade suporte associadas às situações de prejuízo, nivelamentos entre custo e receita, e lucros bem como às taxas de rentabilidade correspondentes.

III. 2. - QUIRINÓPOLIS

Em Quirinópolis as propriedades são tipicamente maiores. Em geral a sua área seria de 600 hectares dos quais 500 seriam aráveis e explorados com culturas ou pastagens e 100 deixados intactos como reserva natural (cerrado em pé).

Para que possamos comparar as taxas de retorno desta propriedade típica de Quirinópolis cujas terras são melhores, com aquelas provenientes de um proprietário em Goianésia, cujas terras de cerrado exigem custos maiores dado o fato de não serem tão boas, apresentamos, em seguida o quadro 5. A interpretação segue raciocínio idêntico ao quadro 4.

QUADRO 5 - TAXAS DE RENTABILIDADE DO ARROZ, MILHO E PASTAGEM EM QUIRINÓPOLIS.

a. Arroz

P_a	0,63	0,74	0,96	1,1	1,3	1,54	2,05
Y_a							
594				0	0,18	0,40	0,87
700			0	0,14	0,35	0,60	1,12
1000		0	0,31	0,49	0,76	1,09	1,78
1250	0	0,17	0,53	0,74	1,06	1,44	2,25

P_a = Preço do arroz em cr\$/kg; Y_a = Produtividade do arroz em kg/ha;

b. Milho

P_m \ Y_m	0,40	0,45	0,52	0,57	0,60	0,62	0,68	0,90	1,00	1,10
1000								0	0,11	0,22
1400							0	0,31	0,46	0,61
1600						0	0,11	0,46	0,62	0,78
1660					0	0,03	0,14	0,5	0,67	0,83
1800				0	0,06	0,09	0,21	0,59	0,77	0,95
2000			0	0,08	0,15	0,18	0,31	0,72	0,91	1,10
2500		0	0,17	0,26	0,34	0,38	0,53	1,0	1,23	1,46
3000	0	0,13	0,32	0,42	0,51	0,55	0,72	1,26	1,51	1,77

P_m = Preço do milho em cr\$/kg; Y_m = Produtividade do milho em kg/ha.

c. Pecuaria em pastagem artificial - Quirinópolis (Recria e Engorda)

P_B \ Y_P	830	870	930	1030	1230	1400	1500	1600
0,78						0	0,07	0,14
1,0					0	0,14	0,22	0,30
1,5				0	0,19	0,36	0,46	0,55
2,0			0	0,11	0,32	0,51	0,61	0,72
2,5		0	0,07	0,13	0,41	0,61	0,72	0,84
3,0	0	0,05	0,12	0,24	0,48	0,69	0,81	0,93

Y_P = Produtividade do pasto em cab./ha. (capacidade de suporte).

P_B = Preço de venda animal de 200 kg em cr\$.

As estruturas de custos estão contidas no apêndice A. Vê-se que pelo fato dos custos em Quirinópolis serem menores a igualação entre custos e receitas verifica-se a produtividades menores para um dado preço.

Esta vantagem de Quirinópolis pode também ser observada ao fixarmos uma dada produtividade. Neste caso os produtores de Quirinópolis poderiam receber preços menores para igualarem custos e receitas.

Com o preço do arroz a cr\$ 1,10/kg basta uma produtividade de 594 kg/ha para que as receitas se igualem aos custos (dados da safra de 74/75) para o produtor típico de Quirinópolis (Veja-se quadro 5a).

Com o preço do milho a cr\$ 0,60/kg uma produtividade de 1660 kg / ha será suficiente para igualar custos e receitas (veja-se quadro 5b).

Com relação ao quadro 5c, vemos que como a capacidade de suporte das pastagens artificiais em Quirinópolis é maior (2 cabeças/ha), temos que os pecuaristas daquela região levam alguma vantagem sobre os de Goianésia.

Passemos agora a olhar mais de perto as características da propriedade típica de Quirinópolis.

Para o seu desmatamento considerou-se a opção do fazendeiro em fazê-lo de uma só vez. Isto significa que ao alugar tratores de uma só vez para o desmatamento, o fazendeiro teria um custo final menor do que vários alugueis anuais, dado um único deslocamento dos tratores entre o locador e a fazenda. Acrescente-se a isto o fato do POLOCENTRO dar um prazo superior a seis anos de carencia para o início do pagamento da parcela destinada a investimentos. Com isto o produtor ver-se-ia também incentivado a desmatar a área permitida logo no primeiro ano.

O custo aproximado de desmatamento de um hectare, incluindo a des^utoça é de cr\$ 710,00 sendo ¹/_::

- | | |
|---------------------------------|---------------|
| - 5 horas máquina a cr\$ 100,00 | = cr\$ 500,00 |
| - 7 dias homem a cr\$ 30,00 | = cr\$ 210,00 |

A mão de obra familiar totalizaria a 1800 dias homem (6 adultos ou equivalente), havendo disponibilidade de 450 dias homem no período A do preparo do solo e plantio (arroz milho e soja) nos meses de outubro a dezembro; 300 dias homem nos meses de janeiro e fevereiro (período B - tratamentos culturais) e 450 no período C da colheita (março, abril e maio). Não foi de nosso interesse o uso da mão-de-obra familiar durante a entressafra.

Para simplificar os cálculos do custo da utilização de tratores usou-se a premissa simplista que o proprietário aluga de terceiros os tratores para as operações de campo. Na análise dos resultados veremos evidentemente que o aluguel que seria pago seria excessivamente alto, compensando a compra de um trator.

1/ Veja-se o detalhamento no Apêndice A.

Nossa hipótese de trabalho é que um produtor disponha-se a explorar 500 hectares de cerrado em pé de sua propriedade e que deseje maximizar a renda bruta através da escolha de uma ou mais das seguintes rotações, consideradas típicas para a região:

- 1) Arroz nos três primeiros anos e a seguir pastagem - AAAP no modelo.
- 2) Arroz nos dois primeiros anos, milho no 3º ano e pastagem - AAMP.
- 3) Arroz nos dois primeiros anos e pastagens nos demais - AAPP.
- 4) Arroz no primeiro ano e pastagem nos demais - APPP.
- 5) Arroz no primeiro ano seguido de dois anos de milho e pastagem no último - AMMP.
- 6) Arroz seguido de milho e pastagem nos demais anos - AMPP.
- 7) Arroz nos dois primeiros anos, soja no terceiro e pasto a seguir - AASP.
- 8) Arroz seguido de dois anos de soja e pasto no quarto ano - ASSP.
- 9) Arroz no primeiro ano, soja no segundo e pastagem nos demais - ASPP.
- 10) Arroz seguido de milho, soja e finalmente pastagem - AMSP.

A razão destas opções é que o objetivo do trabalho é a descrição dos sistemas de produção em uso de certas regiões do cerrado. No caso de Quirinópolis, a cultura do arroz vem sendo utilizada como sendo a primeira opção após o desmatamento. Por isto ela entrou obrigatoriamente no primeiro ano. Já para o segundo e terceiro anos as práticas adotadas tem variado, podendo os Produtores entrarem logo com pastagem, continuar com arroz ou entrar com milho e soja. Já no quarto ano em diante é prática usual na região a atividade de recria e engorda usando pastagem melhorada. Por esta razão no quarto ano a pastagem entrou em todas as opções.

Como não é finalidade deste trabalho apontar o uso de novas tecnologias para a região, deixamos de considerar outras atividades que a EMBRAPA está pesquisando mas que ainda não foram introduzidas na localidade.

Os custos operacionais por hectares de cada cultura são detalhados no Apêndice A e resumidos aqui:

- Arroz - cr\$ 800	- Milho - cr\$ 1.150
- Soja - cr\$ 1.150	- Formação de Pastagem - cr\$ 1.450

Os rendimentos médios por hectare na região de Quirinópolis foram tomados para a nossa propriedade simulada, ou sejam:

- Arroz - 1.250 kg/ha
- Milho - 3.125 kg/ha
- Soja - 1.250 kg/ha

Foram tomados vários preços do produto para as análises que se seguem. Os preços base foram cr\$ 1,10 por quilo do arroz, cr\$ 1,00 o quilo da soja e cr\$ 0,60 o quilo do milho. A atividade de cria e engorda tomou por base o preço de cr\$ 600,00 da compra de cada novilha de um ano e cr\$ 1.400,00 o preço de venda do animal para abate com 3 anos de idade.

Como se trata de pastagem melhorada, sua capacidade de suporte é de dois animais por hectare, sendo que o proprietário pode também alugar o pasto a terceiros a uma razão de cr\$ 30,00 por cabeça por mês.

Supõe-se, ainda, que a fazenda não tenha sido explorada ainda para culturas. O proprietário desmataria cerca de 500 hectares de terra com o custo dado acima e com os demais dados que acabamos de descrever ele decidiria que tipo de rotação escolheria, começando com arroz e terminando com pastagem, a exemplo do que seus vizinhos fazem.

Há várias maneiras de responder-se a indagação deste fazendeiro.

A técnica escolhida aqui foi a programação linear. A matriz tecnológica para Quirinópolis é apresentada no Apêndice B.

Se não impusermos nenhum limite à capacidade de empréstimo, à compra de mão de obra nas épocas de plantio e colheitas, e à outros fatores limitantes, a solução do problema com base nas informações dadas acima será a total utilização dos 500 hectares na rotação AMMP (Arroz, Milho, Milho e Pastagem).

Entretanto ele teria que pedir financiamento em desmatamento e cativeiro na ocasião da formação da pastagem. Usaria 3.250 horas máquina o que justificaria a compra de um trator e compraria 75 dias homem na época do plantio bem como 15 dias homem para trator culturais.

O que aconteceria se limitássemos em cr\$ 500.000,00 a compra de capital de custeio e 60 dias homem de mão de obra no período do plantio?

Veremos então que o produtor plantaria somente 439 hectares ao invés dos 500, devido à restrições no financiamento de capital de custeio.

Em consequência ele agora alugaria apenas 12 dias homem no período do plantio, e alugaria 2.857 horas de trator. Entretanto ele continuaria na mesma rotação AMMP, embora deixando 61 hectare ociosos dada a restrição de crédito apontada acima.

Vale a pena frisar que a rotação AMMP entra na solução devido a razão de preços entre os produtos:

- Arroz = cr\$ 1,10 o quilo (cr\$ 66 a saca)
- Milho = cr\$ 0,60 o quilo (cr\$ 36 a saca)
- Soja = cr\$ 1,00 o quilo (cr\$ 60,00 a saca)

Entretanto se a razão de preços variar a alocação de recursos pelo produtor evidentemente também variará.

Vejamos o que aconteceria quando o preço do arroz aumentar de Cr\$ 1,10 o quilo para Cr\$ 1,15 (ou seja o preço da saca de 60 quilos passaria a Cr\$ 69,00). Neste caso o produtor aumentaria sua área plantada de 439 para 476 hectares e se dedicaria agora à rotação AAMP.

Vemos portanto que um simples aumento de 4,5% no preço do arroz já foi suficiente para que o nosso produtor mudasse a rotação. Com o fito de diminuir riscos, o nosso modelo apontou também para o mesmo nível de renda líquida a seguinte solução:

- AAAP - 114 hectares
- AAMP - 371 hectares

Com isto o produtor passaria agora a plantar 485 hectares com a diferença que no terceiro ano ele teria 114 hectares com pasto, podendo portanto iniciar o processo de recria ou engorda com 970 cabeças de gado (pois a capacidade de suporte é de 2 cabeças por hectare). Ele não alugaria sua pastagem a terceiros tendo em vista que tal atividade não entrou na solução. Embora o preço do arroz tenha aumentado, o nosso produtor continuaria a usar o limite máximo de cr\$ 500.000,00 de sua capacidade de empréstimo.

Para se ter uma idéia da extrema sensibilidade da solução à variação dos preços, vejamos agora o que acontece quando o preço do arroz sobe para cr\$ 1,18 o quilo (cr\$ 71,00 a saca). O nosso produtor cultivaria agora 486 hectares exclusivamente da rotação AAAP, com o detalhe o que o limite de financiamento passa agora a não ser mais limitante, uma vez que ele somente usa

rã cr\$ 486.000,00 em capital de giro. Para explicar esta diferença temos o seguinte:

- 486 hectares de arroz a 1.250 kg/ha = 607.500 quilos de arroz anuais.

- 607.500 x 3 = 1.822.500 quilos de arroz produzidos durante os três anos da rotação. Evidentemente uma diferença de 3 centavos a mais recebidos por quilo (ou seja 2 cruzeiros no preço da saca) faria uma diferença de cr\$ 54.675,00 o que é algo significativo.

Só não seria possível o plantio dos 500 hectares disponíveis devido a limitação da compra de no máximo 60 dias homens na época do plantio, que foi usada até o limite nesta última solução. Pudemos observar que na região realmente existe escassez de mão de obra nos períodos críticos (plantio e colheita) podendo este fator ser considerado como efetivamente limitante.

Dada a alta sensibilidade do modelo à variação de preços não faz sentido mencionarmos as rendas líquidas dos planos acima, uma vez que é quase certo que o produtor encontrará, na prática, uma combinação de preços diferentes da mencionada acima.

O quadro 6 nos mostra em termos percentuais aquilo que o produtor deixa de ganhar ao usar uma rotação que não é a apontada na solução do modelo para diferentes preços do arroz.

QUADRO 6 - MARGENS BRUTAS E SUAS VARIAÇÕES PERCENTUAIS PARA DIFERENTES PREÇOS DO ARROZ.

(MILHO = cr\$ 0,60/ka e SOJA = cr\$ 1,00/kg)

(1)	(2)	(3)	(4)
ROTAÇÃO	ARROZ = cr\$ 1,10/kg	ARROZ = cr\$ 1,15/kg	ARROZ = cr\$ 1,18/kg
AMMP	100	109	116
AAMP	89	109	124
AAAP	73	104	126

Valor Base: cr\$ 66.653 = 100

 = Percentuais em relação ao valor base.

Usando AAAP ele perderia 27%. Na coluna (3) a rotação correta seria AAMP muito embora AMMP tenha praticamente a mesma margem bruta. Análise semelhante pode ser feita na coluna (4) onde a rotação melhor ã AAAP.

A melhor maneira de mostrarmos as rendas líquidas prováveis que os produtores teriam decorrentes de diferentes combinações de preços, é associá-las também a diferentes custos e diferentes produtividades pois todos estes fatores podem variar simultaneamente ocasionando os chamados riscos de mercado (relacionado com os preços) e riscos do processo biológico (relacionados com a produtividade).

Para tal foram geradas ao acaso 100 diferentes combinações de preço dos produtos, produtividades e custo/ha. O quadro 7 apresenta os intervalos em que foram variados estes elementos. Nele são apresentados, ainda, os intervalos de variação dos lucros e da variação da rentabilidade (relação entre lucro/custos).

QUADRO 7 - INTERVALOS DE VARIAÇÃO DO CUSTO/HA, PREÇO DE MERCADO DO PRODUTO, PRODUTIVIDADE, LUCRO E RENTABILIDADE*

Intervalos de Variação	Produtos	Milho	Arroz	Soja
Intervalo de variação do custo de lha (cr\$/ha).		1301 a 1939 (56)	960 a 1325 (45)	1290 a 2132 (71)
Intervalo de variação do preço (cr\$/kg)		0.62 a 0.89 (45)	0.90 a 1.66 (69)	0.94 a 1.49 (55)
Intervalo de variação da produtividade (kg/ha)		1780 a 3380 (80)	670 a 1320 (92)	1150 a 1700 (46)
Intervalo de variação do lucro l ha (cr\$/ha)		-339 a 1271	-463 a 743	-771 a 871
Intervalo de variação da rentabilidade		-0.20a 0.98	-0.35a0.74	-0.36a0.66

* rentabilidade = lucro/custo
() Variação percentual

O resultado destas 100 combinações, em termos de faixas de rentabilidade por produto, é apresentado no quadro 8.

QUADRO 8 - FAIXAS DE RENTABILIDADE DAS CULTURAS DE MILHO, ARROZ E SOJA DECORRENTES DE 100 DIFERENTES COMBINAÇÕES DE CUSTOS, PREÇOS E PRODUTIVIDADE, EM QUIRINÓPOLIS.

Faixas de rentabilidade	Produto		
	Milho	Arroz	Soja
0	10	23	32
0 - 10 %	8	25	20
10 - 20 %	27	23	19
20 - 30 %	20	12	13
30 - 40 %	17	6	7
40 - 50 %	8	9	4
50 - 60 %	4	1	3
60 - 70 %	4	0	2
70 - 80 %	2	1	-
80 - 90 %	0	-	-
90 -100 %	1	-	-
Total	100	100	100

Do quadro 8 observa-se que o milho apresenta 10% dos casos com prejuízo, 55% dos casos na faixa de 0 a 30% de rentabilidade; 20% dos casos na faixa de 30 a 60% e 7% dos casos com rentabilidades superiores a 70%. Sua rentabilidade máxima foi de 98% com a ocorrência de apenas 1 caso neste valor.

O arroz, por sua vez, apresenta 23% de casos com prejuízo; 60% dos casos com rentabilidades inferiores a 30%; 15% dos casos na faixa de 30 a 60% de rentabilidade e apenas 1 caso com rentabilidade superior a 60%, sendo que sua rentabilidade máxima de 74%.

A soja apresenta 32% dos casos com prejuízo; 52% dos casos com rentabilidade inferior a 30%, 14% dos casos com rentabilidade de 30 a 60% e apenas 2 casos com rentabilidade superior a 60%, situando-se sua rentabilidade máxima em torno de 66%.

IV - RESUMO E CONCLUSÕES

O objetivo geral deste trabalho é descrever o sistema de produção agrícola em uso na região de cerrados do Brasil. A ênfase é colocada na produção agrícola, contra a produção pecuária, e no sistema em uso, contra sistemas potencialmente viáveis. A descrição deveria mostrar o que é e por que é assim o sistema em uso.

Sendo região vasta (quase 200 milhões de hectares) e heterogênea (partes são típica e totalmente de solos de cerrados e partes são parcialmente de solo cerrados, e ainda vários são os tipos de solos de cerrados), qualquer tentativa de se descrever o sistema de produção agrícola de toda a região de cerrados resultaria forçosamente em nível de generalidade demasiado amplo e insatisfatório para os fins propostos.

Desse modo, visando descrever e compreender o sistema de produção agrícola dos cerrados, optou-se por uma divisão de região em dois tipos: um, de cerrado com solos de melhor aptidão agrícola e, outro, de cerrado com solo mais pobre. Para representar um e outro tipo, foram escolhidos dois municípios: Quirinópolis e Goianésia. Com base em dados obtidos nesses municípios construiu-se um modelo tecnológico e econômico para representar as condições enfrentadas por um agricultor comum de cada uma dessas áreas de cerrado.

Os dois principais produtos agrícolas dessas regiões são: o arroz e o milho. O quadro I indica, para diferentes níveis de produtividade, quais teriam de ser os preços do arroz para que os agricultores simulados no estudo atingissem o ponto de nivelamento, isto é, ponto em que as receitas igualam os custos.

QUADRO I - PREÇOS DE ARROZ NECESSÁRIOS PARA IGUALAR RECEITA E CUSTO, A DIFERENTES NÍVEIS DE PRODUTIVIDADE, EM GOIANÉSIA E QUIRINÓPOLIS.

Produtividade (kg/ha)	Goianésia (cr\$/kg)	Quirinópolis (cr\$/kg)
700	2,05	0,96
1.000	1,54	0,74
1.250	1,30	0,63

É evidente do Quadro I que a diferença na estrutura de custos (que provém, direta e principalmente, de diferenças na tecnologia de produção) entre as duas regiões faz com que os retornos financeiros da produção de arroz em Goianésia sejam muito menores do que em Quirinópolis. De modo geral, a taxa de retorno (cruzeiros recebidos por cruzeiro investido) na produção de arroz em Quirinópolis é cerca de cinco vezes maior do que em Goianésia.

No que diz respeito ao milho, as indicações são semelhantes. O Quadro II apresenta, para as duas regiões os preços necessários para que os agricultores alcançassem o ponto de nivelamento, para diferentes níveis de produtividade.

QUADRO II - PREÇOS DE MILHO NECESSÁRIOS PARA IGUALAR RECEITA E CUSTO, A DIFERENTES NÍVEIS DE PRODUTIVIDADE, EM GOIANÉSIA E QUIRINÓPOLIS

Produtividade (kg/ha)	Goianésia (Cr\$/kg)	Quirinópolis (Cr\$/kg)
1.000	1,67	0,90
1.400	1,24	0,68
1.600	1,10	0,62
1.800	1,00	0,57
2.000	0,92	0,52
2.500	0,76	0,45
3.000	0,66	0,40

Novamente, verifica-se que Quirinópolis apresenta condições bem mais favoráveis. Ao preço de 0,90, Quirinópolis empata receita e custo de milho com produtividade de 1.000 kg/ha enquanto que Goianésia exigiria produtividade um pouco acima de 2.000 kg/ha. As taxas de retorno em Quirinópolis, para milho, são cerca de três a quatro vezes maiores do que as de Goianésia.

Assim, tanto em arroz quanto em milho, seria necessário que se desenvolvessem processos de produção para Goianésia que, aos mesmos custos, possibilitassem produtividades físicas bem maiores. Nesse caso poder-se-ia esperar de Goianésia desenvolvimento agrícola similar ao de Quirinópolis. Da da a produtividade do milho em Goianésia, bem como seu custo de produção e o

preço recebido pelos agricultores, milho não pode ser considerado como economicamente viável nessa região.

Tendo em vista que as flutuações de preços dos produtos, de custos de produção e de produtividade física na colheita implicam em flutuações na renda que os agricultores obtêm de cada cultura, foram simuladas, inteiramente ao acaso, com situações com as três variáveis acima variando dentro de limites observados e com distribuições normais e independentes. Os resultados indicam 10%, 23% e 32%, respectivamente, de anos com prejuízos nas culturas de milho, arroz e soja. Na faixa de 0,30-0,60 de taxa de retorno, o milho tem 20% dos anos, o arroz 15% e a soja 14%. Assim, o milho ofereceria visões mais otimistas quanto à distribuição dos retornos ao longo dos anos.

Ainda com relação a Quirinópolis, e considerando que o arroz é a cultura que "abre" o cerrado e a pastagem é o objetivo final, procedeu-se à comparação das seguintes rotações: AAAP, AAMP, AAPP, APPP, AMMP, AMPP, AASP, ASSP, ASPP e AMSP. Nessas rotações, A indica arroz, P pastagem, M milho e S soja. As comparações foram realizadas através de programação linear. Os resultados indicaram que a rotação AMMP seria a mais indicada para Quirinópolis, em termos de geração de renda. Nessas comparações, o arroz teve seu preço fixado em Cr\$ 1,10 por quilo. Caso esse preço se elevasse para Cr\$1,13 por quilo, a rotação de maior potencial de geração de renda seria a AAAP, com um nível de renda 26% mais alto do que a rotação AMMP com arroz ao preço de Cr\$ 1,10. Isso indica quão sensível podem ser os agricultores a variação nos preços de seus produtos e explica porque esforços para a introdução de uma cultura em uma dada região podem resultar em nada ou, então, resultar em grau muito rápido de adoção. O mesmo valeria também para a introdução de novas técnicas de produção.

A implicação principal deste trabalho, com relação à pesquisa agropecuária nos cerrados, diz respeito à conclusão de que os esforços para desenvolvimento de novos sistemas de produção tem de dar atenção toda especial às regiões dos tipos de Goianésia onde predominam os cerrados e campos cerrados, a fim de que nova tecnologia, com estrutura de custos mais favorável e, portanto, melhores índices de produtividade, permitam a essas regiões expandirem suas produções agrícolas dentro das restrições econômicas.

V - BIBLIOGRAFIA CITADA

1. ACAR - GO - Relatório de Atividades 1972/73 - Goianésia 1973.
2. ACAR - GO - Relatório de Atividades 1973/74 - Goianésia 1974.
3. ACAR - GO - Relatório de Atividades 1974/75 - Goianésia 1975.
4. ACAR - GO - Relatório de Atividades 1972/73 - Quirinópolis 1973.
5. ACAR - GO - Relatório de Atividades 1973/74 - Quirinópolis 1974.
6. ACAR - GO - Relatório de Atividades 1974/75 - Quirinópolis 1975.
7. IPEA - Aproveitamento Atual e Potencial dos Cerrados. Brasília,
1973, v.1, 197 p.
8. SANCHES, et alii -

APÊNDICE A

A.1. Custo de produção de um alqueire de Arroz e de Milho, ano agrícola 74/75, no município de Goianésia-Go.

Discriminação	Arroz		Milho	
	Quantidade	Valor	Quantidade	Valor
Preparo do solo	35 hm	1.050,	35 hm	1.050,
Plantio	10 hm	300,	10 hm	300,
Carpas	22 serv.	440,	20 serv.	400,
Adubo Plantio	1.300 kg	2.600,	300 kg	3.200,
Adubo cobertura	-	-	600 kg	1.200,
Sementes	150 kg	600,	80 kg	160,
Inseticidas	2 kg	40,	2 kg	40,
Fungicidas	2 kg	60,	1 kg	50,
Colheita	120 sc	1.200,	200 sc	1.600,
Sacaria	120 sc	960,	200 sc	230,
Imprevisto		73,		1.190,
Juros		943,		
Total	Total/alq	8.266,		9.220,
	Total/ha	1.708,		1.906,

FONTE: Relatório da ACAR-GO.

A partir dos elementos acima chegou-se à seguinte equação do custo de arroz/ha: $C_A = 1.200 + 0,339 Y_A$, onde Y_A é a produtividade do arroz e

$$C_A = \text{custo total/ha.}$$

Ex. Se a produtividade for de 1.500 kg/ha (= a 120 sc/alq), o custo seria $C_A = 1.200 + 0,339 (1.500) = 1.708,5$

A equação de custo de milho/ha encontrada é: $C_m = 1.515 + 0,158 Y_m$, onde Y_m é a produtividade do milho, C_m = custo total/ha de milho.

A.2. Custo de 1 ha de pastagem natural e artificial, ano agrícola 74/75, no município de Goianésia - GO.

Especificação	Artificial	Natural
roçado/ano		22,00
desmatamento	300,00	-
gradagem + aração	200,00	-
semente	680,00	-
plantio	15,00	-
	<u>1.195,00</u>	
custo anual ($\div 4$)	300,00	
adubação anual	600,00	
custo/ha	<u>900,00</u>	<u>22,00</u>

a. Equação de custo para 1 ha c/pastagem natural

$$C_{BN} = 22,00 + 600 Y_{BN} + 30 Y_{BN}, = 22,00 + 630 Y_{BN}$$

onde Y_{BN} = capacidade de suporte de 1 ha, em nº cab/ha; considerando-se que o custo de aquisição de animal é de 600,00 e um gasto de 200,00 com assistência veterinária.

b. Equação de custo para 1 ha c/pastagem artificial

$$C_{BA} = 900 + 600 Y_{BA} + 30 Y_{BA} = 900 + 600 Y_{BA}$$

A.3. Custo de produção de 1 ha de Arroz, Milho e de Soja, ano agrícola 74/75, no município de Quirinópolis - GO.

Discriminação	Arroz		Milho		Soja	
	Quantidade	Valor	Quantidade	Valor	Quantidade	Valor
Sementes	37kg	1300	16.5kg	41.3	66kg	176.0
Adubo - plantio	-	-	165.3kg	314.0	207kg	405.0
Adubo - cobert.	-	-	-	-	-	-
Defensivos	1.55 l/kg	31.0	165 l/kg	49.6	51/kg	99.0
Limp. do Terreno	1.94 hm	51.7	-	-	-	-
Aração+gradagem	3.1 hm	82.6	3.1 hm	82,6	3,1hm	82.6
Plantio+adubação	0.62 hm	41.3	0.62 hm	51.7	0,62hm	41.3
Trat. culturais	-	144.6	-	93.9	-	56.0
Trat. fitossanit.	-	-	-	41.3	-	41.3
Colheita	22 sc	176.0	45 sc	200.0	30sc	150.0
Sacaria	22 sc	72.0	45 sc	157.8	30sc	101.0
Juros, imp.e outros	-	71.9	-	118,3	-	40.0
TOTAL	-	801.4	-	1.150.5	-	1.192.2

FONTE: ACAR-GO

A.4. Custo de 1 ha de pastagem artificial*, ano agrícola 74/75, no município de Quirinópolis - GO.

Especificação	Qualidade	Valor
Aração + gradagem	3 hm	cr\$ 300.00
Adubação	100 kg	cr\$ 300.00
Semente	2 sc	cr\$ 720.00
Plantio		cr\$ 130.00
	TOTAL	cr\$ 1.450.00

* Estimativa

APÊNDICE B

APÊNDICE B1 - MATRIZ TECNOLÓGICA DE UMA PROPRIIDADE TÍPICA DE QUIRINÓPOLIS - GO

		AAAP	ΛAMP	AAPP	APP	AMPP	AMPP	AMP	AASP	ASSP	A:SP	ASPP	Rec. Eng.	Vend. Arroz	Vend. Milho	Vend. Soja	Cap. giro	Cap. inv.	Alug. Pasto	Alug. MAQ.	Comp. RWA	Comp. MOB	Comp. MOC
RECURSOS	Quant	Fuçbj																					
MOA	dh 450	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0,1	1,1	0,6	1,0	-150	-70	1360	-100	-50	30	-30
MOB	dh 300	2	2,16	2	2	2,32	2,16	2,16	2,32	2,32	2,32	2,16	0,1								-1		
MOC	dh 450	1,25	1,5	1,5	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	0,1										
CAP.GIRO	cr \$ 1000	3,85	4,2	4,5	5,6	4,55	4,65	4,65	4,65	4,65	4,6	4,9	-				-1						-1
CAP.INV.	cr \$ 1000	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	2,85	2,84	2,84	0,6					-1					
TERRA LAVADA	ha 500	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4							0,5				
PROD.PASTO	ha 0	-1	-1	-2	-3	-1	-2	-1	-1	-1	-1	-2	0,5										
PROD.MILHO	ha 0		-305			-6250	-305																
PROD.ARRÓZ	ha 0	-3750	-2500	-2500	-1250	-1250	-1250	-1250	-2500	-1250	-1250	-1250		1	1	1							
PROD.SOJA	ha 0									-2800	-1250	-1250											
TRATOR	hm 0	26	26	24	22	26	24	24	26	26	26	24								-1			

3.4. - MODELOS DE RISCO E SIMULAÇÃO (Cont.)

UMA TENTATIVA DE AVALIAÇÃO DE RISCOS NA FERTILIZAÇÃO DE CANA

Fernando Moreno

A.R. Teixeira Filho*

1. Introdução

A característica fundamental dos estudos de superfície de resposta, no seu estilo padrão, é seu caráter eminentemente estático. Superfícies de respostas são normalmente ajustadas a dados gerados em condições experimentais onde os elementos analisados são isolados de outros fatores que podem mo

* O primeiro autor é técnico do Centro de Estudos Rurais da Secretaria da Agricultura do Estado de Minas Gerais; o segundo é Professor Adjunto do Departamento de Economia Rural da Escola Superior de Agricultura da Universidade Federal de Viçosa e Chefe do Departamento de Diretrizes e Métodos da EMBRAPA.

dificar seu efeito. O controle experimental garante a separação de elementos que poderiam afetar a resposta da produção dos elementos estudados. Como nas condições em que se processa a produção agrícola não há como proceder a esse controle, o produtor fica naturalmente exposto a uma série de fontes de incertezas. Este fato inspirou a necessidade de se imbutir nas análises os possíveis efeitos das diversas fontes de risco a que se expõe o produtor.

As tentativas experimentais de se medir os efeitos destes elementos de risco foram primeiramente conduzidas por Richard Day (4). Após a tentativa inicial, vários autores têm se dedicado ao problema. Distintos métodos de se avaliar riscos e incertezas têm sido desenvolvidos. Nesta linha, um estudo que merece realce é atribuído a De Janvry e se refere à resposta a fertilizantes em duas culturas na Argentina, (6).

Mais recentemente o problema da avaliação de risco mereceu novo tratamento, desta vez por Roumasset (16). Este mesmo autor, no momento, se dedica ao problema de risco, combinando funções de produção experimentais com dados sobre danos culturais obtidos diretamente dos fazendeiros. A idéia básica explorada no seu trabalho atual, envolve o uso de dados experimentais para estimar a função de produção na qual não há danos nas culturas. As informações sobre os tipos, as probabilidades e profundidades dos danos são coletados entre os fazendeiros da área estudada. As variáveis ambien

tais são extratificadas para definir os padrões dos danos e suas probabilidades de ocorrência. O procedimento fundamental adotado envolve uma multiplicação da função de produção isenta de danos por 1, menos a percentagem de danos correspondente a determinado padrão de estrago. (15).

A disponibilidade de alguns métodos para analisar o problema de riscos representa uma possibilidade de este tipo de estudo ser, naturalmente incorporado no processo de análise de superfícies de respostas e outros estudos semelhantes que os economistas terão que acoplar à análise que fizerem dos resultados da pesquisa agrícola. A avaliação de riscos nos diversos processos de produção poderá também representar um meio de assessorar políticas de seguro agrícola que o país pretende adotar. Do ponto de vista do produtor rural, em particular, o conhecimento dos riscos envolvidos no seu processo produtivo oferece-lhe meios de aumentar a prudência de suas decisões.

O presente estudo representa uma tentativa inicial de se avaliar os riscos envolvidos num processo produtivo. O processo estudado é o de fertilização; a cultura envolvida é a cana-de-açúcar.

1.1. A Conceituação de Risco Adotada

O método comumente usado na avaliação do risco baseia-se na distribuição de frequência de rendimento dos produtores que utilizam determinadas técnicas, ou de preços recebidos por esses produtores. Uma tentativa de classificar esses estudos os divide em dois grupos: No primeiro, encontram-se análises das alternativas do produtor rural em condições de risco atribuível a condições climáticas (19) ou atribuíveis às condições de preço (8, 17, 5). Uma segunda categoria se constitui de estudos de análises que levam em conta

1.2. Objetivos

Adotando este procedimento, o presente trabalho objetiva avaliar os riscos envolvidos na produção de cana-soca. Especificamente, pretende-se a nalisar a distribuição percentual dos lucros alcançáveis quando rendimentos e preços variam em determinado intervalo estimado.

2. Modelos Analíticos

Fundamentalmente o presente estudo se utiliza das relações de fun ção de produção. Estas relações podem ser encontradas na maioria dos livros textos que tratam da Teoria da Firma (1). Aspectos mais específicos e mais a plicados podem ser encontrados em notas de cursos de Economia da Produção (11,17).

Este trabalho cuidará especificamente da distribuição de frequên cia dos lucros em torno da combinação ótima dos recursos. Esta combinação se rá aquela em que a relação entre o valor do produto marginal de um fator so bre seu preço for a mesma para todos os fatores. Em termos de uma função com duas variáveis independentes, tem-se:

Dada a função: $Y = f(X_1, X_2)$, a combinação ótima será aquela em que:

$$\frac{VPM_{1}}{Px_1} = \frac{VPM_{2}}{Px_2}$$

Esta condição definirá uma combinação de X_1 e X_2 à qual correspond e um nível de Y . Em torno deste ponto ótimo é que serão observados os lucros do produtor.

A forma matemática da função utilizada é o polinômio quadrático. Trata-se de uma forma algébrica que tem se mostrado útil na determinação de

superfícies de resposta em estudos de respostas de culturas.

Desta forma, em termos de N, P, K, é a seguinte a fórmula de equação utilizada:

$$Y = b_0 + b_1N + b_2P + b_3K + b_{11}N^2 + b_{22}P^2 + b_{33}K^2 + b_{12}NP + b_{13}NK + b_{23}PK$$

Como o estudo se utiliza de dados experimentais, sabe-se que os valores de N, P e K foram determinados e conhecidos antes de se produzir Y. Assim é que se pode afirmar que N, P e K são de fato variáveis independentes. Nestas circunstâncias, pode-se usar o método dos quadrados mínimos.

Este método será utilizado neste estudo.

Uma vez estimada a função de produção, e de posse dos preços dos fatores, N, P e K e do produto Y pode-se determinar a combinação ótima dos fatores e o respectivo nível de produção.

Tendo-se os níveis de X_1 , X_2 e X_3 ou seja N, P, K e de Y no ponto ótimo determina-se a variância em torno deste ponto, da seguinte forma:

$$\sigma_{\hat{Y}_0}^2 = \left((X' - \bar{X})' (X'X)^{-1} (X' - \bar{X}) + \frac{1}{n} \right) \sigma^2 \quad (13)$$

Ao se estimar a função de produção, obtém-se naturalmente uma estimativa não viesada de σ^2 , (s^2). Conhecidos \hat{Y}_0 e $s^2_{\hat{Y}_0}$, pode-se determinar o intervalo de confiança em torno de \hat{Y}_0 .

IC = $\hat{Y}_0 \pm S\hat{Y}_0 \cdot t_{\alpha, n}$. O valor de α dependerá do nível de probabilidade escolhido. Tendo-se os limites do intervalo de confiança, serão geradas, ou simuladas 100 observações de \hat{Y}_0 naquele intervalo. Estas 100 observações conterão os elementos necessários para se observar a distribuição dos rendimentos físicos. Com estes, pode-se estimar o risco técnico.

Os preços da cana serão tomados numa série de 1964 a 1973 da qual

se calculará a média e o desvio padrão. A análise da distribuição dos preços em torno da média será conduzida gerando-se 100 observações no intervalo:

$PY \pm sP_Y \cdot t_{\alpha, n}$, novamente, definirá o nível de probabilidade a que se quer operar. Com estas, pode-se avaliar o risco atribuível a variação de preço.

A combinação das observações geradas simultaneamente de Y_0 e de P_y , possibilita a obtenção de 100 valores dos retornos totais.

O custo de fertilizantes, na combinação ótima pode ser obtido multiplicando-se os níveis ótimos dos nutrientes pelos respectivos preços. A diferença entre os retornos totais e o custo dos fertilizantes representa o retorno aos outros fatores de produção que tenham sido usados no processo.

Usando-se de uma estimativa dos custos de outros fatores podem-se calcular os custos totais de produção de cana.

Tendo-se os retornos totais e os custos totais, podem-se determinar os lucros do processo.

Quando se consideram os lucros totais comparados aos retornos totais, consegue-se uma avaliação percentual dos lucros conseguidos. A distribuição destes lucros percentuais permite avaliar-se as possibilidades de maiores ou menores retornos, ou seja, com esta distribuição consegue-se avaliar as possibilidades de se ganhar mais ou menos.

2.1. Os Dados

As informações básicas neste estudo advêm de três fontes principais. Os dados usados para estimar a função básica de resposta foram obtidos de experimentos com cana-de-açúcar. Os experimentos foram montados nos terrenos da Usina Rio Grande, situada no município de Passos na Zona Fisiográfica

sul de Minas. Trata-se de experimentos realizados pelo antigo Instituto Agrônomo da Secretaria de Agricultura do Estado de Minas Gerais em convênio com o Instituto Brasileiro de Potassa. Foram instalados seis ensaios. O delineamento experimental constituiu-se de um fatorial 3x3x3 com nitrogênio, fósforo e potássio em três níveis em 6 locais, com uma repetição por local. Os dados analisados no presente trabalho se referem à cana-soca. Os níveis de aplicação dos nutrientes foram: 0,60 e 120 kg por hectare de N, P₂O₅ e K₂O. Estes nutrientes comercialmente são encontrados em forma de sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de Potássio, respectivamente, com 20% 20% e 60% do nutriente desejado.

Os dados sobre preços de fertilizantes de cana foram publicados pelo Informativo Estatístico de Minas Gerais do Centro de Estudos Rurais (10). A série de que se utilizou contém os preços numa sequência de 10 anos, 1964 a 1973. Para o presente trabalho todos os preços foram deflacionados pelo índice 2 da Conjuntura Econômica. Para a determinação da parcela dos custos de produção de cana atribuíveis a fertilizantes foram utilizados as informações de um estudo conduzido pela Cooperativa Central dos Produtores de Açúcar e Alcool, COPERSUCAR (3).

3. Resultados e Discussão

Após várias tentativas de ajustamento, decidiu-se adotar a seguinte equação para representar a resposta de cana-soca aos fertilizantes:

$$(1) * = 51,464,500 + 378,669P + 167,961K - 1,742P^2 - 1,259K^2 + 0,076PK \quad (1)$$

(89,056) (89,056) (0,675) (0,675) (0,477)

Os valores entre parêntesis se referem aos respectivos erros pa

drão. O coeficientes da interação PK foi significativa ao nível de 20% de probabilidade. Os demais o foram pelo menos a 10%. O coeficiente de múltipla de terminação estimado foi igual a 0,76.

A ausência de Nitrogênio na equação não parece tão inusitada. Os outros autores têm conseguido resultados semelhantes (12). O fato de se tratar de adubação de cana-soca pode justificar ainda mais os resultados alcançados.

Da equação estimada, podem-se derivar os produtos marginais de fósforo e potássio.

$$(2) \text{PFMa}_P = \frac{dy}{dP} = 378,669 - 3,485P + 0,076K$$

$$(3) \text{PFMa}_K = \frac{dy}{dK} = 167,961 - 2,519K + 0,076P$$

Igualando-se a zero estas expressões, obtêm-se os valores de P e K correspondentes ao nível máximo de produção Ym. Substituindo-se os valores de P e K na equação inicial, obtêm-se o nível de produção física máxima. Estes valores correspondem a:

Para K = 0	P = 108,70	e	Y = 72.043
Para K = 60	P = 109,96	e	Y = 87.058
Para K = 120	P = 111,27	e	Y = 84.258
Para P = 0	K = 66,68	e	Y = 57.066
Para P = 60	K = 68,49	e	Y = 73.824
Para P = 120	K = 70,30	e	Y = 78.047

Para o cálculo da combinação ótima de P e K igualam-se os respectivos produtos físicos marginais as relações de preços médios fator/produto

corrigidos da série disponível.

$$PFMaP = \frac{P_P}{P_Y}$$

$$PFMaK = \frac{P_K}{P_Y}$$

Novamente, de posse desses valores, pode-se com o auxílio da equação (1) determinar o valor de Y produzido com a combinação ótima de P e K.

Os preços utilizados nestas determinações foram:

$$P_P = \text{Cr\$ } 0,64/\text{kg de } P_2O_5$$

$$P_K = \text{Cr\$ } 0,28/\text{kg de } K_2O$$

$$P_Y = 0,00822/\text{kg de Cana}$$

A combinação ótima de P e K corresponde aos níveis 87,54 kg/ha de P_2O_5 e 55,31 kg/ha de K_2O . Com estes níveis, consegue-se uma produção de 77.084 toneladas por hectare de cana. Neste ponto, os retornos totais ultrapassam os custos de fertilizantes em Cr\$ 561,98. Tomando os custos dos outros fatores iguais a Cr\$ 6,40 por tonelada (3) chega-se aos lucros de Cr\$ 68,64 por hectare.

É importante observar que a produção economicamente considerada como ótima é obtida com doses de fertilizantes menores que os tratamentos mais altos. A produção economicamente ótima pode ser obtida com quantidade de nutrientes que estariam no espaço experimental. Não há problema de extrapolação dos resultados.

3.1. A distribuição Percentual dos Lucros

Conhecidos os níveis de P e K correspondentes a produção econômica

camente ótima e a produção ótima \hat{Y}_0 , estimou-se o desvio padrão de \hat{Y}_0 .

$$s^2\hat{Y}_0 = 2,357,02$$

Em seguida estimou-se o intervalo de confiança de \hat{Y}_0 . Para o nível de 95% de probabilidade este intervalo foi:

$$Y_0 - t_{0,0250} \times s_{y_0} \quad | \quad Y_0 + t_{0,0250} \times s_{y_0} \quad \therefore \quad 77,084 - 2,08 \times 2.357,02 \quad | \quad 77,084 + 2,08 \times 2.357,02 \quad \therefore$$

72.181 | 81.987 Portanto em 95% dos casos em que se usar 87,54 kg/ha' de P_2O_5 e 55,81 kg/ha, de K_2O a produção corresponderá a um valor dentro dos limites indicados. A série de preços deflacionados de cana tem um preço médio de Cr\$ 8,22/ton e um desvio padrão de 2,07. O intervalo de confiança de 95% de probabilidade em torno do preço médio, portanto corresponde a $8,22 - 1,98' \times 2,07$ | $8,22 + 1,98 \times 2,07 \quad \therefore \quad 4,12$ | $12,32$.

A distribuição dos lucros foi determinada, simulando-se 100 valores da produção e 100 valores de preços de cana nos níveis indicados. Multiplicando cada preço pela produção de mesma ordem de simulação, foram obtidos 100 valores correspondentes aos retornos totais; destes foram subtraídos os custos de fertilizantes e os custos dos outros ítems que concorrem para a produção da cana-soca. Os níveis dos nutrientes não variaram e os custos dos demais ítems foram tomados constantes por tonelada. Com este procedimento obteve-se a seguinte situação:

Em 36 dos 100 casos simulados os retornos totais foram menores do que os custos de produção. Em 31 casos, os retornos totais ultrapassaram os custos totais em 30% ou menos. Em 27 casos, os retornos foram de 30 a 60% maiores que os custos de produção; em 6 casos apenas os retornos ultrapassaram os

custos em 70%. Invertendo-se a apresentação destes resultados, tem-se que:

Em 67% dos casos os lucros serão menores que 30%

Em 94% dos casos os lucros serão menores que 60%

Em 100% dos casos os lucros serão menores que 75%.

Estes resultados indicam que em 36% dos casos os retornos não cobrem os custos. A probabilidade de prejuízo de quem investe em cana é de 36%. Em 67% os lucros serão menores que 30, e assim por diante. Em nenhum caso os lucros alcançaram 75% dos custos.

4. Conclusões e Limitações do Estudo

A primeira conclusão a que conduz o presente trabalho é que a cana-soca, nas condições do experimento analisado, não responde a adubação nitrogenada. Seja esta observação atribuível ao teor de matéria orgânica do solo ou ao fato de se tratar de cana-soca, ela contraria a expectativa de quem testa doses de 120 kg de N por hectare. A primeira reação de uma analista menos avisado é imaginar que a variedade utilizada no experimento não responde à dosagens elevadas de fertilização. Neste sentido a melhoria das respostas a fertilizantes passa depender da existência de variedades mais apropriadas.

Com relação a fósforo e potássio os resultados indicam que a resposta a fósforo é mais alta do que a de potássio. Em compensação a resposta a fósforo decresce mais rapidamente do que a potássio; Equação 2,

$$\frac{d^2Y}{dP^2} = 3,49 \quad \text{e Equação 3,} \quad \frac{d^2Y}{dK^2} = 2,5$$

Os níveis ótimos de fósforo e potássio corresponderam a 87,5 kg/ha e 55,8 kg/ha, de P_2O_5 e K_2O , respectivamente. A produção de cana-soca al

cançável com estes níveis foi de cerca de 77 ton/ha. Neste ponto os lucros correspondem Cr\$ 68,64/ha que equivalem aproximadamente 12% dos custos totais.

O exame da distribuição dos lucros em torno deste ponto, conduzido adotando-se a metodologia proposta no presente estudo, mostra que em 36% dos casos a produção de cana redundará em prejuízo para o produtor.

Partindo-se desta alta possibilidade de prejuízos este processo produtivo não chega a alcançar lucros superiores a 75% dos investimentos. Embora este processo produtivo permita que altos lucros sejam esperados a probabilidade de prejuízos de 36% é também exageradamente alta. De certa forma, deveria ser esperado que através da fertilização se conseguisse pelo menos maior certeza de retornos positivos, o que não impediria que estes fossem baixos. Convém lembrar, todavia, que a julgar pela situação na combinação ótima estática, os fertilizantes não representam mais do que 13% dos custos totais. De qualquer forma, se deste estudo for possível tirar-se alguma conclusão, esta seria que a produção de cana-de-açúcar, embora possa ser altamente lucrativa (75% em 12 meses), ela também é um investimento altamente arriscado.

A despeito da acuidade com que se procurou conduzir o presente estudo é necessário que suas limitações sejam reconhecidas.

Apesar dos resultados não indicarem resposta a nitrogênio este elemento foi colocado no campo e deveria ter afetado os custos. Ele não foi considerado nesta fase. Se os custos de nitrogênio houvessem sido computados a situação poderia ter sido pior.

As determinações que se fizeram neste estudo poderiam ter sido

feitas com maiores números de observações simuladas.

Finalmente, o próprio método utilizado para se determinar a distribuição dos lucros conforme admitido anteriormente é bastante elementar e não específica as razões das variações admitidas.

O presente trabalho se utiliza de preços corrigidos tanto para cana quanto para fertilizantes. Este procedimento pressupõe os agricultores respondendo a preços reais. Não seria difícil defender a racionalidade deste comportamento. Todavia, na medida em que o presente estudo se propõe a avaliar os riscos envolvidos no processo, a correção de preços esconde uma das mais sêrias fontes de incertezas, que é a inflação.

Embora se reconheçam todas as limitações deste estudo reconhece-se também o esforço que ele representa no sentido de analisar um problema da mais alta importância.

4. Literatura Citada

1. BILAS, R.A. Teoria Microeconômica Uma Análise Cráfica, Rio de Janeiro Forense, 1970, 375 p.
2. CONE, B.W. E EISGRUBER, L.M. The Riskiness of Adopting the use do
Fertilizers, A Brazilian Example, Pacific Northwest Laboratories, ...
Battelle Memorial Institute Richland, Washington, USA, mimeo.
3. COOPERATIVA CENTRAL DOS PRODUTORES DE AÇÚCAR E ÁLCOOL, Estado de São Paulo
janeiro de 1974, p.12.
4. DAY, R.H. Probability Distribution of field Crops Yelds, The Journal of
Farm Economics, Vol. 47, nº 3, agosto 1965 pp. 713-741.
5. DEAN, G.W. FINCH, A.J. e PETIT, Jr. J.A. Economic Strategies for Foothill
Beefcattle Ranchers, California Agricultural Experiment Station
Bulletin 824, junho 1966.
6. DE JANVRY, A. Optimal Levels of Fertilization Under Risk: The Potential ..
for corn and wheat Fertilization under Alternative Price Policies in
Argentina. American Journal of Agricultural Economics. Vol. 54, nº 1,
fevereiro de 1972 pp. 1-10.
7. HALTER, A.N. BERNIGER, C. Cardinal Utility Functions and Managerial
Behavior, Journal of Farm Economics Vol. 42, nº1 fevereiro de 1960,
pp. 118-132.
8. HALTER, A.N. DEAN, G.W. Use of simulation in Evaluating Management
Policies Under Uncertainty: Aplication to large Scale Ranch, Journal
of Farm Economics Vol. 47, nº 3 agosto de 1965, pp. 557-573.

9. JOHNSON, P.R. Do Farmers hold a preference for Risk? Journal of Farm Economics, Vol. 44 n° 1: fevereiro 1963, pp. 200-207.
10. INFORMATIVO ESTATÍSTICO DE MINAS GERAIS - Secretaria da Agricultura, Belo Horizonte MG - Vários números.
11. KEBBERG, E.W. Economia da Produção, Viçosa, DER, ESA, UFV s.d. 136 p. mimeografado.
12. MALAVOLTA, E., GOMES, F.P., Coury T A Diagnose foliar da cana-de-açúcar. Resultado de 40 ensaios fatoriais 3x3x3 - Fertilidade, n° 25 novembro-dezembro 1965.
13. MONTELO, J. Estatística Para Economistas - APEC Editora, Rio de Janeiro, 1970. 333p.
14. MORENO, F. Avaliação de Riscos na Fertilização de Cana-Soca (Título provisório) Tese de M.S. em processamento.
15. ROUMASSET, J.A. Estimating the Risk of Fertilization: Rice Production in the Philippines - Mimeo. 38 p.
16. ROMASSET, J.A. "Risk and Choice of Technique ofr Peasant Agriculture The Case of Philippine Rice Farmers. University of Wisconsin, PhD Thesis, 1973.
17. SADAN, E. The Investment Behavior of a Farm firm, Operating under risk - American Journal of Agricultural Economics, Vol. 52 n° 4, novembro 1970 pp. 494-504.
18. SCHUH, G.E. Economia da Produção. Viçosa, DER, ESA, UFV s.d. 217 p. mimeografado.

19. ZUSMAN, P. and A. AMIAD, Simulation A Tool for Farm Planning Under
Conditions of Weather Uncertainty. Journal of Farm Economics, Vol. 47
nº 3. agosto 1965, pp. 374-554.

IV - O PAPEL DO ECONOMISTA NUMA UNIDADE DE PESQUISA AGROPECUÁRIA*

Afora da pesquisa considerada como básica, todos os programas e projetos de pesquisa voltados aos problemas tecnológicos da agropecuária nacional deveriam sofrer algum tipo de análise econômica, ou pelo menos enfocados os aspectos econômicos relevantes dos problemas tecnológicos a serem atacados.

Idealmente, estudos econômicos deveriam ser parte integrante de cada atividade de pesquisa tecnológica cuja prioridade já tenha sido estabelecida.

Podemos distinguir duas grandes categorias de análise econômica: os estudos a nível de micro e a nível de macro, que estão associados com programas de pesquisa desenvolvidos para contribuir ao desenvolvimento agrícola através do avanço tecnológico.

a) ANÁLISE MICRO-ECONOMICA

São considerados os seguintes itens nos quais o economista deveria se concentrar a nível micro:

- a.1) Participação no delineamento de experimentos físico/biológicos de modo a permitir eficiente análise econômica. Sempre que possível deve-se proceder a análises micro economicas baseando-se

* Traduzido e adaptado do capítulo "Economic and Institutional Analysis in Agricultural Research" do trabalho: Economic Analysis, Agricultural Research and Food Crisis: Por J. K. Debelo Filho, Chefe do DCEP-EMBRAPA e Leon Yeganiantz Consultor Internacional IICA-EMBRAPA. Trabalho apresentado na XVI conferência da Associação Internacional de Economistas Agrícolas-Nairobi, 1976.

em dados experimentais devidamente planejados na equipe multidisciplinar de cientistas biológicos e economistas agrícolas, de modo que além da análise física seja também possível proceder-se a análise econômica.

- a.2) Estimação e análise de funções de produção, ou estudos de orçamentação, a partir de dados experimentais.

Este trabalho evolve a estimação de função de produção para fins de análise econômica com vistas a determinação de níveis ótimos' de produção e combinações de custo mínimo sob situações alternativas de preços: fator-produto e fator-fator. É necessário que os programas de pesquisa prioritários por produto sejam abordados preferencialmente sob esta ótica pois seu potencial de análise é bastante amplo. Outrossim nas unidades onde não houver economista em operação é aconselhável que se proceda pelo menos a análise do tipo orçamentação conforme exemplos mencionados na unidade III.

- a.3) Determinação de sistemas de produção ótimos. Consiste em estudos destinados a determinar 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 levados em consideração as restrições de recursos e prováveis intervalos de preços que enfrentariam os produtores da região considerada.

a.4) Pesquisa de Mercado de preços de insumos e produtos- A rentabilidade da adoção da nova tecnologia depende primariamente das condições de mercado, dos preços, dos insumos e produtos e de suas interrelações. Estes fenomenos econômicos devem ser estudados e compreendidos para o sucesso da adoção dos resultados dos programas de pesquisa.

a.5) Análise do Risco - A atitude dos fazendeiros perante o risco é algo importante a ser considerado. Sempre que possível deve apresentar-se a rentabilidade dos resultados de pesquisa acompanhada dos riscos a ela associados em comparação com os da tecnologia em uso.

b) ANÁLISE MACRO-ECONOMICA

Em adição às considerações micro-econômicas os economistas em associação com outros cientistas sociais devem considerar aspectos macro-econômicos associados com a adoção e utilização da nova tecnologia na agricultura. Quatro dos aspectos mais importantes são relacionados abaixo:

b.1) Estudos de demanda e oferta doméstica e internacional de bens agrícolas constantes dos programas de pesquisa prioritários.

Estes estudos deveriam incluir não apenas os produtos incluídos na lista de prioridades mas também os produtos que são substitutos ou complementos aos primeiros.

b.2) Estudos de demanda e oferta doméstica e internacional para insumos ou fatores de produção.

Deveriam ser considerados todos os insumos necessários a utilização de tecnologia moderna desenvolvida através do programa prioritário de pesquisa.

b.3) Disparidades regionais e outros problemas associados com a implementação de novas tecnologias. Os padrões de consumo de alimentos diferem por níveis econômicos bem como por geografia regional e tradições agrícolas. Estes padrões influenciam a produção de culturas. Desta maneira os economistas tem o papel de medir o impacto do resultado de pesquisas intra e interregionalmente. Eles devem levar em consideração a infraestrutura existente e a necessária em termos de: estradas, capacidade de armazenamento, migrações populacionais e outros fatores que podem afetar a adoção de tecnologias recém-criadas. Os cientistas da área biológica tem tradicionalmente tratado como fatores exógenos à mudanças técnicas ocasionadas por seus projetos de pesquisa itens tais como: mercados de preços presentes e futuros, diferenças em disponibilidades de recursos entre países ou regiões, etc. Esta abordagem deveria sofrer modificações de modo a permitir que a pesquisa propicie conhecimento preciso sobre as vantagens e desvantagens comparativas do estado ou região para culturas e atividades pecuárias prioritárias.

b.4) Estrutura de preços relativos dos principais insumos agrícolas em relação aos produtos agropecuários. Dentro da análise macroeconômica é possível a avaliação da direção provável das tendências quando estão presentes distorções no mercado tais como preços de fatores e de produtos sob intervenção governamental, subsídios, e outros tipos de política.

Que aconteceria se distorções tais como subsídios de preços não estivessem presentes? Estes são os casos nos quais os mercados não refletem acuradamente os investimentos feitos em novas tecnologias.

O desenvolvimento de um fluxo contínuo de novas tecnologias que alteram as oportunidades de produção para se enquadrarem nas tendências a longo prazo dos preços dos fatores e produtos, é a chave do sucesso para a obtenção de rápidas mudanças na produtividade agrícola e crescimento da produção de um país. Mesmo que a meta nacional seja a produção de alimentos de qualidade em quantidades suficientes para o futuro através de tecnologia apropriada, a prioridade deveria ser dirigida ao produtor.

A nível de unidade descentralizada de pesquisa agropecuária o economista deveria portanto se concentrar em: *

- 1 - O estabelecimento de boas relações de trabalho com os demais pesquisadores de sua unidade. Esta integração é importante pois:
 - i) Os economistas podem aprender muito com os outros cientistas da unidade.
 - ii) Às vezes a equipe de pesquisa pode necessitar do trabalho do economista em outras funções que não estão diretamente relacionadas com o seu trabalho.
 - iii) Através da integração com a equipe de pesquisa o economista pode obter uma melhor impressão da maneira pela qual ele pode maximizar a sua contribuição.

* Cap. VI - op.cit.

- 2 - Participação na Definição de Sistemas de Produção em Uso - Uma tarefa importante de economistas agrícolas é ajudar a desenvolver conhecimentos de sistemas de produção em uso pelos fazendeiros. Este é um esforço multidisciplinar no qual o economista é frequentemente chamado a desempenhar papel de liderança. Possíveis fontes de informação são:
- 2.1 - Questionários de Campo - Estes são preparados num esforço de equipe. Os questionários devem ser levantados pela própria equipe em cerca de 20% da amostra total. As informações são: datas de plantio e da colheita, grau de mecanização, uso de fertilizantes, etc.
- 2.2 - Uso de Dados Censitários - Desta forma podem ser feitas comparações: de produtividades de fazendas de diferentes tamanhos e regiões, da importância relativa de diferentes regiões e estratos de tamanhos de propriedades na produção de produtos de interesse, da percentagem da população rural dependente do cultivo das culturas de interesse, da percentagem de bens produzidos por consorciação ou rotação com outras culturas, dos outros bens produzidos na mesma fazenda etc.
- 2.3 - Entrevistas com fazendeiros, extensionistas, agências bancárias, e fornecedores de insumos. As informações assim obtidas incluem: planos e motivações dos fazendeiros (maximização dos lucros e outros objetivos), distorções institucionais e restrições (disponibilidade de crédito e as bases de crédito fornecido para diferentes propósitos e para fazenda, de diferentes tamanhos), problemas de entrega pontual dos insumos, etc.

- 3 - Participação no Desenvolvimento de Pacotes Tecnológicos - O economista quando possível age como um dos líderes no esforço interdisciplinar para fornecer aos fazendeiros novos pacotes tecnológicos que tenham adequada quantidade de informações sobre a parte econômica do sistema de produção total.
- 4 - Análise Econômica de Dados Experimentais - Inclue:
 - 4.1 - Análise Convencional de Rentabilidade.
 - 4.1.1 - Orçamentação - cálculo direto dos custos e retornos de cada tratamento.
 - 4.1.2 - Estimação de funções de produção.
 - 4.2 - Análises alternativas com diferentes hipóteses de preços para medir-se a sensibilidade da rentabilidade da mudança de preços, tais como subsídios a insumos e produtos.
 - 4.3 - Análise de Risco - O efeito de tratamentos experimentais na variabilidade de respostas. Em muitas áreas do Brasil os fazendeiros e o governo como um todo estão interessados em reduzir a variabilidade das produtividades bem como no aumento da rentabilidade.
 - 4.4 - Análise da adaptabilidade de situações de inovações tecnológicas para fazendeiros de diferentes regiões e diferentes escalas de operação (seria o caso da adaptação requerer novos investimentos, melhor manejo, etc.?).

4.5 - Efeitos Secundários e Terciários da Nova Tecnologia - Exemplo: erosão, problemas de mudanças de práticas gerenciais, etc.

5 - Análise dos Efeitos Distribucionais à Inovação Potencial.

Esta função refere-se a:

5.1 - Combinação das informações obtida em (4) "análise econômica de dados experimentais" e (3) "definição dos sistemas de produção em uso" para estimar-se que grupos de fazendeiros seriam capazes de adaptar novas tecnologias potenciais.

5.2 - Dadas algumas hipóteses sobre a demanda de um bem, determinar-se-ia então quais seriam os benefícios dos produtores e consumidores (análise dos excedentes do produtor e do consumidor) decorrentes da nova tecnologia.

5.3 - O efeito da nova tecnologia sobre a demanda de mão-de-obra agrícola a nível regional e nacional.

6 - Estimação da mão-de-obra requerida para a nova tecnologia - Experimentos isolados podem frequentemente produzir muitos dados econômicos adicionais com pequenas modificações no planejamento do experimento (exemplo: nos casos onde os canteiros experimentais são relativamente grandes, os requerimentos de mão-de-obra para certas operações podem ser medidos, e não variarão muito dos requerimentos numa fazenda particular, desde que se façam

- 7 - Quantificação de Tecnologia Futura - O economista pode também ' contribuir através da transição do planejamento voltado à produ_ ção para aquele direcionado ao valor. Com o esforço multidisciplinar pode-se então determinar o desenvolvimento e as necessi- dades de pesquisa para o setor agrícola na base da eficiência ' econômica.

- 8 - Assistênça ao Planejamento de Novas Pesquisas - Como resultado das informações obtidas (itens 2 a 8) o economista pode ser ca- paz de sugerir pesquisas que resultarão no desenvolvimento de novas tecnologias agrícolas mais adaptadas às necessidades bra- sileiras.