

ASPECTOS ECONÔMICOS DA ADUBAÇÃO EM MILHO (1)

Eng.º Agr.º Humberto de Campos (2)

Eng.º Agr.º Paulo F. Cidade de Araújo

Eng.º Agr.º Hermano Vaz de Arruda (3)

1 — INTRODUÇÃO

O uso de fertilizantes representa um dos meios mais fáceis de se aumentar a produtividade agrícola. Com efeito, o uso de fertilizantes associado ao de sementes melhoradas tem aumentado rapidamente a produtividade da terra, sendo os principais responsáveis pela chamada "revolução verde".

Entre nós, o reerguimento do setor agropecuário estará

entre as grandes prioridades nacionais sempre que se procurar a formulação de uma estratégia de desenvolvimento mais equilibrado. Aliás, a atual política de crédito rural, subsidiando o uso dos chamados insumos modernos, é um esforço deliberado dos órgãos públicos para evitar a repetição dos mesmos erros decorrentes da implantação de políticas econômicas que no passado, discriminaram fortemente a agricultura brasileira.

(1) Os autores agradecem ao Escritório de Análise Econômica e Política Agrícola (EAPA) da Subsecretaria de Planejamento e Orçamento (SUPLAN) do Ministério da Agricultura o financiamento deste estudo. Agradecem, também, as sugestões que os Professores Joaquim José de Camargo Engler e Richard L. Meyer fizeram ao texto original. Liberado para publicação em 20 de agosto de 1973.

(2) Professor Adjunto do Departamento de Matemática da ESA "Luiz de Queiroz"/USP.

(3) Pesquisador-Chefe do Instituto Biológico da Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo.

Tanto ao nível do agricultor como ao nível nacional, existe a necessidade de analisar questões relativas à economia do uso de fertilizantes. A maioria dos trabalhos sobre adubação em nosso País não oferece dados possíveis de serem utilizados prontamente por agricultores ou por instituições públicas e privadas interessadas na produção e distribuição de fertilizantes. Isto porque tais trabalhos têm dado ênfase a aspectos puramente agronômicos e estatísticos; em muitos casos não correlacionou-se variações nas quantidades ou doses empregadas com variações no produto obtido, o que impede diversas investigações de natureza econômica.

De modo geral, inexiste o entrosamento desejável entre o experimentador e o economista agrícola. A experimentação deveria ser conduzida de modo a possibilitar a obtenção de funções de produção — seja em forma tabular ou algébrica — que estimassem a produção a ser obtida por unidade de área, variando-se as doses de um ou de vários nutrientes, poder-se-iam determinar diversos objetivos econômicos. Entre esses objetivos, é evidente, destaca-se o da

maximização da receita líquida. Contudo, as funções de produção permitiriam ainda: a) estimar as taxas de rendimento do capital aplicado em adubo; b) determinar a combinação de nutrientes que minimiza o custo para um determinado nível de produção; c) informar ao agricultor sobre as possibilidades de, dentro de certos limites, substituir os nutrientes entre si. Outra aplicação importante das funções de produção seria a de permitir estimativas sobre a demanda de fertilizantes.

1.1 — Objetivos do Estudo

O objetivo geral deste trabalho é o de ajustar a dados experimentais uma superfície de resposta e interpretar os parâmetros estimados.

Correlativamente, os objetivos específicos podem ser assim discriminados:

- a) determinação da quantidade de nutrientes, a se empregar e que maximiza a receita líquida por hectare. Essa quantidade será determinada com base na função de pro-

dução estimada, no preço do produto, nos preços dos nutrientes e na posição financeira do agricultor. Elaborar-se-ão tabelas indicando as combinações ótimas dos nutrientes sob diferentes hipóteses quanto à relação entre os preços dos nutrientes e do produto, sem se levar em conta a possível restrição de ser escasso o capital à disposição do agricultor. Esta hipótese não parece irrealista, considerando as facilidades criadas pela atual política creditícia no financiamento de adubos e outros insumos selecionados;

- b) determinação da taxa de rendimento do capital aplicado em adubação, sob diferentes relações de preços do produto e dos nutrientes. Isso permitiria ao agricultor ajuizar da conveniência ou não de investir seus recursos em adubação ou em outros insumos modernos oferecidos a empresa agrícola.

2 — MATERIAL E MÉTODOS

2.1 — Material

Os dados utilizados no presente trabalho foram obtidos em 50 ensaios fatoriais $3 \times 3 \times 3$ de adubação NPK em milho (1, 2). Os ensaios realizados pela Seção de Estatística do Instituto Biológico, foram instalados na região de Ribeirão Preto, Estado de São Paulo, em terra roxa legítima, nos anos agrícolas de 1957/58, 1958/59, 1959/60 e 1960/61.

As doses utilizadas para os três nutrientes foram: zero, 40 e 80kg/ha sendo assim determinadas as produções médias dos tratamentos, conforme constam do quadro 1.

Aplicou-se nitrogênio em cobertura, enquanto o fósforo e o potássio foram aplicados nos sulcos por ocasião do plantio. Utilizou-se variedades híbridas nos ensaios.

Para fins de análise econômica, foram considerados preços dos nutrientes e do milho em grão, este a nível de produtor, no quinquênio 1966-70 (quadro 2). Esses preços são os divulgados pelo Instituto de Economia Agrícola. Rela-

tivamente ao ano de 1966, os preços são os mesmos já anteriormente utilizados por CAM-POS (4) e referentes ao mês de novembro. No triênio 1967-69, eles são médias anuais. No

ano de 1970, consideraram-se apenas os preços médios dos meses de janeiro a março, período que antecede a colheita de milho, quando o preço do produto é relativamente alto.

QUADRO 1. — Produções Médias dos Tratamentos no Grupo de 50 Ensaio de Adubação em Milho, Região de Ribeirão Preto, Estado de São Paulo, 1957-61

Tratamento	Produção (kg/ha)	Tratamento	Produção (kg/ha)	Tratamento	Produção (kg/ha)
000	3.671	100	4.733	200	5.155
001	3.846	101	4.868	201	5.216
002	4.018	102	4.809	202	5.282
010	4.118	110	4.792	210	5.201
011	4.297	111	4.966	211	5.504
012	4.076	112	4.955	212	5.500
020	3.990	120	5.108	220	5.479
021	4.128	121	5.236	221	5.587
022	4.366	122	5.094	222	5.583

Fonte: Instituto Biológico.

QUADRO 2. — Preço do Milho em Grão e dos Nutrientes, Estado de São Paulo, 1966-70 (Cr\$/kg)

Ano	Milho	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1966	0,100	0,900	0,500	0,300
1967	0,114	1,025	0,600	0,317
1968	0,118	1,050	0,800	0,342
1969	0,117	1,200	1,015	0,412
1970	0,250	1,185	1,065	0,432

No desenvolvimento deste trabalho utilizou-se a regressão polinomial representada pelo modelo.

$$Y_i = a_0 + a_{11} x_1^2 + a_{22} x_2^2 + a_{33} x_3^2 + a_{12} x_1 x_2 + a_{13} x_1 x_3 + a_{23} x_2 x_3 + a_{14} x_1 + a_{24} x_2 + a_{34} x_3 + e_i \quad (1)$$

onde:

Y é a produção média de milho em kg/ha.

x_1 , x_2 e x_3 representam as doses respectivamente de N, P_2O_5 e K_2O , que no caso presente, serão todas codificadas nos níveis -1, 0 e 1;

Tendo em vista que em muitos ensaios fatoriais de adubação as interações lineares duplas não são significativas, o presente estudo desenvolver-se-á levando-as em conta e desprezando-as. Evidentemente, a eliminação das interações resulta na retirada dos termos correspondentes na equação de regressão.

a_{11} , a_{22} e a_{33} são os coeficientes dos efeitos quadráticos de N, P e K, respectivamente;

a_{12} , a_{13} e a_{23} são os coeficientes das interações lineares duplas;

2.2.1 — Variâncias, covariâncias, intervalos de confiança e teste das estimativas dos parâmetros

a_{14} , a_{24} e a_{34} são os coeficientes dos efeitos lineares de N, P e K, respectivamente;

O estudo de regressão mostra que para o modelo considerado tem-se pela matriz de variâncias e covariâncias:

$$V(\hat{a}_0) = \frac{7}{27} \frac{\sigma^2}{N}; \quad (2)$$

$$V(\hat{a}_{ii}) = \frac{1}{6} \frac{\sigma^2}{N} \quad (i = 1, 2, 3); \quad (3)$$

$$V(\hat{a}_{ij}) = \frac{1}{12} \frac{\sigma^2}{N} \quad (i = 1, 2; \quad j = 2, 3; \quad i \neq j); \quad (4)$$

$$V(\hat{a}_{14}) = \frac{1}{18} \frac{\sigma^2}{N} \quad (i = 1, 2, 3); \quad (5)$$

$$\text{Cov}(\hat{a}_0, \hat{a}_{ii}) = -\frac{1}{9} \frac{\sigma^2}{N} \quad (i = 1, 2, 3). \quad (6)$$

Nos dois casos considerados, suas estimativas são obtidas a partir dos "s²" proveniente do quadrado médio de resíduo dos N ensaios, incorporando-se ou não as interações ao resíduo.

As estimativas das variâncias das estimativas dos parâmetros permitem a aplicação do teste "t" aos mesmos.

Sendo N = 50 e admitindo-se t = 2, os seguintes intervalos de confiança podem ser estabelecidos:

$$\hat{a}_0 \pm 0,144 \text{ s}; \quad (7)$$

$$\hat{a}_{ii} \pm 0,115 \text{ s}; \quad (8)$$

$$\hat{a}_{ij} \pm 0,082 \text{ s}; \quad (9)$$

$$\hat{a}_{14} \pm 0,067 \text{ s}. \quad (10)$$

2.2.2 — Estimativas, variâncias e intervalos de confiança das estimativas dos rendimentos

Conhecidas as estimativas dos parâmetros puderam ser estimados os rendimentos para os 27 tratamentos, através da equação de regressão, com e sem as interações.

CAMPOS (4) mostra que na equação proposta tem-se:

$$\begin{aligned} V(\hat{Y}) = & V(\hat{a}_0) + x_1^4 V(\hat{a}_{11}) + x_2^4 V(\hat{a}_{22}) + x_3^4 V(\hat{a}_{33}) + \\ & + x_1^2 x_2^2 V(\hat{a}_{12}) + x_1^2 x_3^2 V(\hat{a}_{13}) + x_2^2 x_3^2 V(\hat{a}_{23}) + \\ & + x_1^2 V(\hat{a}_{14}) + x_2^2 V(\hat{a}_{24}) + x_3^2 V(\hat{a}_{34}) + \\ & + 2x_1^2 \text{Cov}(\hat{a}_0, \hat{a}_{11}) + 2x_2^2 \text{Cov}(\hat{a}_0, \hat{a}_{22}) + \\ & + 2x_3^2 \text{Cov}(\hat{a}_0, \hat{a}_{33}). \end{aligned} \quad (11)$$

Pela variação dos níveis onde:
 (-1, 0 e 1) de x_1 , x_2 e x_3
 obtêm-se as variâncias para
 os rendimentos e, através das
 suas estimativas, os respecti-
 vos intervalos de confiança.

2.2.3 — Níveis “ótimos” dos
 fatores x_1 , x_2 e x_3 em
 cortes da superfície

Os níveis “ótimos” são aque-
 les que conduzem à receita
 líquida máxima. Para este es-
 tudo foram considerados, nos
 dois casos (com e sem as in-
 terações), cortes na superfície
 pela fixação de cada um dos
 fatores em cada um dos três
 níveis estudados. Consequen-
 temente obteve-se uma diver-
 sificação de casos e, por certo,
 um maior conhecimento do
 problema em estudo.

Com as interações

Considerando tão somente
 as despesas com os nutrientes,
 a receita líquida é dada pela
 função (equação 12).

$$L(x_1, x_2, x_3) = P_Y \hat{Y} - P_N x_1 - P_P x_2 - P_K x_3 - m, \quad (12)$$

P_Y é o preço de venda de mi-
 lho a nível de produtor,
 em Cr\$/kg;

\hat{Y} é a estimativa do rendi-
 mento cultural, em kg/ha;

P_N é o preço da dose unitária
 de nitrogênio, em Cr\$/
 40kg;

P_P é o preço da dose unitária
 de fósforo, em Cr\$/40kg;

P_K é o preço da dose unitária
 de potássio, em Cr\$/40kg;
 e

m são os gastos fixos.

CAMPOS (4) apresenta a
 marcha de determinação do
 sistema de equações, cuja so-
 lução dá os valores x_1^+ , x_2^+ e
 x_3^+ respectivamente de x_1 , x_2
 e x_3 , que podem conduzir à
 receita líquida máxima, e as
 condições em que se obtém
 esses máximos. No presente
 estudo, tal sistema é bastante
 simplificado, em decorrência
 da fixação de fatores tornan-
 do-o específico para cada caso.
 Assim sendo, conclui-se que,
 para $x_1 = -1$ ($N = 0$ kg/ha),
 a equação (13) de regressão
 fica:

$$\hat{Y} = (\hat{a}_0 + \hat{a}_{11} - \hat{a}_{14}) + \hat{a}_{22} x_2^2 + \hat{a}_{33} x_3^2 + \hat{a}_{23} x_2 x_3 + (\hat{a}_{24} - \hat{a}_{12}) x_2 + (\hat{a}_{34} - \hat{a}_{13}) x_3, \quad (13)$$

e, conseqüentemente:

$$L(x_2, x_3) = P_Y \cdot \hat{Y} - P_P x_2 - P_K x_3 - m + P_N. \quad (14)$$

O sistema de equações que conduz à receita líquida máxima é obtido pela derivação da função $L(x_2, x_3)$ em relação às variáveis x_2 e x_3 , igualadas a zero:

$$2 \hat{a}_{22} x_2 + \hat{a}_{23} x_3 = \frac{P_P}{P_Y} - (\hat{a}_{24} - \hat{a}_{12}) \quad (15)$$

$$\hat{a}_{23} x_2 + 2 \hat{a}_{33} x_3 = \frac{P_K}{P_Y} - (\hat{a}_{34} - \hat{a}_{13})$$

Tomando-se a relação de preços para cada um dos cinco anos considerados (1966 a 1970) podem ser conseguidas as respectivas doses econômicas.

Obtêm-se equações análogas, com os respectivos sistemas,

tomando-se; $x_1 = 0$ e 1 ; $x_2 = -1, 0$ e 1 ; $x_3 = -1, 0$ e 1 .

Sem as interações

Analogamente ao caso anterior, desprezando-se as interações lineares, infere-se que para $x_1 = -1$ ($N = 0$ kg/ha)

$$\hat{Y} = (\hat{a}_0 + \hat{a}_{11} - \hat{a}_{14}) + \hat{a}_{22} x_2^2 + \hat{a}_{33} x_3^2 + \hat{a}_{24} x_2 + \hat{a}_{34} x_3. \quad (16)$$

Assim ficando o sistema de equações:

$$2 \hat{a}_{22} x_2 = \frac{P_P}{P_Y} - \hat{a}_{24} \quad (17)$$

$$2 \hat{a}_{33} x_3 = \frac{P_K}{P_Y} - \hat{a}_{34}$$

Neste caso, o sistema é formado por duas equações inde-

pendentes, uma em x_2 e outra em x_3 , advindo daí solução imediata, ou seja,

$$x_2^+ = \frac{\frac{P_P}{P_Y} - \hat{a}_{24}}{2 \hat{a}_{22}} \quad (18) \quad \text{e} \quad x_3^+ = \frac{\frac{P_K}{P_Y} - \hat{a}_{34}}{2 \hat{a}_{33}} \quad (19)$$

Chega-se ao mesmo sistema pela fixação de $x_1 = 0$ e 1, embora as equações originais difiram quanto ao termo independente.

Analogamente, esse procedimento é válido para $x_2 = -1, 0$ e 1 e para $x_3 = -1, 0$ e 1.

Dessa forma são obtidas as doses economicamente "ótimas", condicionadas às relações de preços de cada ano do período.

2.2.4 — Rendimentos e intervalos de confiança, correspondentes às doses econômicas

Obtidos os níveis "ótimos" dos nutrientes, para cada cor-

te da superfície, nos dois casos estudados (com e sem as interações) é possível obter analogamente ao exposto em 2.2.2 as estimativas correspondentes aos rendimentos culturais e seus respectivos intervalos de confiança.

2.2.5 — Taxa de rendimento do capital aplicado em adubação por hectare

Com o propósito de prover evidência sobre a conveniência ou não de investir em fertilizantes, a taxa de rendimento (ou retorno) do capital empenhado é facilmente determinada pela equação

$$K = \frac{R - C}{C} \quad \text{ou} \quad \frac{R}{C} - 1, \quad (20)$$

onde:

R é a receita total obtida no nível "ótimo" menos a obtida no tratamento-testemunha; e

C é o custo total da adubação no nível "ótimo".

Obviamente, essa taxa de rendimento do capital é computada para as diferentes relações de preços do produto e dos nutrientes no período 1966-70, a partir das produções estimadas.

3 — RESULTADOS :
 DISCUSSÃO E
 CONCLUSÕES

A partir dos dados do quadro 1 foi possível ajustar as seguintes equações de regressão:

Com interação

$$\hat{Y} = 5.026,2 - 227,6 x_1^2 - 35,6 x_2^2 - 75,4 x_3^2 + 3,9 x_1 x_2 - 12,6 x_1 x_3 - 7,0 x_2 x_3 + 666,6 x_1 + 165,2 x_2 + 79,8 x_3 \quad (21)$$

(R² = 0,9804)
 (F = 94,555)

Sem interação

$$\hat{Y} = 5.026,2 - 227,6 x_1^2 - 35,6 x_2^2 - 75,4 x_3^2 + 666,6 x_1 + 165,2 x_2 + 79,8 x_3 \quad (22)$$

(R² = 0,9801)
 (F = 164,35)

Conforme 2.2.1 foi aplicado obtendo-se os resultados que o teste "t" aos parâmetros, seguem (4):

t(â ₀) = 106,22***	t(â ₁₃) = - 0,47
t(â ₁₁) = - 6,04**	t(â ₂₃) = - 0,26
t(â ₂₂) = - 0,94	t(â ₁₄) = 30,59***
t(â ₃₃) = - 2,00 (significante a 10%)	t(â ₂₄) = 7,58**
t(â ₁₂) = - 0,14	t(â ₃₄) = 3,66**

Verifica-se, pois, que os parâmetros correspondentes às interações não foram significativos, evidência que proporciona suporte metodológico para o estudo da superfície de

(4) *** significante ao nível de 0,1%.
 ** significante ao nível de 1%.

resposta desprezando-se as interações. Isto é também evidenciado pelos coeficientes de determinação R^2 nas duas equações ajustadas (5).

3.1 — Estimativas e intervalos de confiança (95%) dos rendimentos

Conforme 2.2.2 foram estimados através das equações (21 e 22) os rendimentos para os 27 tratamentos e, por (11), determinados os respectivos intervalos de confiança, obtendo-se os resultados que podem ser contemplados nos quadros 3 e 4.

Observa-se que, embora, segundo CAMPOS (4), os intervalos de confiança dos parâmetros sejam relativamente amplos, para os rendimentos culturais há um estreitamento muito acentuado desses intervalos.

Ademais, verifica-se que os valores estimados estão muito próximos dos observados, confirmando assim a boa precisão do método aplicado. Em decorrência da fórmula (11), os intervalos de confiança sem as interações são mais estreitos do que os seus correspondentes incluindo-as. O importante, porém, é que nos dois casos a amplitude do intervalo foi sempre inferior a 10% do rendimento estimado.

Outro aspecto interessante dos resultados, é o alto nível de produtividade física em milho que pôde ser obtido através do uso de fertilizantes. Nos 27 tratamentos, os rendimentos culturais variaram de 3.671kg/ha (tratamento-testemunha) a 5.587kg/ha (tratamento de maior produção média); um acréscimo, portanto, superior a 50%. Isto não significa, porém, que a economi-

(5) Ajustando-se as regressões polinomiais a partir das doses utilizadas para os 3 nutrientes (diretamente) e não a partir dos códigos correspondentes, -1, 0 e 1, as equações seriam:

Com interação

$$\hat{Y} = 3.758,73 + 28,28 X_1 + 6,01 X_2 + 6,28 X_3 - 0,142 X_1^2 - 0,022 X_2^2 + 0,047 X_3^2 + 0,002 X_1X_2 - 0,008 X_1X_3 - 0,004 X_2X_3$$

($R^2 = 0,9804$)

Sem interação

$$\hat{Y} = 3.774,40 + 28,06 X_1 + 5,93 X_2 + 5,79 X_3 - 0,142 X_1^2 - 0,022 X_2^2 - 0,047 X_3^2$$

($R^2 = 0,9801$)

Portanto, os coeficientes de X_1 , X_2 , X_3 e do termo constante são diferentes, mas com valores bastante aproximados.

QUADRO 3. — Estimativas e seus Respectivos Intervalos de Confiança (95%) dos Rendimentos de Milho, em kg/ha, quando se Consideram as Interações, Grupo de 50 Ensaios Fatoriais 3³ de Adubação, Região de Ribeirão Preto, Estado de São Paulo, 1957-61

Tratamento		Rendimento		I. confiança	
Original	Codificado	Obs.	Est.	L. inf.	L. sup.
000	-1-1-1	3671	3759	3626	3892
001	-1-1 0	3846	3934	3825	4043
002	-1-1 1	4018	3958	3825	4091
010	-1 0-1	4118	3963	3854	4072
011	-1 0 0	4297	4132	4037	4227
012	-1 0 1	4076	4148	4039	4257
020	-1 1-1	3990	4096	3963	4229
021	-1 1 0	4128	4257	4148	4366
022	-1 1 1	4366	4266	4133	4399
100	0-1-1	4733	4662	4553	4771
101	0-1 0	4868	4825	4730	4920
102	0-1 1	4809	4836	4727	4945
110	0 0-1	4792	4870	4775	4965
111	0 0 0	4966	5026	4931	5121
112	0 0 1	4955	5030	4935	5125
120	0 1-1	5108	5007	4898	5116
121	0 1 0	5236	5155	5060	5250
122	0 1 1	5094	5152	5043	5261
200	1-1-1	5155	5109	4976	5242
201	1-1 0	5216	5260	5151	5369
202	1-1 1	5282	5258	5125	5391
210	1 0-1	5201	5322	5213	5431
211	1 0 0	5504	5465	5370	5560
212	1 0 1	5500	5456	5347	5565
220	1 1-1	5479	5462	5329	5595
221	1 1 0	5587	5598	5489	5707
222	1 1 1	5583	5582	5449	5715

QUADRO 4. — Estimativas e seus Respectivos Intervalos de Confiança (95%) dos Rendimentos de Milho, em kg/ha, quando se Desprezam as Interações, Grupos de 50 Ensaio Fatoriais 3³ de Adubação, Região de Ribeirão Preto, Estado de São Paulo, 1957-61

Tratamento		Rendimento		I. confiança	
Original	Codificado	Obs.	Est.	L. inf.	L. sup.
000	-1-1-1	3671	3775	3682	3868
001	-1-1 0	3846	3930	3837	4023
002	-1-1 1	4018	3934	3841	4027
010	-1 0-1	4118	3976	3883	4069
011	-1 0 0	4297	4132	4039	4225
012	-1 0 1	4076	4136	4043	4229
020	-1 1-1	3990	4105	4012	4198
021	-1 1 0	4128	4261	4168	4354
022	-1 1 1	4366	4265	4172	4358
100	0-1-1	4733	4669	4576	4762
101	0-1 0	4868	4825	4732	4918
102	0-1 1	4809	4829	4736	4922
110	0 0-1	4792	4870	4777	4963
111	0 0 0	4966	5026	4933	5119
112	0 0 1	4955	5030	4937	5123
120	0 1-1	5108	5000	4907	5093
121	0 1 0	5236	5155	5062	5248
122	0 1 1	5094	5159	5066	5252
200	1-1-1	5155	5108	5015	5201
201	1-1 0	5216	5264	5171	5357
202	1-1 1	5282	5267	5174	5360
210	1 0-1	5201	5309	5216	5402
211	1 0 0	5504	5465	5372	5558
212	1 0 1	5500	5469	5376	5562
220	1 1-1	5479	5438	5345	5531
221	1 1 0	5587	5594	5501	5687
222	1 1 1	5583	5598	5505	5691

cidade no uso de fertilizantes deva atingir uma produção tão elevada, visto que o nível "ótimo" de produção em relação a um fator variável dependerá da produtividade física marginal desse fator, do seu custo, do preço do produto e do próprio nível de utilização dos demais fatores. O que existe é a possibilidade de aumentar o rendimento cultural médio da lavoura de milho na região estudada (estima-se em 2.000 kg/ha o rendimento atual). Isto, mesmo sem levar em conta a complementariedade que, em geral, existe entre os insumos modernos. A resposta ao uso de fertilizantes, por exemplo, será consideravelmente maior quando na presença de outros fatores controlados pelo homem, destacando-se entre eles: variedades mais produtivas e resistentes a pragas e doenças, rotações de culturas tecnicamente conduzidas, maquinaria condizente com os recursos humanos disponíveis e formas mais eficientes de administração (6, 7, 10, 11).

Em contrapartida, há o argumento de que os ensaios aqui analisados foram muito bem controlados no que respeita, por exemplo, a solos, pragas e doenças e outros elementos que muitas vezes estão

fora do controle do agricultor "médio". Logo, na prática, poderá ser extremamente difícil a obtenção de resultados tão animadores. Aliás, alguns estudos recentes na região de Ribeirão Preto, analisando dados obtidos em condições reais, chegaram a conclusões interessantes sobre a economicidade do uso de fertilizantes. NELSON (9) estudando o efeito de fertilizantes químicos, medidos em kg/alqueire, sobre o rendimento cultural do milho, expresso em sacos de 60kg/alqueire, concluiu que os valores dos produtos marginais eram inferiores à unidade e, portanto, já teriam sido ultrapassados os níveis economicamente "ótimos". BISSERRA (3) ajustando funções de produção em que a receita total era determinada por diversos fatores, inclusive despesas em adubação química, concluiu que os agricultores estariam alocando razoavelmente este insumo. Por certo, esses dois estudos foram desenvolvidos em condições bem diferentes das que caracteriza os 50 ensaios de adubação aqui analisados.

Em síntese, o importante é registrar as tremendas potencialidades físicas para aumentar a produtividade da cultura

de milho pelo uso de fertilizantes químicos. Mas nem por isso esses resultados devem ser levados a um otimismo exagerado, pois, na prática estão sempre em jogo os preços dos fatores e dos produtos, além de outros elementos mais ou menos imponderáveis.

3.2 — Níveis “ótimos” dos fatores x_1 , x_2 e x_3 em cortes da superfície

De conformidade com 2.2.3, as doses economicamente “ótimas” dos nutrientes básicos (fatores x_1 , x_2 e x_3) são as contempladas nos quadros 5 a 10. Isto, naturalmente, para os diferentes cortes da superfície nas condições anuais de mercado definidas neste trabalho.

Quando se consideram as interações (quadros 5, 6 e 7) alguns pontos precisam ser destacados.

Para o nitrogênio, a relação de preços (P_N/P_Y) diminuiu muito pouco entre 1966 e 1968; em 1969 ela experimentou uma “deterioração” acentuada provocando a diminuição das doses econômicas. Já em 1970, os preços analisados poderiam estimular acréscimos da or-

dem de 30% no nível “ótimo”, devido à queda de 50% na relação de preços. Aliás, esta é uma evidência que pode ser do maior interesse para fins de política agrícola.

Com a elevação do nível fixado de fósforo, a dose econômica de N cresceu ligeiramente em três anos (1966 a 1968) permanecendo constante nos demais (1969 e 1970). Uma tendência decrescente mais nítida pôde ser observada para N quando se elevou o nível de potássio.

Os preços de 1968 e 1969 revelaram-se muito desfavoráveis ao uso do fósforo (P_2O_5): não usar este nutriente seria a recomendação imanente aos valores observados nos quadros 5 e 7. Vale dizer também que a relação de preços (P_P/P_Y) aumentou rapidamente de 1967 a 1969, quando então teria atingido proporções exageradas.

A dose econômica de P_2O_5 aumentou com a elevação do nível fixado de nitrogênio e diminuiu com a elevação do nível de potássio. Em consequência, nas situações de preços desfavoráveis, o problema de doses negativas de P_2O_5 parece ter-se agravado com ní-

QUADRO 5. — Níveis Ótimos dos Fatores x_2 (P) e x_3 em kg/ha para Níveis Fixados de x_1 (N), Considerando-se as Interações. Grupo de 50 Ensaio de Adubação em Milho, Região de Ribeirão Preto, Estado de São Paulo, 1966-70

Ano	Preço	Nutriente	Nível fixado de N (kg/ha)			Nível ótimo na superfície
			N = 0	N = 40	N = 80	
1966	$P_P = 20,00$	P	19,0	21,0	24,0	23,0
	$P_K = 12,00$	—	—	—	—	—
	$P_Y = 0,100$	K	34,0	30,0	27,0	28,0
1967	$P_P = 24,00$	P	13,0	15,0	18,0	17,0
	$P_K = 12,70$	—	—	—	—	—
	$P_Y = 0,114$	K	36,0	33,0	29,0	30,0
1968	$P_P = 32,00$	P	-21,0	-19,0	-16,0	-17,0
	$P_K = 13,70$	—	—	—	—	—
	$P_Y = 0,118$	K	37,0	33,0	30,0	31,0
1969	$P_P = 40,60$	P	-64,0	-61,0	-58,0	-60,0
	$P_K = 16,50$	—	—	—	—	—
	$P_Y = 0,117$	K	32,0	29,0	25,0	27,0
1970	$P_P = 42,60$	P	34,0	37,0	39,0	39,0
	$P_K = 17,30$	—	—	—	—	—
	$P_Y = 0,250$	K	46,0	43,0	40,0	39,0

QUADRO 6. — Níveis Ótimos dos Fatores x_1 (N) e x_3 (K) em kg/ha para Níveis Fixados de x_2 (P), Considerando-se as Interações, Grupo de 50 Ensaios de Adubação em Milho, Região de Ribeirão Preto, Estado de São Paulo, 1966-70

Ano	Preço	Nutriente	Nível fixado de P (kg/ha)			Nível ótimo na superfície
			P = 0	P = 40	P = 80	
1966	$P_N = 36,00$	N	67,0	67,0	68,0	67,0
	$P_K = 12,00$	—	—	—	—	—
	$P_Y = 0,100$	K	29,0	27,0	25,0	28,0
1967	$P_N = 41,00$	N	67,0	67,0	68,0	67,0
	$P_K = 12,70$	—	—	—	—	—
	$P_Y = 0,114$	K	31,0	29,0	27,0	30,0
1968	$P_N = 42,00$	N	67,0	68,0	63,0	67,0
	$P_K = 13,70$	—	—	—	—	—
	$P_Y = 0,118$	K	30,0	28,0	26,0	31,0
1969	$P_N = 48,00$	N	63,0	63,0	63,0	52,0
	$P_K = 16,50$	—	—	—	—	—
	$P_Y = 0,117$	K	24,0	22,0	20,0	27,0
1970	$P_N = 47,40$	N	82,0	82,0	82,0	82,0
	$P_K = 17,30$	—	—	—	—	—
	$P_Y = 0,250$	K	41,0	39,0	37,0	39,0

QUADRO 7. — Níveis Ótimos dos Fatores x_1 (N) e x_2 (P) em kg/ha para Níveis Fixados de x_3 (K), Considerando-se as Interações. Grupo de 50 Ensaio de Adubação em Milho, Região de Ribeirão Preto, Estado de São Paulo, 1966-70

Ano	Preço	Nutriente	Nível fixado de K (kg/ha)			Nível ótimo na superfície
			K = 0	K = 40	K = 80	
1966	$P_N = 36,00$	N	68,0	67,0	66,0	67,0
	$P_P = 20,00$	—	—	—	—	—
	$P_Y = 0,100$	P	26,0	22,0	18,0	23,0
1967	$P_N = 41,00$	N	68,0	67,0	66,0	67,0
	$P_P = 24,00$	—	—	—	—	—
	$P_Y = 0,114$	P	20,0	16,0	12,0	17,0
1968	$P_N = 42,00$	N	68,0	67,0	66,0	67,0
	$P_P = 32,00$	—	—	—	—	—
	$P_Y = 0,118$	P	-14,0	-18,0	-22,0	-17,0
1969	$P_N = 48,00$	N	63,0	62,0	61,0	62,0
	$P_P = 40,60$	—	—	—	—	—
	$P_Y = 0,117$	P	-57,0	-61,0	-65,0	-60,0
1970	$P_N = 47,40$	N	83,0	82,0	81,0	82,0
	$P_P = 42,60$	—	—	—	—	—
	$P_Y = 0,250$	P	43,0	39,0	35,0	39,0

veis mais altos de potássio, sendo a recíproca verdadeira para níveis crescentes de nitrogênio. Do ponto de vista biológico, isto pode ser explicado pelo importante papel do nitrogênio no crescimento vegetativo do milho.

Também no caso de fósforo e potássio (K_2O), os resultados indicam que uma política de preços altos para o produto (ou de preços baixos para os fatores) poderia exercer influência positiva sobre as doses econômicas desses nutrientes (fatores). Sendo consistente com a teoria econômica e evidenciando a estreita interdependência, que deve existir entre os mercados de produto e de fatores, numa economia em desenvolvimento, eis aí uma evidência que deve ser melhor examinada. As variações verificadas nas relações de preços (P_P/P_Y e P_K/P_Y), entre 1969 e 1970, poderiam induzir aumentos substanciais nas respectivas doses econômicas de P_2O_5 e K_2O , principalmente do primeiro.

A dose econômica de K_2O decresce à medida que se aumenta o nível fixado tanto de nitrogênio como de fósforo. Aparentemente, isto está indicando que, no intervalo co-

berto pelos dados, é possível substituir-se potássio por nitrogênio ou fósforo e vice-versa. Isto, obviamente, dentro dos limites estabelecidos pela biologia da planta.

Quando são desprezadas as interações (quadros 8, 9 e 10) as doses econômicas tornam-se independentes do nível do nutriente fixado e, como no caso anterior, quando da obtenção de doses negativas recomenda-se não adubar.

Também, como no caso anterior, as doses econômicas de nitrogênio e potássio mostraram-se menos sensíveis às variações de preços do que as de fósforo, que foram extremamente sensíveis. Assim sendo, uma possível implicação política é que, considerando a alternativa de subsidiar os preços de nutrientes básicos, atenção especial poderia ser dada ao P_2O_5 , principalmente se uma grande percentagem da variação na taxa de retorno do capital empatado em adubação for explicada por variações no preço deste nutriente. Evidências semelhantes foram encontradas por MILLER, BAUWIN e GUAZELLI (8) para a cultura do feijão em Minas Gerais.

QUADRO 8. — Níveis Ótimos dos Fatores x_2 (P) e x_3 (K) em kg/ha quando é Fixado x_1 (N), Desprezando-se as Interações. Grupo de 50 Ensaio de Adubação em Milho, Região de Ribeirão Preto, Estado de São Paulo, 1966-70

Ano	Preço	Nutriente	Nível ótimo
1966	$P_P = 20,00$	P	20,0
	$P_K = 12,00$	—	—
	$P_Y = 0,100$	K	29,0
1967	$P_P = 24,00$	P	15,0
	$P_K = 12,70$	—	—
	$P_Y = 0,114$	K	32,0
1968	$P_P = 32,00$	P	-20,0
	$P_K = 13,70$	—	—
	$P_Y = 0,118$	K	30,0
1969	$P_P = 40,60$	P	-62,0
	$P_K = 16,50$	—	—
	$P_Y = 0,117$	K	24,0
1970	$P_P = 42,60$	P	37,0
	$P_K = 17,30$	—	—
	$P_Y = 0,250$	K	43,0

QUADRO 9. — Níveis Ótimos dos Fatores x_1 (N) e x_3 (K) em kg/ha quando é Fixado x_2 (P), Desprezando-se as Interações. Grupo de 50 Ensaio de Adubação em Milho, Região de Ribeirão Preto, Estado de São Paulo, 1966-70

Ano	Preço	Nutriente	Nível ótimo
1966	$P_N = 36,00$	N	67,0
	$P_K = 12,00$	—	—
	$P_Y = 0,100$	K	29,0
1967	$P_N = 41,00$	N	67,0
	$P_K = 12,70$	—	—
	$P_Y = 0,114$	K	32,0
1968	$P_N = 42,00$	N	67,0
	$P_K = 13,70$	—	—
	$P_Y = 0,118$	K	36,0
1969	$P_N = 48,00$	N	63,0
	$P_K = 16,50$	—	—
	$P_Y = 0,117$	K	24,0
1970	$P_N = 47,40$	N	82,0
	$P_K = 17,30$	—	—
	$P_Y = 0,250$	K	43,0

QUADRO 10. — Níveis Ótimos dos Fatores x_1 (N) e x_2 (P) em kg/ha quando é Fixado x_3 (K), Desprezando-se as Interações. Grupo de 50 Ensaio de Adubação em Milho, Região de Ribeirão Preto, Estado de São Paulo, 1966-70

Ano	Preço	Nutriente	Nível ótimo
1966	$P_N = 36,00$	N	67,0
	$P_P = 20,00$	—	—
	$P_Y = 0,100$	P	20,0
1967	$P_N = 41,00$	N	67,0
	$P_P = 24,00$	—	—
	$P_Y = 0,114$	P	15,0
1968	$P_N = 42,00$	N	67,0
	$P_P = 32,00$	—	—
	$P_Y = 0,118$	P	-20,0
1969	$P_N = 48,00$	N	63,0
	$P_P = 40,60$	—	—
	$P_Y = 0,117$	P	-62,0
1970	$P_N = 47,40$	N	82,0
	$P_P = 42,60$	—	—
	$P_Y = 0,250$	P	37,0

De modo geral, observou-se que as doses econômicas obtidas nos cortes da superfície foram bastante próximas das obtidas na superfície.

3.3 — Rendimentos e intervalos de confiança, correspondentes às doses econômicas

Os rendimentos estimados, em kg/ha, e seus respectivos intervalos de confiança ao nível de 95% de probabilidade foram obtidos segundo 2.2.4. Para maior facilidade de compreensão e esses valores são apresentados nos quadros 11 a 16, juntamente com as relações de preços e os níveis “ótimos” dos nutrientes já discutidos em 3.2.

Considerando as interações, os rendimentos “ótimos” aumentaram sempre com a elevação do nível fixado de nitrogênio e fósforo, o mesmo nem sempre acontecendo com a elevação do nível de potássio. Os menores rendimentos ocorreram quando $N = 0$ kg/ha, o que parece reforçar a importância biológica deste nutriente. Os maiores rendimentos foram obtidos com a elevação dos níveis, primeiro de P_2O_5 , e, em segundo lugar, de N. Os intervalos de confiança dos

rendimentos “ótimos” como em 3.1, foram muito estreitos: em todos os casos inferiores a 5% do valor estimado.

Sem as interações (quadros 14, 15 e 16), os rendimentos “ótimos” crescem com o nível fixado de N, P_2O_5 e do próprio K_2O quando se vai de 0 a 40kg deste nutriente. Quando $N = 0$ kg/ha, obtiveram-se os menores rendimentos, enquanto os maiores foram estimados ao se fixar em níveis crescentes o P_2O_5 . Com relação aos intervalos de confiança, constatou-se também o seu relativo estreitamento. Assim, as evidências são praticamente semelhantes nos dois casos de ajustamento da superfície.

3.4 — Taxas de Rendimento do capital aplicado em adubação por hectare

Essas taxas podem ser apreciadas nos quadros 17, 18 e 19.

O retorno do capital empastado, depois de deduzidos os custos de fertilizantes foi sempre positivo, apresentando também variações mais ou menos importantes.

A julgar pelas taxas obtidas no ano de 1970 (preços anteriores à safra), o preço do mi-

QUADRO 11. — Rendimentos e seus Respectiveos Intervalos de Confiança (95%) Correspondentes aos Níveis Ótimos dos Fatores x_2 (P) e x_3 (K) em kg/ha, para Níveis Fixados de x_1 (N), Considerando-se as Interações. Grupo de 50 Ensaios de Adubação de Milho, Região de Ribeirão Preto, Estado de São Paulo, 1966-70

Ano	Relações de preços		Níveis fixados de N														
			N = 0					N = 40					N = 80				
	P_P/P_Y	P_K/P_Y	Nível ótimo		Rendimento	I. confiança		Nível ótimo		Rendimento	I. confiança		Nível ótimo		Rendimento	I. confiança	
			P	K		L. inf.	L. sup.	P	K		L. inf.	L. sup.	P	K		L. inf.	L. sup.
1966	200,0	120,0	19,0	34,0	4.019	3.925	4.113	21,0	30,0	4.918	4.830	5.006	24,0	27,0	5.360	5.268	5.452
1967	210,5	111,4	13,0	36,0	3.996	3.902	4.090	15,0	33,0	4.892	4.806	4.978	18,0	29,0	5.335	5.244	5.426
1968	271,2	116,1	0,0	37,0	3.927	3.818	4.036	0,0	33,0	4.808	4.714	4.902	0,0	30,0	5.236	5.127	5.345
1969	347,0	141,0	0,0	32,0	3.912	3.803	4.021	0,0	29,0	4.794	4.701	4.887	0,0	25,0	5.221	5.112	5.330
1970	170,4	69,2	34,0	46,0	4.122	4.028	4.216	37,0	43,0	5.018	4.924	5.112	39,0	40,0	5.461	5.367	5.555

QUADRO 12. — Rendimentos e seus Respective Intervalos de Confiança (95%) Correspondentes aos Níveis Ótimos dos Fatores x_1 (N) e x_2 (K), em kg/ha, para Níveis Fixados de x_3 (P), Considerando-se as Interações. Grupo de 50 Ensaio de Adubação de Milho, Região de Ribeirão Preto, Estado de São Paulo, 1966-70

Ano	Relações de preços		Níveis fixados de P														
	P_N/P_Y	P_K/P_Y	P = 0					P = 40					P = 80				
			Nível ótimo		Rendimento	I. confiança		Nível ótimo		Rendimento	I. confiança		Nível ótimo		Rendimento	I. confiança	
			N	K		L. inf.	L. sup.	N	K		L. inf.	L. sup.	N	K		L. inf.	L. sup.
1966	360,0	120,0	67,0	29,0	5.139	5.043	5.235	67,0	27,0	5.316	5.232	5.400	68,0	25,0	5.439	5.345	5.533
1967	359,6	111,4	67,0	31,0	5.146	5.052	5.240	67,0	29,0	5.326	5.241	5.411	68,0	27,0	5.452	5.356	5.548
1968	355,9	116,1	67,0	30,0	5.146	5.052	5.240	68,0	28,0	5.324	5.239	5.409	68,0	26,0	5.449	5.355	5.543
1969	410,2	141,0	63,0	24,0	5.080	4.988	5.172	63,0	22,0	5.246	5.163	5.329	63,0	20,0	5.368	5.276	5.460
1970	189,6	69,2	82,0	41,0	5.270	5.157	5.382	82,0	39,0	5.472	5.374	5.570	82,0	37,0	5.597	5.483	5.711

QUADRO 13. — Rendimentos e seus Respectivos Intervalos de Confiança (95%) Correspondentes aos Níveis Ótimos dos Fatores x_1 (N) e x_2 (P) em kg/ha, para Níveis Fixados de x_3 (K), Considerando-se as Interações. Grupo de 50 Ensaio de Adubação de Milho, Região de Ribeirão Preto, Estado de São Paulo, 1966-70

Ano	Relações de preços		Níveis fixados de K														
			K = 0					K = 40					K = 80				
	P_N/P_Y	P_K/P_Y	Nível ótimo		Rendimento	I. confiança		Nível ótimo		Rendimento	I. confiança		Nível ótimo		Rendimento	I. confiança	
			N	P		L. inf.	L. sup.	N	P		L. inf.	L. sup.	N	P		L. inf.	L. sup.
1966	360,0	200,0	68,0	26,0	5.169	5.075	5.263	67,0	22,0	5.288	5.205	5.371	66,0	18,0	5.257	5.163	5.351
1967	359,6	210,5	68,0	20,0	5.138	5.044	5.232	67,0	16,0	5.257	5.175	5.339	66,0	11,0	5.226	5.134	5.318
1968	355,9	271,2	68,0	0,0	5.024	4.909	5.139	67,0	0,0	5.167	5.073	5.261	66,0	0,0	5.160	5.047	5.273
1969	410,2	347,0	63,0	0,0	4.974	4.863	5.085	62,0	0,0	5.117	5.024	5.210	61,0	0,0	5.109	5.999	5.219
1970	189,6	170,4	83,0	43,0	5.353	5.238	5.468	82,0	39,0	5.472	5.374	5.570	81,0	35,0	5.441	5.331	5.551

QUADRO 14. — Rendimentos e seus Respectivos Intervalos de Confiança (95%), Correspondentes aos Níveis Ótimos dos Fatores x_2 (P) e x_3 (K) em kg/ha, para Níveis Fixados de x_1 (N), Desprezando-se as Interações. Grupo de 50 Ensaios de Adubação em Milho, Região de Ribeirão Preto, Estado de São Paulo, 1966-70

Ano	Relação de Preços		Nível ótimo		Nível de N	Rendimento (kg/ha)	I. confiança	
	P_P/P_Y	P_K/P_Y	P	K			L. inf.	L. sup.
1966	200,0	120,0	20,0	29,0	0	4.248	4.161	4.335
					40	5.143	5.056	5.230
					80	5.349	5.262	5.436
1967	210,5	111,4	15,0	32,0	0	3.992	3.906	4.078
					40	4.886	4.801	4.973
					80	5.325	5.239	5.411
1968	271,2	116,1	0,0	30,0	0	3.908	3.815	4.001
					40	4.802	4.709	4.895
					80	5.241	5.148	5.334
1969	347,0	141,0	0,0	24,0	0	3.887	3.797	3.977
					40	4.781	4.691	4.871
					80	5.220	5.130	5.310
1970	170,4	69,2	37,0	43,0	0	4.125	4.031	4.219
					40	5.020	4.926	5.114
					80	5.459	5.365	5.553

QUADRO 15. — Rendimentos e seus Respective Intervalos de Confiança (95%), Correspondentes aos Níveis Ótimos dos Fatores x_1 (N) e x_3 (K), em kg/ha, para Níveis Fixados de x_2 (P), Desprezando-se as Interações. Grupo de 50 Ensaio de Adubação em Milho, Região de Ribeirão Preto, Estado de São Paulo, 1966-70

Ano	Relação de Preços		Nível ótimo		Nível de P	Rendimento (kg/ha)	I. confiança	
	P_N/P_Y	P_K/P_Y	N	K			L. inf.	L. sup.
1966	360,0	120,0	67,0	29,0	0	5.143	5.059	5.227
					40	5.344	5.260	5.428
					80	5.473	5.369	5.557
1967	359,6	111,4	67,0	32,0	0	5.150	5.065	5.235
					40	5.350	5.265	5.435
					80	5.480	5.395	5.565
1968	355,9	116,1	67,0	30,0	0	5.150	5.065	5.235
					40	5.351	5.266	5.436
					80	5.480	5.395	5.565
1969	410,2	141,0	63,0	24,0	0	5.083	5.000	5.166
					40	5.284	5.201	5.367
					80	5.414	5.331	5.497
1970	189,6	69,2	82,0	43,0	0	5.280	5.182	5.378
					40	5.480	5.382	5.578
					80	5.610	5.512	5.708

QUADRO 16. — Rendimentos e seus Respective Intervalos de Confiança (95%), Correspondentes aos Níveis Ótimos dos Fatores x_1 (N) e x_2 (P), em kg/ha, para Níveis Fixados de x_3 (K), Desprezando-se as Interações. Grupo de 50 Ensaio de Adubação em Milho, Região de Ribeirão Preto, Estado de São Paulo, 1966-70

Ano	Relação de Preços		Nível ótimo		Nível de K	Rendimento (kg/ha)	I. confiança	
	P_N/P_Y	P_P/P_Y	N	P			L. inf.	L. sup.
1966	360,0	200,0	67,0	20,0	0	5.126	5.046	5.206
					40	5.281	5.201	5.361
					80	5.286	5.206	5.366
1967	359,6	210,5	67,0	15,0	0	5.095	5.017	5.173
					40	5.250	5.172	5.328
					80	5.255	5.177	5.333
1968	355,9	271,2	67,0	0,0	0	5.018	4.931	5.105
					40	5.173	5.086	5.260
					80	5.178	5.091	5.265
1969	410,2	347,0	63,0	0,0	0	4.972	4.884	5.060
					80	5.132	5.044	5.220
					40	5.127	5.039	5.215
1970	189,6	170,4	82,0	37,0	0	5.308	5.210	5.406
					40	5.463	5.365	5.561
					80	5.468	5.370	5.566

QUADRO 17. — Taxas de Rendimento do Capital Aplicado em Adubação por Hectare de Milho, Correspondentes às Doses Ótimas dos Fatores x_2 (P) e x_3 (K) para Níveis Fixados de x_1 (N), com e sem as Interações. Grupo de 50 Ensaios de Adubação na Região de Ribeirão Preto, Estado de São Paulo, 1966-70

Ano	Nível de x_1 (N)	Rendimento do capital/ha (%)	
		Com interação	Sem interação
1966	0	76,65	208,56
	40	124,68	169,11
	80	83,39	85,00
1967	0	92,85	91,16
	40	130,22	130,30
	80	86,00	79,36
1968	0	138,72	172,57
	40	151,78	155,37
	80	95,92	96,54
1969	0	113,87	155,58
	40	119,17	124,35
	80	70,60	71,16
1970	0	101,04	95,75
	40	219,56	220,03
	80	191,31	192,58

QUADRO 18. — Taxas de Rendimento do Capital Aplicado em Adubação por Hectare em Milho, Correspondentes às Doses Ótimas dos Fatores x_1 (N) e x_3 (K) para Níveis Fixados de x_2 (P), com e sem as Interações. Grupo de 50 Ensaios de Adubação na Região de Ribeirão Preto, Estado de São Paulo, 1966-70

Ano	Nível de x_2 (P)	Rendimento do capital/ha (%)	
		Com interação	Sem interação
1966	0	112,75	113,33
	40	86,08	87,98
	80	62,65	65,32
1967	0	114,20	113,92
	40	85,21	86,16
	80	60,81	62,61
1968	0	115,92	116,50
	40	72,65	76,04
	80	44,71	47,61
1969	0	92,84	93,25
	40	47,11	49,64
	80	20,30	22,34
1970	0	247,96	247,53
	40	187,48	189,40
	80	142,75	141,23

QUADRO 19. — Taxas de Rendimento do Capital Aplicado em Adubação por Hectare de Milho, Correspondentes às Doses Ótimas dos Fatores x_1 (N) e x_2 (P) para Níveis Fixados de x_3 (K), com e sem as Interações. Grupo de 50 Ensaios de Adubação na Região de Ribeirão Preto, Estado de São Paulo, 1966-70

Ano	Nível de x_3 (K)	Rendimento do capital/ha (%)	
		Com interação	Sem interação
1966	0	101,89	106,97
	40	94,12	95,62
	80	71,64	71,26
1967	0	104,70	108,99
	40	98,78	99,22
	80	76,90	75,26
1968	0	123,60	125,94
	40	110,08	110,92
	80	81,77	81,99
1969	0	101,65	101,34
	40	86,16	85,00
	80	58,48	57,46
1970	0	191,71	199,65
	40	188,65	191,18
	80	163,68	162,51

lho poderá exercer uma forte influência sobre o rendimento do capital e conseqüentemente sobre o maior uso dos fertilizantes químicos.

Todavia, não se deve esquecer que um rendimento positivo não indica necessariamente que a produção de milho está sendo lucrativa. O custo dos fertilizantes é apenas um entre os muitos que oneram a produção. Todos os demais custos precisariam ser deduzidos e o resíduo comparado com outros alternativos, a fim de que se pudesse concluir objetivamente se a produção de milho é ou não lucrativa.

Considerando ou não as interações, as taxas de rendimento do capital foram na maioria das vezes semelhantes para o mesmo nível do fator fixo. Deve ser observado, porém, que apesar dos coeficientes referentes às interações não se terem revelado significativos, o retorno ao capital principalmente quando $N = 0$ é diferente incluindo ou não as interações.

Nos níveis "ótimos" de fósforo e potássio, ou seja, quando se fixou $x_1(N)$, foram geralmente obtidas as maiores taxas de retorno ao capital.

3.5 — Considerações Finais

Mesmo considerando possíveis limitações práticas do ajustamento de superfícies de resposta em ensaios fatoriais 3^3 , os resultados desta pesquisa poderão ser muito úteis para acelerar o processo de tecnificação da agricultura, onde sempre ocupa um lugar especial, a economicidade no uso de fatores modernos (5).

Em termos de política agrícola podem ser ligeiramente citadas duas conclusões de caráter geral.

Uma política mais eficiente de preços mínimos, por exemplo, poderia expandir substancialmente o mercado de fertilizantes. Isto seria coerente com a interdependência dos mercados de produto e de fatores modernos numa economia em desenvolvimento. Mas, só poderia ser colocado numa perspectiva mais ampla de aumentos substanciais na produção e produtividade da cultura de milho se os preços dos nutrientes também fossem levados em conta nas decisões políticas. De outro lado, a frequente instabilidade de preços pagos e recebidos (revelada na pesquisa) poderá dificultar as decisões dos agriculto-

res em usar racionalmente mais ou menos adubos químicos. No mercado de produtos, os preços mínimos estabelecidos pelo governo não tem sido devidamente utilizados nas decisões dos agricultores paulistas. E no mercado de fertilizantes há pouco conhecimento empírico disponível, apesar do esforço da política agrícola atual visando a difusão deste insumo da "revolução verde".

ECONOMIC ASPECTS OF THE FERTILIZATION OF CORN

SUMMARY

The principal objective of the study is to measure experimentally levels of corn production as a function of fertilizer applications of N, P_2O_5 , and K_2O ; and to analyse the relationship between prices and "optimum" levels of nutrients during the five-year period 1966-70. In addition, rates of return on capital invested in fertilization were analysed for a range of prices. The polynomial, quadratic equation was satisfactory, and high levels of physical productivity were obtained in the 27 treatments analysed. It is apparent that the potential for increased incomes from corn production in the region of Ribeirão Preto in São Paulo is high. The results show that although the optimum level of nutrients varies considerably from year to year due to price variations, but the lack of interaction between the fertilizers results in only small changes in the optimum level of the nutrients when the application of one of the nutrients is substantially changed within the year. Although the return on capital invested was always positive, there were significant variations in its absolute level.

LITERATURA CITADA

1. ARRUDA, H. V. Contribuição para o estudo da adubação mineral do milho nas terras roxas do município de Ribeirão Preto. Piracicaba, ESALQ/USP, 1959. (Tese de M.S.)
2. ————. Determinação da dose econômica de um dado nutriente em experimentos de adubação. Arquivos do Instituto Biológico, 30 (1):41-45. 1963.
3. BISERRA, J. V. Análise de relações fator-produto na cultura do milho em Jardinópolis e Guaira, Estado de São Paulo, ano agrícola 1969/70. Piracicaba, ESALQ/USP, 1971. (Dissertação de Mestrado)

4. CAMPOS, H. Aspectos da aplicação das superfícies de resposta a ensaios fatoriais 3^o de adubação. Piracicaba, ESALQ/USP, 1967. (Tese de Docência Livre)
5. INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. Desenvolvimento da agricultura paulista. São Paulo, Secretaria da Agricultura, IEA, 1971.
6. KNIGHT, P. T. Brazilian agricultural technology and trade: a study of five commodities. New York, Praeger, 1971. cap. 5 e 6. p.112-190.
7. MELLOR, John W. O planejamento do desenvolvimento agrícola. Rio de Janeiro, Cruzeiro, 1967. cap. 15. p.281-300.
8. MILLER, S. F.; BAUWIN, C. R.; GUAZELLI, R. J. Avaliação econômica e agrônômica de um experimento com feijão comum. Uberaba, Minas Gerais. Uberaba, MG, s.L.p., 1969. (edição preliminar, mimeo)
9. NELSON, W. C. An economic analysis of fertilizer utilization in Brazil. Columbus, Ohio State Univ., 1971. (Unpublished Ph. D. Dissertation)
10. SCHUH, G. E. A pesquisa e o desenvolvimento agrícola no Brasil. Itabuna, BA, CEPLAC, 1971.
11. VALDES, A. Analisis economico de 20 ensayos de aplicacion de fertilizantes en trigo, maiz y papas. (In: MONTEIRO, Emilio & PERES, Santos, eds. Investigacion economica y experimentacion agricola. Montevideo, IICA, Sona Sur, OEA/Univ. Catolica de Chile, 1967. p.79-129)
12. ZAGATTO, A. G. & GOMES, F. Pimentel. O problema técnico-econômico da adubação. Anais da ESALQ/ 17 p.149-164.