

## RELAÇÕES ESTRUTURAIS DA DEMANDA DE FERTILIZANTES NO ESTADO DE SÃO PAULO (1)

Rosa Maria Carmignani Pescarin  
Donald W. Larson (2)

O uso de fertilizantes representa um dos meios mais eficazes para se aumentar a produtividade agrícola. Devido a essa importância, esse trabalho se propõe a estudar a demanda de fertilizantes para o Estado de São Paulo, considerando os elementos nobres (N, P e K) não como um "agregado", mas individualmente. Especificamente, seus objetivos seriam: descrever a evolução do consumo de nutrientes no Estado no período 1948-72; determinar uma função de demanda de fertilizantes e através dela as elasticidades-preço da demanda, tanto a curto como a longo-prazo. Utilizando-se um modelo de regressão múltipla, as equações foram ajustadas através o método dos quadrados mínimos.

Foram consideradas como variáveis influenciando a demanda: o consumo de fertilizantes, defasado de um ano; os preços de fertilizantes; a área cultivada; o rendimento físico médio; os preços recebidos pelos produtos agrícolas; os preços pagos por insumos agrícolas, exceto fertilizantes; o crédito e a tendência.

Dentre todas as equações ajustadas, foram selecionadas as melhores, e através seus resultados foram determinadas as variáveis mais relevantes para a explicação da demanda de N, de  $P_2O_5$  e de  $K_2O$  no Estado de São Paulo.

### 1 - INTRODUÇÃO

relações de preços entre os produtos e os fatores modernos e tradicionais (mão-de-obra e terra).

#### 1.1 - Importância do Problema

O desenvolvimento do setor agrícola de um país implica no uso correto e racional de técnicas e insumos modernos. O grau de modernização da agricultura depende tanto da qualificação dos agricultores (conhecimentos técnicos, disponibilidade de recursos, espírito empresarial, etc.) como das

Os fertilizantes, dentre os insumos modernos, são dos grandes responsáveis pelos aumentos na produtividade da terra e na renda dos agricultores. Atuam como agentes incitantes do emprego de novas técnicas, que contribuem ainda mais para maiores rendimentos e lucros para o produtor rural. Representam uma das mais eficientes

- (1) Resumo da tese apresentada à ESA "Luiz de Queiroz" para obtenção do título de MS em Ciências Sociais Rurais, em 1974. Parte Integrante do Projeto IEA/1 - "Análise do Grau de Tecnificação da Agricultura Paulista". Liberado para publicação em 26 de novembro de 1974.
- (2) Professor Assistente na Universidade de Ohio e na ocasião Professor Colaborador no Departamento de Ciências Sociais Aplicadas da ESALQ/USP.

e simples ferramentas postas à disposição do homem para a obtenção das necessárias melhorias na produção e na qualidade dos alimentos.

Embora as estatísticas nacionais mostrem apreciáveis aumentos na produção interna de fertilizantes, na importação desses produtos e aumentos excepcionais no seu consumo, a realidade presente é que o emprego de adubos na agricultura brasileira é ainda muito reduzido, pelo fato de o consumo de fertilizantes químicos no país ser limitado a algumas regiões e a determinadas culturas.

Aumentos na área cultivada, abertura de novas fronteiras agrícolas, existência de novos mercados para fertilizantes nas zonas já cultivadas (pastagens e reflorestamento), cresci-

mento da procura interna e externa para produtos agrícolas e crescimento econômico do País com maiores investimentos nos setores de educação e saúde, bem como nos sistemas de transporte e comunicação e aperfeiçoamento tecnológico são fatores altamente favoráveis à ampliação do mercado brasileiro consumidor de fertilizantes.

No Estado de São Paulo, a prática de fertilização química do solo é bastante difundida, reconhecida e aceita por grande número de agricultores. Os níveis de consumo de fertilizantes por hectare arável, observados atualmente, já são comparáveis aos de regiões de agricultura bastante desenvolvida. O quadro 1 indica a posição do Estado em relação ao Brasil e outros países.

QUADRO 1. - Consumo de Fertilizante, em Nutrientes, por Hectare Arável, no Brasil, São Paulo e Vários Países (kg/ha)

Região	Ano	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Total
Brasil	1970/71	9,3	12,6	10,3	32,2
Norte	1970	2,6	0,3	2,7	5,6
Centro	1970	11,4	13,5	11,5	34,4
Sul	1970	8,1	25,6	12,9	46,6
São Paulo	1970	22,9	30,3	24,1	77,3
	1971	25,6	35,1	28,5	89,2
	1972	29,4	46,1	31,5	107,0
Nova Zelândia	1970/71	10,3	414,9	154,3	579,5
Taiwan	1970/71	177,6	49,0	69,3	295,9
França	1970/71	75,4	93,9	72,1	241,4
Israel	1970/71	75,6	34,3	25,7	135,6
Itália	1970/71	39,8	34,7	15,1	89,6
Estados Unidos	1970/71	40,7	24,6	21,5	86,8
Iugoslávia	1970/71	36,6	22,7	19,4	78,7
Espanha	1970/71	26,2	20,8	10,0	57,0
URSS	1970/71	19,8	9,5	11,1	40,4
Chile	1970/71	9,3	22,0	3,1	34,4
Índia	1970/71	9,0	2,8	1,4	13,2

Fonte: Annual Fertilizer Review, FAO, 1971 e Sindicato da Indústria de Adubos e Colas no Estado de São Paulo.

A agricultura paulista apresenta-se bastante diversificada e seus 21 principais produtos, relativamente ao grau de adiantamento técnico-econômico de suas explorações, são divididos em três grupos: o dos produtos modernos, o dos tradicionais e o daqueles em transição. No primeiro, enquadram-se os produtos para cuja obtenção utiliza-se tecnologia mais avançada, pois exigem condições especiais de solos, tratamentos culturais intensivos, adubação e combate constante a doenças e pragas. No grupo dos tradicionais, encontram-se os produtos para os quais se utiliza pouca tecnologia, pois são cultivados em áreas extensas do Estado e com certa disponibilidade de terra e mão-de-obra. No último grupo, estão aqueles em que o emprego de insumos e técnicas modernas está ocorrendo em proporções crescentes (14).

Nos últimos cinco anos, o crescimento da demanda aparente de fertilizantes no Estado de São Paulo foi da ordem de 134%. Estima-se para 1973 um consumo em torno de 680 mil toneladas de nutrientes e, para 1974, 768 mil toneladas, prevendo-se uma taxa de crescimento de 12,6% a.a. (15).

Contribuem para esse crescimento a situação favorável dos preços dos produtos agrícolas em relação aos dos fertilizantes, a adoção de práticas mais racionais de cultivo, representadas pelo uso de sementes melhoradas, de defensivos, etc., e também o reconhecimento por parte dos agricultores paulistas da necessidade de se utilizarem adubos para a recuperação da fertilidade dos solos das regiões de terras já cansadas e para a sua manutenção em áreas

novas. A facilidade de obtenção de crédito, a assistência técnica dispensada pelas firmas produtoras de fertilizantes e pela rede de engenheiros agrônomos regionais da Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI) da Secretaria da Agricultura e outros meios de divulgação também são responsáveis por uma utilização maior desse insumo.

O crescimento do consumo deve-se mais à intensificação de uso do que propriamente ao aumento da área. Assim, o consumo por unidade de área, que era da ordem de 45 kg/ha em 1968, passou em 1972 para 100,9 kg/ha, registrando-se um acréscimo de 124% no período. Estima-se para 1973 um consumo da ordem de 116,5 kg/ha cultivado com lavouras anuais e perenes, não incluindo áreas reflorestadas e em pastagens artificiais (15).

Nos aspectos da produção e da importação de fertilizantes, o Estado de São Paulo é também privilegiado, pois além de contar com o maior porto do País (Santos), possui também aquele que futuramente será o principal porto de desembarque de fertilizantes — o de São Sebastião. As principais fábricas produtoras de adubos do País, responsáveis pelo abastecimento de cerca de 75% das exigências nacionais, são aqui localizadas.

Análises estruturais de demanda e oferta de fatores de produção são importantes para a orientação de políticas de suprimento e preços dos próprios fatores, assim como de desenvolvimento econômico da agricultura. Embora se conheça pouco sobre elasticidades de demanda e oferta dos

vários fatores de produção, estudos econométricos de mercados para produtos agrícolas já datam de longo tempo. Devido à importância desse conhecimento é que se justifica esse trabalho, embora ele se atenha a analisar somente um fator de produção: os fertilizantes.

## 1.2 - Objetivos

Além de se relacionarem diretamente com a expansão da área cultivada, os aumentos na produção agrícola estão também estreitamente relacionados a uma intensificação no emprego de capital e insumos modernos. Os fertilizantes por si possuem um potencial de grande magnitude para elevar a produção da agricultura. Assim, o conhecimento da influência e do comportamento desses insumos é importante para o estabelecimento de medidas para acelerar a adoção de inovações que exigem dos agricultores a assimilação de novos conhecimentos, permitindo-lhes minimizar os seus custos de produção ou maximizar a sua receita líquida.

O objetivo geral deste trabalho é realizar um estudo da demanda de fertilizantes para o Estado de São Paulo. Serão considerados os fertilizantes não como um "agregado", mas como "nutrientes básicos das plantas", ou seja, os elementos nobres nitrogênio, fósforo e potássio serão analisados individualmente.

Mais especificamente, ter-se-ia como objetivos:

a) descrever a evolução do consumo

de "nutrientes básicos das plantas" no Estado de São Paulo;

b) determinar uma função de demanda de tais nutrientes para o Estado de São Paulo;

c) determinar a elasticidade-preço da demanda de tais nutrientes, tanto a curto como a longo prazo; e

d) fornecer orientação para novos estudos.

## 2 - FERTILIZANTES NO BRASIL E NO ESTADO DE SÃO PAULO

### 2.1 - Uso de Fertilizantes no Brasil

O quadro 2 mostra a evolução do consumo de fertilizantes no Brasil, no período 1950-72, bem como a participação das importações como uma percentagem do total utilizado em cada ano.

Durante muito tempo a produção interna de fertilizantes permaneceu praticamente estagnada sem que se realizassem investimentos de monta no setor, já que seu funcionamento dependia forçosamente da importação de matérias-primas e a dimensão do mercado consumidor brasileiro deixava muito a desejar.

A partir de 1966, o Brasil, valendo-se dos baixos preços de fertilizantes no mercado internacional, incentivou o seu uso, facilitando as importações. Com o acréscimo da demanda, houve um aumento progressivo das importações tanto em volume como em

proporção à produção nacional. Com referência aos fertilizantes nitrogenados, a produção interna, de 1965 a 1969, apresentou uma tendência de baixa, embora o consumo nesse mesmo período mostrasse um expressivo aumento. Em relação aos fosfatados, apesar do aumento da produção nacional, a proporção das importações também cresceu significativamente. Tal situação pode ser visualizada através dos dados do quadro 3.

Nessa mesma época, procurou-se também incentivar a produção nacional através das seguintes medidas: isenção de impostos de importação para maquinaria e equipamentos sem similar nacional, bem como de partes complementares à produção nacional; apoio financeiro por entidades oficiais de crédito, notadamente pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico (BNDE). Como diretriz, deveria ser seguida a orientação de que o

QUADRO 2. - Evolução do Consumo Aparente de Fertilizantes, no Brasil, 1950-72  
(tonelada de nutriente)

(tonelada de nutriente)

Ano	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Total	% de importações em relação ao total
1950	14.187	50.836	23.523	88.546	85
1951	18.561	73.569	28.709	120.389	88
1952	10.605	46.923	15.347	72.875	77
1953	20.579	64.816	31.226	116.621	85
1954	17.762	77.389	28.348	123.494	89
1955	22.951	88.575	49.523	161.049	84
1956	30.238	93.559	41.632	165.429	85
1957	28.558	118.689	60.189	207.436	79
1958	41.390	143.349	65.082	249.821	77
1959	44.785	124.005	57.425	226.215	65
1960	66.760	131.591	106.156	304.497	65
1961	55.064	118.689	70.727	244.557	61
1962	50.909	117.519	68.447	236.875	59
1963	65.212	156.818	92.015	314.045	65
1964	50.808	135.052	69.564	255.424	58
1965	70.569	120.097	99.732	290.398	66
1966	71.134	116.648	93.337	281.119	68
1967	103.382	204.606	136.937	444.925	74
1968	144.320	273.094	184.295	601.709	78
1969	164.430	265.667	200.290	630.387	79
1970	275.936	415.938	306.692	998.566	81
1971	278.324	535.864	350.846	1.165.034	59
1972	411.605	874.935	459.984	1.746.524	78

Fonte: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico (BNDE) e Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA).

QUADRO 3. – Evolução do Consumo Aparente, Produção Nacional e Importação de Fertilizantes, 1964-72  
(tonelada)

Ano	Nitrogênio (N)			Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )			Potássio (K <sub>2</sub> O)			Total (NPK)		
	Consumo aparente	Importação	Produção nacional	Consumo aparente	Importação	Produção nacional	Consumo aparente	Importação	Produção nacional	Consumo aparente	Importação	Produção nacional
1964	50.808	43.565	7.243	135.052	34.113	100.939	59.564	69.564	–	255.424	147.242	108.182
1965	70.569	56.124	14.445	120.097	37.219	82.878	99.732	99.732	–	290.398	193.075	97.323
1966	71.134	64.734	6.400	116.648	32.559	84.089	93.337	93.337	–	281.119	190.630	90.489
1967	103.382	95.497	7.885	204.606	95.654	108.952	136.937	136.937	–	444.925	328.088	116.837
1968	144.320	135.028	9.292	273.094	150.611	122.483	184.295	184.295	–	601.709	469.934	131.775
1969	164.430	157.970	6.460	265.667	137.869	127.798	200.290	200.290	–	630.387	496.129	134.258
1970	275.936	255.575	20.361	415.938	246.540	169.398	306.692	306.692	–	998.566	808.807	189.759
1971	278.324	209.156	69.168	535.864	124.381	411.483	350.846	350.846	–	1.165.034	684.383	480.651
1972	411.605	323.112	88.493	874.935	585.658	289.277	459.984	459.984	–	1.746.524	1.368.754	377.700

Fonte: Associação Nacional para Difusão de Adubos – ANDA.

Brasil, nos futuros projetos de unidades de fabricação de fertilizantes, partiria dos recursos naturais internos, levando em conta escalas de produção, capazes de permitir a competição com insumos importados, em condições normais de preços (1).

Os resultados desses incentivos à indústria nacional se fizeram sentir sob a forma de um aumento na produção nacional a partir de 1970 (quadro 3).

Assim, verifica-se que, em 1971, a participação da produção nacional de nitrogenados foi de cerca de 25%, como consequência da entrada em funcionamento de novas unidades de fabricação, e a da produção nacional de fosfatados da ordem de 77%. Em 1972, essas participações foram de 21,5% para os nitrogenados e de 33% para os fosfatados.

Para 1975, espera-se que a produção interna de fosfatados solúveis satisfaça 85% da demanda nacional e também que o Brasil nesse mesmo ano já seja auto-suficiente em relação aos nitrogenados. Quanto aos potássicos, devido à inviabilidade da exploração, a curto e a médio prazos, das jazidas descobertas em Sergipe, prevê-se que o Brasil continuará a depender totalmente das importações.

Várias medidas de caráter nacional, bem como a situação do mercado internacional de fertilizantes concorreram grandemente para o aumento do consumo e produção nacional de fertilizantes nestes últimos anos.

A política governamental de incentivo ao uso de fertilizantes procura desde 1957 atender a dois objetivos:

- a) oferecer fertilizantes a preços acessíveis aos agricultores de modo a promover e aumentar suas produções agrícolas; e
- b) estimular a indústria nacional de fertilizantes.

Em relação aos preços dos fertilizantes, sabe-se que no período 1962-69, os preços de alguns deles experimentaram queda em países dos quais o Brasil importava. Em fins de 1971, os preços na área internacional para certos fertilizantes apresentaram os mais altos níveis dos últimos anos, verificando-se uma forte escassez desses produtos.

O sulfato de amônio subiu de 15 dólares por tonelada em 1971 para 35 dólares no primeiro quadrimestre de 1972. A uréia que em 1970 e 1971 era ofertada em grandes quantidades, devido à elevação de seu preço para 54 dólares a tonelada em 1972, tornou-se produto de difícil aquisição. Os fosfatados, com a escassez da oferta, apresentaram drástica elevação de seus preços. Assim o DAP (fosfato di-amônio), que em 1971 custava 75 dólares a tonelada, passou para 92 dólares no primeiro semestre de 1972 e o superfosfato triplo de 50 para 73 dólares, nesse mesmo período (3).

Desse modo, a situação de excesso de oferta que se apresentava em 1970, quando os preços desceram a níveis bastante baixos, foi totalmente muda-

da para outra de escassez de oferta e alta de preços.

O quadro 4 mostra a evolução dos preços dos fertilizantes (em elementos nutrientes), dos preços recebidos pelos produtos agrícolas e dos preços pagos por insumos agrícolas (exceto fertilizantes) em termos de números índices em valores reais.

2.2 - Evolução dos Preços de Fertilizantes no Estado de São Paulo

QUADRO 4. - Evolução dos Índices de Preços Reais: Índice de Preços de Fertilizantes, Índice de Preços Recebidos e Índice de Preços Pagos pela Agricultura Paulista, 1948-72  
Base 1962-66 = 100

Ano	Índice de preços de fertilizantes			Índice de preços recebidos (16 produtos)	Índice de preços pagos (exclusive fertilizantes)
	Nitrogênio	Fósforo	Potássio		
1948	128,45	109,43	100,15	104,64	88,32
1949	119,94	92,31	107,54	107,26	86,13
1950	114,60	88,30	91,74	116,58	83,14
1951	103,26	91,93	89,57	112,76	83,81
1952	100,38	90,24	80,11	110,28	87,20
1953	81,09	72,67	64,44	119,80	90,00
1954	78,87	63,28	67,14	118,81	92,07
1955	92,70	76,80	79,37	115,95	90,39
1956	86,27	75,48	76,50	114,16	94,24
1957	74,61	68,51	63,38	108,84	89,37
1958	69,06	69,32	59,64	95,21	92,27
1959	70,99	69,58	45,51	90,07	98,63
1960	58,70	56,26	56,37	89,37	107,82
1961	68,92	91,37	81,66	92,54	107,11
1962	85,26	100,28	101,05	106,47	107,45
1963	89,23	103,01	96,57	103,90	102,87
1964	99,64	94,77	85,88	113,66	93,13
1965	128,56	110,49	124,65	89,78	98,59
1966	97,32	91,45	91,85	86,19	97,97
1967	75,00	71,37	70,25	78,66	89,46
1968	72,58	79,65	58,76	78,57	88,17
1969	70,30	77,66	56,44	91,29	90,28
1970	60,60	69,04	55,88	85,28	85,18
1971	61,63	66,71	65,05	89,87	103,88
1972	67,00	76,98	62,16	99,00	107,33

Fonte: Dados Básicos do Instituto de Economia Agrícola.



Analisando-o, nota-se, de maneira geral, uma queda tanto nos preços dos nutrientes como nos preços dos produtos agrícolas, embora essa queda não tenha sido uniforme durante todo o período. Observa-se também que essa queda é mais acentuada nos preços dos fertilizantes que nos de produtos agrícolas, tomando a relação preço de fertilizante/preço de produto agrícola mais favorável aos agricultores do Estado.

Os três elementos apresentaram uma queda drástica em seus preços até 1960, enquanto os produtos agrícolas apresentaram alta de preços até 1957, para daí até 1960 apresentarem decréscimos. De 1961 a 1965, os fertilizantes tiveram os seus preços majorados, atingindo o máximo no ano de 1965, sendo essa tendência acompanhada pela elevação dos preços dos produtos agrícolas até 1964. De 1966 a 1971, os preços dos fertilizantes caíram novamente, sendo acompanhados pela queda dos preços dos produtos agrícolas até 1970. Em 1972, os preços se elevaram de novo e essa tendência de alta irá perdurar ainda nos próximos anos, conforme informam as fontes oficiais, devido à situação do mercado de fertilizantes: escassez de matérias-primas e consequente alta de preços no mercado internacional.

Fazendo uma comparação entre os índices de preços dos nutrientes e os índices de preços pagos por outros insumos agrícolas, ambos em valores reais, nota-se que as variações ocorridas nestes últimos são de menor amplitude que as observadas nos primeiros. De

um modo geral, esses índices de preços pagos mostram-se mais elevados que os índices de preços de fertilizantes, desta maneira afetando, talvez, indiretamente, uma maior expansão do consumo de adubos no Estado de São Paulo.

De 1960 a 1962, o consumo de nitrogênio pela agricultura paulista passou de 45 mil toneladas para 34 mil toneladas, enquanto seus preços sofreram um acréscimo de 45,20%; o fósforo, nesse mesmo período apresentou uma variação de consumo de 69 mil toneladas para 79 mil toneladas, ao passo que seus preços elevaram-se de 78,10%; o potássio, apesar de não apresentar variação no consumo nos anos extremos, experimentou grande elevação de preços, elevação essa da ordem de 79,41%.

De 1962 a 1964, o índice de preços reais do nitrogênio passou de 85,26 para 99,64, indicando um acréscimo de 16,67%, enquanto o seu consumo manteve-se praticamente constante, indo de 34 mil para 35 mil toneladas. Nesse mesmo período, o fósforo apresentou um aumento na sua quantidade demandada de 11 mil toneladas, enquanto seus preços baixaram de 5,53%. O potássio apresentou redução, tanto em preços como em quantidade consumida, da ordem de 14,85% e 9,09%, respectivamente.

Em 1965, os índices de preços reais dos três nutrientes atingiram níveis máximos (128,56 para o nitrogênio, 110,49 para o fósforo e 124,65 para o potássio), ao passo que as quantidades consumidas variaram em relação a 1964 de + 34,29% para o

nitrogênio, de - 24,44% para o fósforo e de + 34,00% para o potássio.

Em 1966, apesar da queda nos preços dos nutrientes, não se verificou expansão do consumo, pois a agricultura paulista reduziu ainda mais a sua procura por fertilizantes. Essa redução foi da ordem de 19,15% para o nitrogênio, 7,94% para o fósforo e 20,90% para o potássio.

A seguir, a relação preço-consumo voltou a comportar-se logicamente até 1971, pois, a partir de 1972, apesar dos contínuos aumentos nas quantidades consumidas dos nutrientes, defronta-se com nova tendência de alta nos seus preços.

### 2.3 - Evolução do Consumo de Fertilizantes no Estado de São Paulo

O consumo aparente de fertilizantes aumentou em cerca de 25 vezes em todo o período em análise, isto é, de 1948 a 1972. Nos dois primeiros quinquênios (1948-52 e 1953-57) as taxas médias anuais de crescimento, em termos de NPK, foram respectivamente de 24,7% e 16,8%. Após esse período de grande expansão, seguiu-se outro em que as taxas anuais de crescimento caíram para 3,2% em 1958-62 e 3,5% em 1963-67. De 1968 para cá, essa taxa atingiu níveis bastante elevados, alcançando 23,7% ao ano. Em termos de macroelementos ou elementos nobres, todos eles apresentaram taxas de crescimento bem semelhantes nos cinco quinquênios do período, embora anualmente essas ta-

xas de crescimento diferissem bastante entre si.

O grande aumento verificado no último quinquênio (1968-72) resultou em praticamente uma triplicação na quantidade consumida de nitrogênio e uma duplicação nas de fósforo e potássio.

Uma análise da relação de consumo para o Estado de São Paulo evidencia que a utilização de fosfatados supera a de nitrogenados, muito embora tenha decrescido a proporção de fósforo e potássio em relação ao nitrogênio (quadro 5).

### 3 - REVISÃO DE LITERATURA

A revisão bibliográfica aqui apresentada restringe-se aos trabalhos que se julga serem os mais importantes sobre funções de demanda de fertilizantes e que serviram de base para esta pesquisa.

Uma revisão mais detalhada sobre o assunto pode ser encontrada em CIBANTOS (2).

GRILICHES (5) desenvolveu um modelo econométrico para estudar a demanda de fertilizantes nos Estados Unidos. Testou a seguinte hipótese: "o grande aumento no uso de fertilizantes pela agricultura americana pode ser largamente explicado pelo declínio do preço real dos fertilizantes". O modelo consistia de duas partes: uma função de demanda a curto prazo e uma equação de ajustamento. A função de demanda considera o uso de fertilizantes como uma função de todos

os preços de produto e insumos, permitindo que as quantidades de produto e insumos variem ao mesmo tempo. A forma funcional escolhida para estimar a função de demanda foi uma equação linear nos logaritmos das variáveis. A equação de ajustamento permite uma distinção entre elasticidades de curto e longo prazos, pois o ajustamento do

consumo (ou demanda) a uma variação no preço não se realiza em apenas um ano. Ele baseou seu modelo em trabalhos de Cagan, Friedman, Koych e principalmente em Nerlove.

Algebricamente o modelo é expresso no seguinte:

QUADRO 5. - Evolução da Proporção de Consumo de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O em Relação a N, Estado de São Paulo, 1948-72

1948-72			
Ano	N	P	K
1948	1	1,81	1,38
1949	1	2,65	1,72
1950	1	3,88	2,50
1951	1	3,27	1,81
1952	1	4,70	2,23
1953	1	1,85	1,91
1954	1	3,62	1,69
1955	1	4,07	2,50
1956	1	3,00	1,76
1957	1	2,77	1,73
1958	1	2,24	1,89
1959	1	2,03	1,35
1960	1	1,53	1,22
1961	1	2,09	1,20
1962	1	2,32	1,62
1963	1	2,14	1,43
1964	1	2,57	1,43
1965	1	1,45	1,43
1966	1	1,66	1,39
1967	1	1,79	1,36
1968	1	1,92	1,37
1969	1	1,40	1,16
1970	1	1,32	1,05
1971			
1972			

Fonte: Dados Básicos do Instituto de Economia Agrícola.

onde  $y_t^*$  é o consumo de fertilizantes desejado;  $x_1$ , o preço de fertilizantes relativo aos preços dos produtos agrícolas;  $x_2$ , o preço de fertilizantes relativo aos preços pagos por outros fatores de produção e  $u_t$ , um erro aleatório. As letras minúsculas representam os logaritmos das variáveis.

$$y_t^* = a_0 + a_1 x_{1t} + a_2 x_{2t} + u_t$$

Convertendo nas unidades originais, tem-se que a mudança percentual no consumo atual é uma função potência da diferença percentual entre o consumo desejado e o atual. Assim:

A equação de ajustamento é:

$$y_t - y_{t-1} = b(y_t^* - y_{t-1})$$

$$\frac{Y_t}{Y_{t-1}} = \left( \frac{Y_t^*}{Y_{t-1}} \right)^b$$

Substituindo a equação (1) em (2), tem-se:

$$y_t = b a_0 + b a_1 x_1 + b a_2 x_2 + (1 - b) a_3 y_{t-1} + b u_t$$

onde  $y_t$  é o consumo atual de fertilizantes e  $b$  é o coeficiente de ajustamento.

O coeficiente de ajustamento é a parcela de desequilíbrio entre o consumo atual e o consumo planejado a longo prazo que é eliminado em um ano. É obtido pela subtração do coeficiente de regressão de  $y_{t-1}$ , da unidade.

Utilizando esse modelo, Griliches apresentou vários trabalhos. Os mais importantes são a seguir apresentados.

GRILICHES (7) ao estudar a de-

manda de fertilizantes para os Estados Unidos, no período 1911-56, utilizou um modelo no qual a variável dependente (consumo de nutrientes de plantas) era uma função do preço real de fertilizantes, isto é, do preço unitário pago por nutrientes de plantas relativo aos preços dos produtos agrícolas, dos preços de outros fatores de produção e da quantidade consumida de nutrientes de plantas no ano anterior ao ano considerado. Seus objetivos eram:

- a) analisar a demanda de fertilizantes, para os Estados Unidos, sobre todo o período;

- b) analisar a demanda em nove regiões geográficas dos Estados Unidos, sobre todo o período;
- c) analisar a demanda de fertilizantes pela cultura do algodão, no período 1922-53, para os Estados Unidos e para o Estado de Mississippi;
- d) através de um corte seccional na série de tempo, estudar o uso de fertilizantes no ano de 1954, em 45 estados norte-americanos.

Os resultados do estudo, indicaram que:

- a) os preços pagos por outros fatores de produção apresentaram alta significância na explicação da variação no uso de fertilizantes por acre cultivado com algodão;
- b) a elasticidade-preço da demanda de fertilizantes na cultura de algodão foi menor que a elasticidade-preço da demanda de fertilizantes para os Estados Unidos, indicando que a fertilização na cultura de algodão é mais praticável que nas outras culturas;
- c) o coeficiente de ajustamento para o algodão é mais alto que o das outras culturas, indicando que a cultura de algodão responde mais rapidamente a mudanças de preços;
- d) as novas regiões americanas (Midwest e West) que utilizam fertilizantes apresentaram mais baixos coeficientes de ajustamento e mais altas elasticidades-preço que as velhas regiões (South);

e) no estudo "cross-section" o preço da terra e o preço do trabalho foram importantes para explicar a variação interestadual no uso de fertilizantes por acre cultivado, indicando que a terra é um substituto e trabalho um complemento para fertilizantes;

f) a elasticidade-preço estimada no modelo "cross-section", como era de se esperar, situou-se entre as elasticidades a curto e a longo prazos estimados nos modelos que abrangiam toda a série temporal; e

g) a diferença encontrada entre as elasticidades-preço do total de fertilizantes usado no algodão e do fertilizante usado por acre cultivado com algodão corresponde à elasticidade-preço de acres cultivados de algodão, ou melhor, à elasticidade da oferta de acres de algodão.

GRILICHES (6) para uma análise da demanda de fertilizantes, durante o período 1931-56, utilizou, como medida de consumo, os macronutrientes individuais ponderados pelos seus respectivos preços. Dividiu os Estados Unidos em nove regiões geográficas, para captar diferenças regionais no uso e na quantidade empregada dos três elementos (N, P e K). Os resultados indicaram substanciais diferenças regionais nas elasticidades-preço e nos coeficientes de ajustamento; todos os coeficientes de preço apresentaram o sinal esperado e foram todos maiores que os respectivos erros-padrão. Os coeficientes estimados foram também consistentes com as estimativas para os Estados Unidos como um todo, derivadas de um estudo de dados

1911-56. Os coeficientes de ajustamento foram menos satisfatórios e para muitas regiões mostraram-se muito mais baixos que os esperados. Esses baixos coeficientes de ajustamento foram devidos ao problema da multicolinearidade entre as variáveis. Durante o período, o preço real caiu vagarosamente sobre o tempo, resultando numa inter-correlação negativa entre as variáveis dependentes e independentes. As diferenças entre os nove coeficientes de elasticidade e de ajustamento, foram explicadas pelo seguinte:

- a) regiões que utilizam fertilizantes a mais tempo ajustam mais rapidamente seus consumos às mudanças de preços, isto é, apresentam coeficientes de ajustamento mais altos ; e
- b) a demanda para fertilizantes é mais elástica, no longo prazo, em regiões com baixos níveis de uso de fertilizantes. Um aumento no rendimento das culturas seria muito mais expressivo nas variações da demanda que uma variação nos preços reais; esse aumento de rendimento produzirá o mesmo efeito que as variações de preço provocam nas áreas com alto nível de fertilização.

HEADY e YEH (8) estudaram a demanda de fertilizantes comerciais e macronutrientes individuais, para os Estados Unidos e para determinadas regiões do mesmo país. Determinaram os coeficientes de elasticidade em relação a preço de fertilizantes, preço de produtos agrícolas, renda líquida da agricultura, área cultivada e tendência. Os modelos utilizados, para o

período 1926-56, foram: Cobb-Douglas, primeiras diferenças em logaritmos, forma linear e a forma quadrática. O modelo de Cobb-Douglas foi o que melhor se ajustou aos dados observados para explicar a demanda de fertilizantes comerciais para os Estados Unidos. Quanto aos macronutrientes (N, P e K) para todo o país, as melhores equações relacionaram a demanda com o índice de preços de fertilizantes, a renda recebida pelo agricultor, a área total cultivada e a tendência. Encontraram que os coeficientes de elasticidade-preço para os três macronutrientes são aproximadamente iguais, respectivamente para nitrogênio, fósforo e potássio, com os valores 0,449, 0,448 e 0,403; também que mudanças na renda dos agricultores produzem o mesmo efeito relativo na demanda dos três elementos; somente em relação à área cultivada e a tendência é que os três elementos apresentaram comportamento diferente. Os relativamente mais altos valores dos coeficientes de elasticidade para nitrogênio e potássio sugerem que a demanda para esses nutrientes tem crescido mais com o tempo que no caso do fósforo e essa mudança no uso de nutrientes também é explicada pelo uso das "misturas agregadas" de fertilizantes através do tempo, pois em ordem N-P-K, a relação 0,41 - 1,00 - 0,41, em 1926, passou para 0,85 - 1,00 - 0,83, em 1956.

HSU (10) estudou a demanda de fertilizantes em Taiwan no período 1950-66, para a cultura do arroz. Considerou os elementos nobres separadamente e utilizou dois modelos: um que denominou de "tradicional" e ou-

tro de retardamentos distribuídos, semelhante ao modelo elaborado por Griliches, em 1958. Para o nitrogênio, o fósforo e o potássio, os modelos econométricos foram:

$$N_t = a_0 + a_1 (P_n/P_r)_t + a_2 Y_{t-1} + a_3 T + e_t$$

$$N_t = a_0 b + a_1 b (P_n/P_r)_t + (1 - b)N_{t-1} + be_t$$

$$P_t = a_0 + a_1 N_t + a_2 (P_p/P_r)_t + a_3 (P_p/P_n)_t + a_4 T + a_5 Y_{t-1} + e_t$$

$$P_t = a_0 b + a_1 b N_t + a_2 b (P_p/P_r)_t + a_3 b (P_p/P_n)_t + (1 - b)P_{t-1} + be_t$$

$$K_t = a_0 + a_1 (P_k/P_r)_t + a_2 Y_{t-1} + a_3 T + e_t$$

$$K_t = a_0 b + a_1 b (P_k/P_r)_t + (1 - b) K_{t-1} + be_t$$

onde: N = quantidade de nitrogênio usada por hectare, em quilograma;

P = quantidade de fósforo usada por hectare, em quilograma;

K = quantidade de potássio usada por hectare, em quilograma;

$N_{t-1}$ ,  $P_{t-1}$  e  $K_{t-1}$  = o mesmo que N, P e K defasadas;

$P_n/P_r$  = preço do nitrogênio relativo ao preço do arroz;

$P_p/P_r$  = preço do fósforo relativo ao preço do arroz;

$P_k/P_r$  = preço do potássio relativo ao preço do arroz;

$P_p/P_n$  = preço do fósforo relativo ao preço do nitrogênio;

$Y_{t-1}$  = rendimento da cultura do arroz, defasado de um ano;

T = tendência;

e = termo de erro.

Para o nitrogênio, o modelo de ajustamentos retardados apresentou melhores resultados. O coeficiente de ajustamento foi da ordem de 0,683 e as elasticidades a curto e a longo prazos foram respectivamente de  $-2,027$  e  $-2,967$ .

Para o fósforo, o coeficiente de  $P_p/P_r$  foi positivo em todas as equações e para isto não se encontrou nenhuma justificativa teórica. O coeficiente de  $P_p/P_N$  foi negativo em todos os casos e isso sugere que existe algum grau de substituição entre nitrogênio e fósforo, de acordo com mudanças em seus preços. O coeficiente da variável tendência foi altamente significativo no modelo tradicional, indicando que a demanda de fósforo é primeiramente influenciada pelo tempo e não pelo seu preço relativo.

Para o potássio, também o coeficiente de  $P_k/P_r$  não foi significante, indicando que o preço relativo do potássio não é muito importante, embora no modelo de retardamentos apresente sinal negativo. A variável tendência foi muito importante em todas as equações, mais ainda que no caso do fósforo.

De uma maneira geral, concluiu que o preço do fertilizante é importante na demanda do nitrogênio, mas não na demanda de fósforo e potássio. A demanda desses últimos é determinada mais por um processo de aprendizagem de uso desses elementos do que por seus preços.

CIBANTOS (2) analisou a demanda de fertilizantes no Estado de São

Paulo, utilizando séries cronológicas que abrangiam o período 1948-71. Além do período completo (1949-71), analisou também os seguintes sub-períodos: 1949-71 (exclusive 1961-65), 1949-60 e 1966-71; essa divisão em sub-períodos foi feita, devido a uma variação observada entre os preços e quantidades de fertilizantes, no sub-período 1961-65, com características distintas da tendência normal. Os modelos econométricos utilizados pelo autor foram os já citados anteriormente, isto é, modelos de Griliches e Hsu. O modelo de ajustamento retardado foi o que melhor se ajustou para a estimativa da demanda de fertilizantes no Estado de São Paulo, relativamente ao modelo tradicional. Os resultados a que chegou com a pesquisa foram os seguintes:

a) no período completo (1949-71), a elasticidade da demanda para fertilizantes em relação ao preço real dos mesmos é  $-0,25$  a curto prazo e  $-2,48$  a longo prazo, isto é, a demanda de fertilizantes no Estado de São Paulo é relativamente inelástica a curto prazo e relativamente elástica a longo prazo. O coeficiente de ajustamento encontrado, com o valor 0,10, sugere que aproximadamente 10% do desequilíbrio entre o consumo atual e o consumo desejado de fertilizantes, a longo prazo, é eliminado em um ano;

b) no sub-período 1949-71 (exclusive 1961-65), os valores estimados para o coeficiente de preço, tanto a curto como a longo prazo, estão próximos dos valores observados no período completo, embora a sig-



nificância estatística da variável preço de fertilizantes tenha sido muito baixa;

- c) no sub-período 1949-60, os coeficientes de elasticidade-preço da demanda de fertilizantes foram  $-0,61$  e  $-1,74$ , respectivamente a curto e a longo prazo. O coeficiente de ajustamento foi de  $0,35$  indicando um ajustamento mais rápido do consumo, que o observado no período completo, e
- d) no sub-período 1966-71, os coeficientes de elasticidade-preço encontrados sugerem que a elasticidade da demanda de fertilizantes no Estado de São Paulo é relativamente elástica tanto a curto como a longo prazos, com valores respectivos de  $-1,60$  e  $-4,85$ . O coeficiente de ajustamento foi de  $0,33$  e os resultados encontrados foram todos estatisticamente significantes a níveis inferiores a 5%.

De um modo geral, concluiu que a demanda de fertilizantes é relativamente inelástica a curto prazo e relativamente elástica a longo prazo e que em relação aos preços reais ela se tornou mais elástica.

SEITEC PROJETOS E DESENVOLVIMENTO S. C. LTDA. (16) realizou um trabalho sobre os fertilizantes, intitulado Estudo Nacional de Fertilizantes. Este trabalho engloba uma série de estudos setoriais quanto à existência de recursos naturais como insumos à indústria de fertilizantes, aspectos agrônômicos quanto à fertilidade, motivação do agricultor para

adquirir adubos, tecnologia de produção internacionais e nacionais visando à evolução e produção de fertilizantes no Brasil, mercados nacional e internacional de fertilizantes para a determinação da oferta e demanda dos produtos e comercialização de adubos e sistema de informações permanentes para o setor. Elaborou uma metodologia para a programação da expansão da produção e consumo, fundamentando-se num nível de aplicação de  $80 \text{ kg/ha}$  de NPK para o Brasil, em 1980. Estabeleceu uma relação entre consumo de fertilizantes e renda agrícola, onde:

$$C = f(A, Y) ,$$

sendo, C = consumo aparente;

A = área cultivada;

Y = produto bruto da agricultura.

Os coeficientes para a área cultivada, nos modelos ajustados, não foram estatisticamente relevantes para a explicação do consumo, daí utilizar para as projeções do consumo futuro de fertilizantes os coeficientes do produto bruto da agricultura, isto é, as elasticidades-renda, que foram altamente significativas. Para o consumo total brasileiro, as elasticidades-renda do consumo aparente de fertilizantes encontradas foram:  $2,20$  para NPK,  $2,92$  para N,  $1,74$  para  $P_2O_5$  e  $2,57$  para  $K_2O$ .

O padrão médio de consumo regional foi analisado através da seguinte função:

$$C_{jt} = f(Y_{jt}, A_{jt}, D_1, D_2, D_1 Y_{jt}, D_1 A_{jt}, D_2 Y_{jt}, D_2 A_{jt}),$$

onde:  $C_{jt}$  = consumo na região j, no ano t;

$Y_{jt}$  = produto bruto da agricultura na região j no ano t;

$A_{jt}$  = área cultivada na região j, no ano t;

$D_1$  e  $D_2$  = variáveis "dummy" para captar diferenças regionais do consumo médio de fertilizantes, com valores:

$D_1 =$  1 para a região Centro  
0 para as regiões Norte e Sul

$D_2 =$  1 para a região Sul  
0 para as regiões Norte e Centro

$D_1 Y_{jt}, D_1 A_{jt}, D_2 Y_{jt}, D_2 A_{jt}$  = variáveis "dummy" para captar as diferenças na taxa de crescimento do consumo de fertilizantes entre as regiões.

Dos resultados obtidos chegou-se ao seguinte:

- |  |   |
|--|---|
| <p>a) as respostas do consumo de fertilizantes em relação a variações na renda, são altamente sensíveis, pois dada uma variação de 1,0% na renda, o consumo de NPK variará em torno de 1,6%, o de nitrogênio 1,9%, o de fósforo 1,2% e o de potássio 1,8%;</p> <p>b) com exceção dos fertilizantes fosfatados, o coeficiente da variável área cultivada apresentou razoável sig-</p> | <p>nificância estatística, mostrando que, a uma dada variação na área cultivada, os agricultores utilizam maior quantidade de fertilizantes; e</p> <p>c) a diferença na taxa de crescimento do consumo de fertilizantes da região Centro, com relação às regiões Norte e Sul, deve-se exclusivamente às variações na área cultivada. No caso dos fertilizantes potássicos, a diferença na taxa de crescimento do consumo da região Sul, com relação às regiões Norte e Centro, é devida à variável renda.</p> |
|--|---|

A estimativa da elasticidade-preço da demanda foi obtida através da função:

$$q_t = f(pr, q_{t-1})$$

onde,  $q_t$  = quantidade demandada no ano t;

$p_f$  = preço do fertilizante relativo ao preço recebido pelo agricultor;

$q_{t-1}$  = quantidade demandada no ano  $t-1$ .

Para a região Centro, os coeficientes de elasticidade-preço encontrados foram  $-0,45$  para o sulfato de amônia e  $-1,31$  para o cloreto de potássio, indicando que, a um aumento de 1% no preço relativo, a demanda cairá de  $0,45\%$  para o sulfato e de  $1,31\%$  para o cloreto. O coeficiente da variável quantidade demandada no ano  $t-1$  foi significativo, tanto para o sulfato como para o cloreto, mostrando que a demanda desses produtos sofre influência do nível de consumo verificado no passado.

Foi também estimada uma elasticidade-preço da demanda de fórmulas, ajustando-se a função:

$$q = a (P_f/P_p) \cdot e^u ,$$

onde,  $q$  = quantidade de adubos por hectare e por cultura;

$P_f/P_p$  = relativo de preços, sendo  $P_f$  o preço pago pelos agricultores pelas fórmulas e  $P_p$  o preço do produto agrícola;

$u$  = componente aleatória.

Do ajustamento dessa função concluiu-se que a uma dada elevação na relação preço do fertilizante — preço do produto agrícola de  $1,0\%$ , a utilização de adubos por parte dos agricultores decrescerá aproximadamente em  $0,53\%$ .

## 4. — METODOLOGIA

### 4.1 — Modelos Econométricos

A função de demanda será estimada através de um modelo de regressão logarítmica múltipla:

$$Y_i = b_0 \prod_{j=1}^m X_{ji}^{b_j} \cdot E_i$$

Linearizando-a através de uma transformação duplo-logarítmica, tem-se:

$$\log Y_i = \log b_0 + \sum_{j=1}^m b_j \log X_{ji} + \log E_i ,$$

onde,  $Y_i$  é a quantidade consumida no  $i$ ésimo ano;

$b_0$  é uma constante;

$b_j$  é o coeficiente de regressão parcial do  $\log X_j$ ;

$E_i$  é o erro multiplicativo.

A transformação duplo-log é comumente empregada porque permite assumir uma elasticidade constante entre  $Y$  e  $X$  e a simples aplicação de métodos lineares para os logaritmos das variáveis produz diretamente a estimativa de tal elasticidade (11).

No estabelecimento de um modelo de regressão linear pressupõe-se que (9):

a) a relação entre  $\log X_j$  e  $\log Y$  é linear;

b) os valores de  $X$  são fixos, isto é,  $X$  não é uma variável aleatória;

c) a média do erro é nula, isto é,  $E(e_i) = 0$ , sendo  $e_i = \log E_i$ ;

d) para qualquer valor dado de  $X$  a variância do erro  $e$  é sempre  $\sigma^2$ , denominada variância residual, isto é,

$$E(e_i^2) = \sigma^2$$

ou

$$E \left[ Y_i - E(Y_i/X_i) \right]^2 = \sigma^2 ;$$

e)  $E(e_i e_j) = 0$  para  $i \neq j$ , isto é, o erro de uma observação é independente do erro em outra observação. Essa premissa é frequentemente violada quando se trabalha com séries cronológicas;

f) o número de observações é maior que o número de parâmetros na equação de regressão; e

g) os erros têm distribuição normal:

$$e_i \sim N(0, \sigma^2)$$

Baseando-se em trabalhos de Griliches e de Hsu, e pelos resultados obtidos por Cibantos, adotaram-se aqui dois modelos para analisar a demanda de nutrientes de plantas ( $N$ ,  $P_2O_5$  e  $K_2O$ ) no Estado de São Paulo, modelos esses denominados de "tradicional" e de "defasagens distribuídas".

Tomando-se letras minúsculas para representar os logaritmos das variáveis, o modelo "tradicional", cuja denominação é devida a Hsu, pode ser representado do seguinte modo:

$$y_t = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n + e_t ,$$

onde,  $Y_t$  = consumo aparente ou demanda aparente de N ou  $P_2O_5$  ou  $K_2O$ ;

$X_1, X_2, \dots X_n$  = variáveis explicativas de  $Y_t$ ;

E = erro aleatório.

Retardamentos ou defasagens distribuídos surgem na teoria quando alguma causa econômica (por exemplo, uma mudança no preço) produz seu efeito (por exemplo, na quantidade demandada de um bem), não imediatamente, mas de maneira gradual, de modo que o efeito completo só se faz sentir depois que um período de tempo tenha passado, período esse, às vezes, bastante considerável.

A utilização de modelos de defasagens distribuídas em análises empíricas é relativamente antiga. Segundo Griliches, esse método origina-se em trabalhos de Cagan, Friedman, Koych e

Nerlove. O modelo consiste em duas partes: uma função de demanda e uma equação de ajustamento.

A função de demanda determina o uso de fertilizantes desejado, isto é, o equilíbrio do nível de uso a longo prazo. A equação de ajustamento admite que o agricultor se move na direção de eliminar o desequilíbrio entre o nível de uso atual e o nível de uso desejado a longo prazo.

Novamente, utilizando letras minúsculas para representar os logaritmos das variáveis, tem-se:

$$y_t^* = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + \dots + a_nx_n + u_t \quad (I)$$

onde:  $Y^*$  = consumo desejado ou de equilíbrio a longo prazo;

$X_1$  = preço médio real do elemento fertilizante;

$X_2, X_3, \dots X_n$  = variáveis que afetam o consumo de fertilizante, independentemente do seu preço;

u = termo de erro.

Sendo  $Y_t^*$  o consumo de fertilizante desejado, o modelo de Nerlove supõe que a variação efetiva que ocorre entre dois períodos é uma proporção da

diferença entre o nível desejado no período t e o nível efetivo que leceu no período precedente, t-1. Assim:

$$y_t - y_{t-1} = b(y_t^* - y_{t-1}) \quad (II)$$

onde,  $Y_t$  = consumo atual ou observado de adubos no ano considerado;

$Y_{t-1}$  = consumo observado no ano anterior;

$b$  = coeficiente de ajustamento.

Convertendo-se em unidades originais, a mudança percentual no consumo atual é uma função potência da diferença percentual entre o consumo desejado e o atual, isto é:

$$Y_t/Y_{t-1} = (Y_t^*/Y_{t-1})^b$$

Esse modelo de ajustamento de percentagens difere-se do modelo de

ajustamento linear (II), pois ele assume que a fração de desequilíbrio que é eliminada é menor quanto maior o desequilíbrio.

Uma equação como a (II) não pode ser estimada, pois o consumo de equilíbrio a longo prazo não pode ser observado. Pela substituição de I em II, tem-se a equação a ser estimada, pois todas as variáveis que a compõem são observáveis. Logo,

$$y_t - y_{t-1} = b (a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n + u_t) - y_{t-1}$$

$$y_t - y_{t-1} = ba_0 + ba_1x_1 + ba_2x_2 + \dots + ba_nx_n + bu_t - by_{t-1}$$

$$y_t = ba_0 + ba_1x_1 + ba_2x_2 + \dots + ba_nx_n + bu_t - by_{t-1} - y_{t-1}$$

$$y_t = ba_0 + ba_1x_1 + ba_2x_2 + \dots + ba_nx_n + (1-b)y_{t-1} + bu_t$$

O coeficiente de ajustamento (b) é a parcela de desequilíbrio entre o consumo atual e o consumo planejado a longo prazo que é eliminado em um

ano. É obtido pela subtração do coeficiente de regressão de  $y_{t-1}$  da unidade. Quanto mais próximo estiver de um, mais rápida será a convergência

para o equilíbrio. No caso particular em que  $b = 1$ , o ajustamento é instantâneo, isto é, verifica-se integralmente dentro de um ano, e as demandas de curto e de longo prazo coincidem (3).

Os coeficientes (ou elasticidades, no caso em que as variáveis se apresentam em forma logarítmica) da equação de demanda a longo prazo, são obtidos através da divisão dos coeficientes de curto prazo pelo coeficiente de ajustamento, já que este relaciona as elasticidades a curto e a longo prazos.

O ajustamento das equações estimativas da regressão múltipla será feito através da utilização do método dos quadrados mínimos (12). Da aplicação desse método serão estimados para cada modelo:

- a) um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) que explica percentualmente os efeitos do conjunto de variáveis independentes contidas no modelo, sobre a variável dependente. O efeito da regressão será testado pelo teste "F" que dá a significância estatística da contribuição das variáveis independentes na explicação da variável dependente; e
- b) os coeficientes de regressão parcial ( $b_{ij}$ ) das variáveis independentes consideradas, onde  $i$  está associado a cada variável dependente e  $j$  à respectiva variável independente. A hipótese de nulidade, isto é,  $b_{ij} = 0$ , será testada pelo teste "t" de Student.

As estimativas dos coeficientes obtidos através desse método são estatisticamente consistentes e não "viesadas".

Para testar a hipótese da ausência de correlação serial nos resíduos calculados utilizar-se-á estatística "d" de DURBIN-WATSON (11) e o teste da sequência de sinais. Embora o teste de DURBIN-WATSON não deva ser aplicado a equações contendo valores retardados da variável dependente entre as variáveis explicativas, nesse trabalho ele é utilizado devido à inexistência de outro melhor.

Os dados originais foram processados na Unidade de Processamento de Dados do Instituto de Pesquisas Econômicas da Universidade de São Paulo.

A seleção das melhores equações estimativas, será baseada nos seguintes critérios:

- a) consistência dos resultados com a teoria da demanda;
- b) significância estatística dos coeficientes de regressão;
- c) valor dos coeficientes de correlação entre as variáveis independentes; e
- d) magnitude do coeficiente de determinação.

#### 4.2 - Variáveis: Definição e Fontes

(3) O modelo "tradicional" situa-se neste caso, pois o consumo se ajusta instantaneamente.

#### 4.2.1 - Consumo aparente de fertilizantes

Mede-se o uso de fertilizantes pelas quantidades de nutrientes de plantas que eles contém e não pelo peso total de todos os fertilizantes consumidos. Como os três principais nutrientes de plantas são usados em diferentes proporções e suas taxas de variação de consumo diferem-se entre si com o passar do tempo, as quanti-

dades consumidas desses três nutrientes serão medidas separadamente.

Considera-se o consumo aparente, pois a inexistência de estatísticas sobre estoques impediu a correção desses dados para eliminar certas tendências da série.

Assim, esta variável será expressa da seguinte maneira, em mil toneladas por ano:

$N_t$  = consumo total aparente de N utilizado na agricultura paulista;

$P_t$  = consumo total aparente de  $P_2O_5$  utilizado na agricultura paulista ;

$K_t$  = consumo total aparente de  $K_2O$  utilizado na agricultura paulista.

As informações sobre essa variável foram obtidas junto à Associação Nacional da Difusão de Adubos.

exógena, uma vez que determinado por fatores externos ao modelo, é predeterminado pelas firmas que operam no mercado de fertilizantes.

#### 4.2.2 - Consumo aparente de fertilizantes, defasado de um ano

Corresponde à variável anterior, medida com um retardamento, que no presente caso é de um ano.

Para se chegar aos preços dos nutrientes, utilizou-se a série de preços pagos por fertilizantes, referentes a preços de venda na cidade de São Paulo, obtida junto ao Instituto de Economia Agrícola. Os fertilizantes considerados para a construção da série de preços de N, de  $P_2O_5$  e de  $K_2O$  são os seguintes:

#### 4.2.3 - Preço de fertilizantes

O preço dos fertilizantes é um dos elementos de maior peso sobre as decisões da agricultura para indicar ou intensificar o seu emprego. Assim, ele é considerado uma das principais variáveis que determinam o volume de fertilizantes comprado pelos agricultores. É considerado uma variável

- a) nitrogenados - salitre do Chile, sulfato de amônia e nitrocálcio;
- b) fosfatados - superfosfato simples e superfosfato triplo; e
- c) potássicos - cloreto de potássio.

Através de ponderações, relativas a



cada fertilizante, obteve-se a série de índices de preços dos nutrientes. A base de comparação utilizada foi o período 1962-66 = 100 e os índices foram corrigidos pelo "índice 2" da Conjuntura Econômica e expressam valores de 1971.

#### 4.2.4 - Área cultivada

Admite-se para o Estado de São Paulo que variações na extensão da área cultivada estão diretamente ligadas ao consumo de fertilizantes.

Para a análise, considerou-se a área cultivada referente às dezesseis principais culturas do Estado, a saber: algodão, laranja, batata, tomate, soja, cana-de-açúcar, café, milho, amendoim, mandioca, cebola, banana, chá, feijão, arroz e mamona

A série de dados foi obtida junto ao Instituto de Economia Agrícola e está expressa em números índices, tendo como base o período 1962-66 = 100.

#### 4.2.5 - Rendimento físico médio

Esta variável deve estar também diretamente relacionada à quantidade demandada de fertilizantes, pois admite-se que o bom rendimento da produção agrícola do ano anterior incentiva o agricultor a utilizar os fertilizantes.

Assim como a área cultivada, o rendimento físico médio foi considerado em números índices e referentes às dezesseis principais culturas do

Estado. Foram obtidos pelo método de PAASCHE, ponderando-se o índice de rendimento de cada produto pela respectiva área cultivada de cada ano. Têm como base o período 1962-66 = 100. Também foram obtidos junto ao Instituto de Economia Agrícola.

#### 4.2.6 - Preços recebidos pelos produtos agrícolas

Os preços dos produtos agrícolas vigentes no ano anterior influenciam diretamente o consumo de fertilizantes no ano seguinte, pois, quanto melhor o preço recebido pelo produtor, mais propenso ele deve estar a utilizar adubos. Assim, a relação preço de produto agrícola e preço de fertilizantes estimula ou desestimula o agricultor para a compra de fertilizantes.

Esses preços pertencem aos dezesseis principais produtos ou culturas do Estado. Estão na forma de índices, obtidos pelo método de Laspeyres, com bases de ponderação e comparação no período 1962-66 = 100 e corrigidos pelo "índice 2" da Conjuntura, expressando valores de Cr\$ de 1971. Foram fornecidos pelo Instituto de Economia Agrícola.

#### 4.2.7 - Preços pagos por insumos agrícolas, exceto fertilizantes

Esta variável foi incluída, pois sabe-se que a melhoria da produtividade, devida a outros fatores de produção, deve estimular direta ou indiretamente o uso de fertilizantes.

A série de preços pagos foi derivada da série de preços pagos pela agricultura paulista, que representa 53,70% do dispêndio do agricultor. Desses 53,70%, 3,62% são gastos com fertilizantes e os 50,08% restantes gastos com máquinas e equipamentos, inseticidas e fungicidas, vacinas e medicamentos, combustíveis e lubrificantes, utensílios e ferramentas, construções e reparos, serviços comprados, alimentos de origem vegetal e animais de trabalho e produção. Os números índices relativos a essa série de preços têm também como base comparativa o período 1962-66 = 100 e foram igualmente corrigidos pelo "índice 2" expressando valores de 1971. A fonte de tais dados é o Instituto de Economia Agrícola.

#### 4.2.8 - Crédito

Junto aos preços de fertilizantes, destaca-se o papel do crédito para a aquisição de fertilizantes, pois, devido aos seus altos preços, o emprego de adubos representa uma fração importante dentro dos custos de produção dos agricultores que os utilizam; assim um apoio financeiro, por parte das entidades competentes, encoraja o produtor rural a comprar fertilizantes.

Esta variável será medida com o auxílio de uma variável binária para levar em conta os deslocamentos da demanda que ocorreram durante os sete anos da série em que se está usando o crédito para a compra de fertilizantes. Ela assume os seguintes valores:

0—para o período 1948-65, em que se

verifica a ausência do sistema creditício;

1—para o período 1966-72, período de funcionamento do sistema.

Com tais valores, essa variável capta possíveis diferenças entre os dois períodos.

#### 4.2.9 - Tendência

Incluiu-se esta variável com o fim de englobar as mudanças tecnológicas ocorridas na agricultura paulista, no período em análise. Inicia-se com 1948 = 0 e representa a sequência anual da série de dados.

## 5 - ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 5.1 - Equações Seleccionadas para Explicar a Demanda de Nitrogênio

As equações I e II, pertencentes aos modelos "tradicional" e de retardamentos distribuídos, respectivamente, foram as que melhor explicaram a demanda desse elemento no Estado de São Paulo, durante o período em análise.

Em relação aos valores do teste "F", ambas as equações apresentaram coeficientes de determinação ( $R^2$ ) estatisticamente significantes aos níveis de 0,5% (equação I) e de 0,1% (equação II), podendo-se, pois, rejeitar a hipótese nula de que os dados observados não se ajustam ao modelo. As regressões, são, portanto, consideradas significativas.

As variáveis dependentes incluídas nessas equações apresentaram os sinais dos coeficientes condizentes com a teoria econômica, isto é, todos os coeficientes mostraram os sinais esperados. O quadro 6 apresenta as características dessas regressões.

Na equação I, todas as variáveis revelaram poder explicativo bastante alto, com exceção da variável  $P_{pg}$  (preços pagos por insumos agrícolas, exclusive fertilizantes).

A variável D – variável auxiliar para captar a influência do crédito – foi significativa ao nível de 0,5% de probabilidade, indicando que o crédito constitui uma variável das mais importantes para explicar a demanda de nitrogênio. Através dela foi medido o deslocamento da função, para cima, a partir de 1966. Assim a intersecção da função que no período em que não se dispunha do crédito para a compra de fertilizantes (1948-65) apresentou um coeficiente da ordem de  $-4,6711$ , enquanto que de 1966 para cá esse coeficiente passou para  $-4,3606$ .

A variável  $P_N$  – preço médio real do nitrogênio – apresentou coeficiente significativo ao nível de 5%, sugerindo que um decréscimo de 10% no preço real desse elemento ocasionaria um aumento no seu consumo por parte dos agricultores da ordem de 6,7%. Portanto, a elasticidade-preço do nitrogênio, a curto prazo, é  $-0,6747$ .

As variáveis A – área cultivada – e T – tendência – apresentaram significância estatística de 10% e 2,5%, respectivamente, e um coeficiente de

correlação simples da ordem de 0,82. Embora relativamente alto esse  $r_{A.T}$ , as variáveis permaneceram na equação, pois ambas são consideradas relevantes para o modelo, e  $r_{A.T} < R$  (coeficiente de correlação múltipla da regressão). Essa decisão foi tomada levando-se em consideração a abordagem de KLEIN (13) sobre o problema da multicolinearidade.

O teste de DURBIN-WATSON detectou a ausência de autocorrelação serial a um nível de 1%. Ao mesmo chegou o teste da sequência de sinais.

Na equação II, todos os coeficientes mostraram significância estatística aos níveis usuais. Embora as variáveis T,  $N_{t-1}$  e A apresentassem valores altos para seus coeficientes de correlação simples, permaneceram na equação, pois novamente aqui adotou-se o critério de Klein.

A significância da variável auxiliar permite deduzir que há uma diferença no consumo do nitrogênio, entre o período em que não se dispunha de crédito e aquele em que sua utilização se fez sentir.

A elasticidade-preço do N, a curto prazo, apresenta um valor de  $-0,4775$ , indicando que, a um decréscimo de 10% no preço desse elemento, os agricultores respondem com um aumento na quantidade consumida da ordem de aproximadamente 4,78%.

O coeficiente da variável consumo retardado é 0,5718 e o coeficiente de ajustamento, 0,43, aproximadamente, sugerindo que 43% das diferenças entre

consumo e equilíbrio a longo prazo são eliminados em um ano. A elasticidade-preço a longo prazo é  $-1,1151$ , mostrando que, "coeteris paribus", um decréscimo de 10% no preço do nitrogênio, em dado ano, estaria associado a um aumento de 11,15% no seu consumo.

O teste de DURBIN-WATSON, aplicado a essa regressão, mostrou-se inconclusivo quanto à ausência de autocorrelação, enquanto o teste de sequência de sinais indicou a ausência de autocorrelação serial estatisticamente significativa nos resíduos calculados.

Dos resultados econômicos obtidos através dessas equações, pode-se inferir que o consumo de nitrogênio pelos agricultores paulistas é afetado pelas variáveis: consumo do ano anterior, preço do elemento, crédito, tendência, área cultivada e preço de outros insumos agrícolas.

Outras variáveis foram testadas, mas os resultados obtidos não foram melhores que os aqui apresentados.

## 5.2 - Equações Seleccionadas para Explicar a Demanda de Fósforo

O quadro 7 apresenta as duas melhores equações explicativas da demanda desse elemento no Estado de São Paulo. A equação I pertence ao modelo "tradicional" e a equação II ao modelo de ajustamentos retardados.

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) foi de 0,8372, para a equação I, o que significa dizer que as variáveis independentes na equação estariam expli-

cando 84% da variação na quantidade demandada de fósforo. Os valores obtidos para o teste "t" demonstram que o coeficiente de regressão da variável preço médio real de  $P_2O_5$  é estatisticamente significativa ao nível de 20% de probabilidade; o de área cultivada ao nível de 0,05%; o de rendimento físico médio ao nível de 30% e o da variável binária ao nível de 0,05%. A única variável que se apresentou com sinal contrário ao esperado foi a variável rendimento físico médio e, para essa inversão, teoricamente, não há uma justificativa.

A análise de variância da regressão múltipla ( $F = 24,432$ ) demonstrou que o coeficiente de correlação múltipla é diferente de zero ao nível de 1% de probabilidade.

Os resultados dessa equação sugerem que, "coeteris paribus", uma diminuição de 10% no preço do fósforo, em dado ano, estaria associado a um aumento de 4,25% no seu consumo. Portanto, a elasticidade-preço para esse elemento a curto prazo é  $-0,425$ .

A partir de 1966, observou-se um deslocamento, para cima, da função, medido pela variável binária, mostrando que, também para o fósforo, o crédito é variável de grande importância para explicar o seu consumo. O coeficiente de intersecção da função passa de  $-6,4677$  (período 1948-65) para  $-6,1377$  (período 1966-72).

O teste de DURBIN-WATSON foi inconclusivo quanto à existência de correlação serial nos resíduos a 5% e a

1%. O teste de sequência de sinais, embora menos poderoso que o primeiro, determinou a inexistência de autocorrelação residual.

A equação II, significativa a 0,1% de probabilidade, apresentou coeficiente de determinação da ordem de 0,9399. Novamente, nessa equação é encontrada a inversão do sinal do coeficiente da variável rendimento físico médio. Os coeficientes das demais variáveis apresentaram-se todos com o sinal esperado.

Com a inclusão da variável consumo retardado, verificou-se um aumento de significância para o coeficiente da variável preço real do fósforo, enquanto que a variável área cultivada e a variável auxiliar tiveram suas significâncias diminuídas, em relação à equação I.

O coeficiente de elasticidade-preço a curto prazo é de  $-0,3144$  e o coeficiente de ajustamento é igual a  $0,4131$ , obtendo-se através deste uma elasticidade-preço a longo prazo da ordem de  $-0,7611$ . O coeficiente de ajustamento sugere que 41% das diferenças entre consumo e equilíbrio a longo prazo são eliminados em um ano.

Por seu lado, o coeficiente de elasticidade-preço a longo prazo sugere que, "coeteris-paribus", um decréscimo de 10% no preço real do fósforo, em dado ano, estaria associado a uma elevação de seu nível de uso de 7,6% aproximadamente.

O coeficiente da variável binária,

significativo ao nível de 0,5% de probabilidade, mostra que há diferenças significativas entre os períodos 1948-65 e 1966-72. Através dessa variável, o coeficiente de intersecção da função passa de  $-1,5178$  para  $-1,3459$ , mostrando que a função foi deslocada para cima, a partir do ano em que se implantou o sistema de crédito para a compra de fertilizantes.

O teste de DURBIN-WATSON apresentou-se inconclusivo quanto à existência de autocorrelação serial nos resíduos tanto a 5% quanto a 1%. O teste de sequência de sinais, demonstrou a ausência de autocorrelação nos resíduos da função estimada.

Tanto para a equação I como para a equação II, não houve problemas de multicolinearidade entre as variáveis, pois os coeficientes de regressão parciais foram relativamente pequenos em valor.

Dos resultados obtidos através de duas equações, infere-se que o consumo de  $P_2O_5$  no Estado de São Paulo é influenciado diretamente pela área cultivada, pelo crédito para a compra de fertilizantes e por seu consumo no ano anterior e inversamente pelo seu preço real.

### 5.3 - Equações Seleccionadas para Explicar a Demanda de Potássio

Para explicar a demanda de potássio no Estado de São Paulo, foram escolhidas as equações apresentadas no quadro 8.

QUADRO 6. - Resultados da Análise de Regressão Múltipla: Demanda de Nitrogênio no Estado de São Paulo, 1948-72 (1)

Equação I (em log)

$$N_t = -4,6711 - 0,6747 P_N^{****} + 1,0173 P_{pg}^{**} + 2,5015 A^{***} + 0,3105 D^{+++} + 0,4526 T^+ \\ (-1,8159) \quad (0,9221) \quad (1,5469) \quad (3,7116)$$

$R^2 = 0,9202$                        $Dw = 1,6452$                        $F = 41,535^{+++}$

Equação II (em log)

$$N_t = -0,4079 - 0,4775 P_N^{***} + 0,8981 A^* + 0,1279 D^{***} + 0,5718 N_{t-1}^{+++} + 0,1897 T^{**} \\ (-1,5011) \quad (0,6176) \quad (1,5264) \quad (2,9201)$$

$R^2 = 0,9433$                        $Dw = 2,8248$                        $F = 59,917^{++}$

Variáveis

- $N_t$  = consumo aparente de nitrogênio;
- $P_N$  = preço médio real de nitrogênio;
- $P_{pg}$  = índice geral de preços pagos por insumos agrícolas, exclusive fertilizantes;
- $A$  = área cultivada (16 produtos);
- $D$  = variável auxiliar;
- $N_{t-1}$  = o mesmo que  $N_t$ , retardado de um ano;
- $T$  = tendência

Níveis de significância: \* para 30%; \*\* para 20%; \*\*\* para 10%; \*\*\*\* para 5%; + para 2,5%; ++ para 1%; +++ para 0,5% ou menos.

QUADRO 7. — Resultados da Análise de Regressão Múltipla: Demanda de Fósforo no Estado de São Paulo, 1948-72

Equação I (em log)

$$P_t = -6,4677 - 0,4253 P_p^{***} + 5,2004 A^{+++} - 0,6245 R^* + 0,3300 D^{+++}$$

$$\begin{matrix} & (-1,1745) & (6,5162) & (-1,1122) & (4,1982) \end{matrix}$$

$$R^2 = 0,8372 \quad Dw = 1,2852 \quad F = 24,432^{+++}$$

Equação II (em log)

$$P_t = -1,5178 - 0,3144 P_p^{***} + 1,8499 A^+ - 0,4000 R^* + 0,1710 D^{+++}$$

$$\begin{matrix} & (-1,3860) & (2,3633) & (-1,1342) & (3,0307) \end{matrix}$$

$$+ 0,5869 P_{t-1}^{***}$$

$$(5,5486)$$

$$R^2 = 0,9399 \quad Dw = 1,5857 \quad F = 56,346^{+++}$$

Variáveis:

$P_t$  = consumo aparente de fósforo;

$P_p$  = preço médio real do fósforo;

$A$  = área cultivada;

$R$  = rendimento físico médio;

$D$  = variável auxiliar;

$P_{t-1}$  = o mesmo que  $P_t$ , no ano anterior

Níveis de significância: \* para 30%; \*\* para 20%; \*\*\* para 10%; \*\*\*\* para 5%; + para 2,5%; ++ para 1%; +++ para 0,5% ou menos.

QUADRO 8. - Resultados da Análise de Regressão Múltipla: Demanda de Potássio no Estado de São Paulo, 1948-72 (1)

Equação I (em log)

$$K_t = -7,9691 - 0,6349 P_K^{++} + 1,2525 P_{pg}^{*} + 4,7706 A^{***} - 0,5843 R$$

(-2,6531)
(1,2276)
(4,5358)
(-1,0413)

$$+ 0,3702 D^{+++}$$

(4,3797)

$R^2 = 0,8982$

$Dw = 2,0623$

$F = 31,763^{+++}$

Equação II (em log)

$$K_t = 3,8336 - 0,3022 P_K^{*} + 2,6544 A^{+} + 0,1597 D^{+} + 0,4931 K_{t-1}^{++}$$

(-1,2515)
(2,1936)
(2,3538)
(2,8752)

$R^2 = 0,9218$

$Dw = 2,9451$

$F = 56,010^{+++}$

Variáveis:

$K_t$  = quantidade demandada de potássio;

$P_K$  = preço real do potássio;

$P_{pg}$  = preço pago por insumos agrícolas, exceto fertilizantes;

$A$  = área cultivada

$R$  = rendimento físico médio

$D$  = variável binária

$K_{t-1}$  = o mesmo que  $K_t$ , no ano anterior.

(1) Níveis de significância: \* para 30%; + para 20%; \*\* para 10%; \*\*\* para 5%; + para 2,5%; ++ para 1%; +++ para 0,5% ou menos.



Variáveis:

$K_t$  = quantidade demandada de potássio;

$P_K$  = preço real do potássio;

$P_{pg}$  = preço pago por insumos agrícolas, exceto fertilizantes;

$A$  = área cultivada;

$R$  = rendimento físico médio;

$D$  = variável binária;

$K_{t-1}$  = o mesmo que  $K_t$ , no ano anterior.

Níveis de significância: \* para 30%; \*\* para 20%; \*\*\* para 10%; \*\*\*\* para 5%; + para 2,5%; ++ para 1%; +++ para 0,5% ou menos.

A equação I, significativa ao nível de 0,5% de probabilidade, apresenta um  $R^2$  da ordem de 0,8982. Com exceção da variável  $R$  – rendimento físico médio – as variáveis revelaram-se altamente significativas e os sinais observados para seus coeficientes de acordo com a relação esperada.

A variável  $D$  – variável auxiliar – a, de mais alta significância estatística na regressão, confirma como para os outros dois elementos – nitrogênio e fósforo – a importância do crédito para a compra de fertilizantes a partir de 1966, mostrando que há uma diferença significativa entre os períodos de ausência e presença de crédito para a compra do potássio pelos agricultores do Estado.

A elasticidade-preço do potássio, a curto prazo, estimada através dessa equação, apresenta um valor de  $-0,6349$ .

A estatística de Durbin-Watson bem como o teste da sequência de sinais mostraram a ausência de correlação serial nos resíduos calculados da equação.

Pela equação II, tem-se que 92% das variações ocorridas na quantidade demandada de potássio são explicadas pelo preço real do elemento, pela área cultivada, pela quantidade demandada de potássio no ano anterior e, a partir de 1966, pela presença do crédito para a compra de fertilizantes.

Nessa equação, todos os coeficientes das variáveis apresentaram-se com os sinais esperados e altamente significativos.

A elasticidade-preço do potássio, a curto prazo, é de  $-0,3022$ . O coeficiente da variável consumo retardado  $-K_{t-1}$  é  $0,4931$  e o coeficiente de ajustamento  $-b$  é  $0,5069$ , indicando que praticamente 51% das diferenças entre consumo e equilíbrio a longo prazo são eliminadas em um ano e 49% posteriormente.

A elasticidade-preço a longo prazo é  $-0,5962$ , sugerindo que a um decréscimo de 10% no preço real do potássio, em dado ano, associa-se um aumento na sua quantidade demandada de aproximadamente 6%.

O teste de Durbin-Watson foi in-

conclusivo quanto à existência de autocorrelação serial negativa nos resíduos a 5% e a 1%. O teste de sinais chegou à ausência de autocorrelação serial.

Devido ao problema de alta multicolinearidade entre as variáveis consumo defasado e tendência, esta última não foi mantida em nenhuma das equações do modelo recursivo ajustadas, pois o valor do coeficiente de correlação simples entre tais variáveis sempre excede o R múltiplo da regressão. No caso de não se incluir a variável defasada (modelo tradicional) a variável tendência sempre aparece com sinal negativo, para o que não se conhece uma justificativa teórica.

De acordo com a equação II, tem-se que o consumo de potássio é afetado primeiramente pela quantidade desse elemento consumida no ano anterior, seguindo-se pela área cultivada e pelo crédito a partir de 1966 e por último pelo seu preço real.

#### 5.4 - Análise Comparativa Entre os Elementos

Uma análise geral dos resultados obtidos através do modelo tradicional sugere que:

a) os valores obtidos para os coeficientes de elasticidade-preço são sempre menores que a unidade, sugerindo uma demanda relativamente inelástica com relação aos preços dos elementos fertilizantes. Também em relação a esses coeficientes, verifica-se que os preços reais do nitrogênio e do potássio são bastante influentes em suas quantidades demandadas,

não ocorrendo o mesmo com o fósforo;

- b) em relação aos preços pagos por outros insumos agrícolas (exceto fertilizantes), nota-se uma pequena resposta do nitrogênio e do potássio. Quando essa variável é incluída para explicar a demanda de fósforo, ela aparece com o sinal contrário ao esperado e destituída de qualquer significância;
- c) variações no mesmo sentido da área cultivada são muito mais importantes na explicação da demanda de fósforo de que na de nitrogênio e na de potássio; os valores obtidos para os coeficientes dessa variável — área cultivada — sugerem uma relação relativamente elástica com o consumo de nutrientes de plantas;
- d) com relação ao rendimento físico médio, obtiveram-se coeficientes com baixa significância estatística. Com certa limitação pode-se dizer que ele revela uma relação relativamente inelástica com o consumo de fósforo e de potássio. Em relação ao nitrogênio, não se obteve uma medida de sua influência;
- e) os valores dos coeficientes da variável auxiliar, para os três elementos, sugerem um deslocamento para cima, a partir de 1966, da função de demanda; e
- f) a variável tendência é significativa na demanda de nitrogênio. Devido ao seu alto grau de correlação com o consumo defasado, foi omitida das equações de demanda de fósforo e de potássio.

Passando aos resultados obtidos pelo modelo de defasagens distribuídas, tem-se:

- a) os coeficientes da variável preço médio real dos elementos apresentaram valores bastante semelhantes para o fósforo e o potássio, tal não se verificando em relação ao nitrogênio; todos eles são menores do que a unidade, sugerindo, pois, uma demanda relativamente inelástica a curto prazo;
- b) os coeficientes de ajustamento sugerem uma convergência para o equilíbrio mais rápida do potássio do que o nitrogênio e o fósforo;
- c) a longo prazo, pode-se dizer que a demanda de nitrogênio é relativamente elástica enquanto que a de fósforo e a de potássio são relativamente inelásticas em relação aos preços, sendo a de fósforo menos inelástica que a de potássio;
- d) as respostas do consumo em relação às variações na área cultivada são mais sensíveis em relação ao potássio e ao fósforo do que em relação ao nitrogênio; e
- e) através da significância estatística dos coeficientes da variável auxiliar, foi verificado também para este modelo um deslocamento da função de demanda dos três elementos para cima, a partir de 1966, ano esse em que se institucionalizou o sistema de crédito para a compra de fertilizantes.

De uma maneira geral, pode-se dizer

que tanto o modelo tradicional como o modelo de retardamentos distribuídos se ajustaram bem para explicar a demanda de nutrientes de plantas no Estado de São Paulo, embora este último apresente resultados mais satisfatórios.

## 6 – CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos e pelas informações colhidas durante o andamento da pesquisa pode-se inferir que:

- a) a tendência do consumo de nitrogênio, de fósforo e de potássio no Estado de São Paulo é de aumento. Durante o período 1948-72 o consumo aparente total (N-P-K) aumentou em cerca de 25 vezes;
- b) a utilização de fertilizantes fosfatados pela agricultura paulista supera a de nitrogenados e a de potássicos, embora a proporção de fósforo e potássio em relação ao nitrogênio tenha decrescido;
- c) o consumo de fertilizantes em 1972, em kg/ha de elementos nutrientes, foi de 29,4 para os nitrogenados, 46,1 para os fosfatados, 31,5 para os potássicos e 107,0 para NPK. Esses números evidenciam que o Estado de São Paulo encontra-se em nível acima da média do país, e que tal nível já pode ser comparado àqueles das regiões de agricultura desenvolvida;
- d) a relação relativamente desfavorável entre os preços dos produtos agrícolas e os preços reais pagos pelos insumos (exceto fertilizantes), vi-

gente no período em análise, dificultou uma maior utilização de fertilizantes, pois benefícios advindos destes dependem também do emprego de insumos complementares;

- e) a tendência do preço real dos três nutrientes foi de baixa nos últimos anos, o que condicionou o aumento do uso de fertilizantes no Estado. Em 1972, fez-se notar uma tendência de alta nos preços, mas mesmo assim o consumo continua a expandir-se;
- f) a produção nacional tanto de nitrogenados como de fosfatados tende a expandir-se. Espera-se que em 1975 a produção interna de fosfatados solúveis satisfaça 85% da demanda nacional; também espera-se, para esse mesmo ano, a auto-suficiência do Brasil em relação aos nitrogenados;
- g) a instituição do sistema de crédito para a compra de fertilizantes em 1966, com a criação do FUNFERTIL, provocou um aumento considerável no uso de fertilizantes pela agricultura paulista daquela data até o presente. A influência do programa foi medida neste trabalho através da variável binária ("dummy variable"), que captou diferenças significativas entre os períodos "antes FUNFERTIL" e "pós FUNFERTIL";
- h) uma análise dos dados referentes à área cultivada do Estado de São Paulo, quando relacionados ao consumo de fertilizantes, permite inferir que o aumento do nível de consumo deve-se mais a uma intensificação de uso do que a um aumento de área, pois, enquanto o consumo elevou-se em cerca de 25 vezes durante o período em análise, a área cultivada não chegou a expandir-se, em duas vezes;
- i) as estimativas obtidas pelas equações I (modelo tradicional), sugerem que o preço médio real dos elementos é uma variável relevante na explicação da demanda de nitrogênio e potássio e de razoável significância na de fósforo. Em todas as equações o coeficiente da variável preço foi sempre negativo, de acordo com o esperado. A queda secular dos preços reais de fertilizantes no período analisado pode ser responsabilizada pela importância dessa variável na explicação da demanda;
- j) a influência da variável tendência só foi medida na demanda de nitrogênio, apresentando-se bastante significativa no modelo tradicional. Pelo fato de estar altamente correlacionada com o consumo defasado de fósforo e de potássio e com a área cultivada, ela foi omitida dos modelos para esses dois elementos. Mesmo assim pode-se afirmar que a tendência influencia bastante o consumo de fertilizantes pela agricultura paulista;
- k) a variável rendimento físico médio das principais culturas não apresentou resultados estatisticamente significativos. Somente na demanda de fósforo é que parece exercer

alguma influência, mesmo assim baixa, além de aparecer sempre com o sinal negativo;

l) a variável preços recebidos pelos produtos agrícolas, incluída na maioria das equações, apresentou-se significativa para os três elementos, embora sempre com o sinal contrário ao esperado (sinal negativo) para o que não se encontrou uma justificativa teórica. Tal inversão também foi encontrada por CIBANTOS (2);

m) a área cultivada é variável relevante na explicação da demanda dos três nutrientes. No modelo tradicional seu coeficiente aparece altamente significativo, sendo parte dessa significância perdida quando se inclui a variável consumo retardado, pois esta última absorve parte de sua explicação;

n) da mesma forma que nos estudos em que se baseou este trabalho, o modelo de ajustamento retardado ajustou-se melhor na estimativa da demanda de elementos fertilizantes no Estado de São Paulo, relativamente ao modelo tradicional; e

o) os resultados obtidos através das equações do modelo de retardamentos sugerem, para os três nutrientes, uma relação inversa entre preço real de nutrientes e o consumo, num dado ano, e uma relação direta entre o consumo no ano anterior e o consumo no ano considerado:

— para o nitrogênio, encontrou-se um

coeficiente de ajustamento igual a 0,43, sugerindo que, aproximadamente 10% do desequilíbrio entre o consumo atual e o desejado, a longo prazo, é eliminado em um ano. A elasticidade da demanda para nitrogênio em relação ao preço real é  $-0,48$ , a curto prazo, e  $-1,12$ , a longo prazo. Portanto, a demanda de nitrogênio mostra-se relativamente inelástica a curto prazo, isto é, a uma variação de 10% no preço real do nitrogênio, num dado ano, "coeteris paribus", é de se esperar uma variação de 4,8% em sentido inverso no seu consumo. A longo prazo, a demanda é relativamente elástica, isto é, a um decréscimo de 10% no preço real do nitrogênio, num dado ano, "coeteris paribus", responde-se com um aumento na quantidade consumida da ordem de 11,2%;

— para o fósforo, o coeficiente de ajustamento encontrado foi da ordem de 0,41, bastante próximo do valor encontrado para o coeficiente de ajustamento do nitrogênio. A elasticidade-preço da demanda de fósforo em relação ao preço real é  $-0,31$ , a curto e  $-0,76$ , a longo prazo. Assim, tanto a curto como a longo prazo, a demanda de fósforo é relativamente inelástica;

— o potássio apresentou um coeficiente de ajustamento igual a 0,51, diferindo relativamente dos valores dos coeficientes encontrados para o nitrogênio e o fósforo. Esse valor permite uma convergência para o equilíbrio mais rápido do potássio do que o nitrogênio e o fósforo. A elasticidade-preço da demanda de potássio em relação ao preço real é  $-0,30$  a curto prazo

(bastante próxima à elasticidade-preço do fósforo), e  $-0,60$ , a longo prazo, concluindo-se, pois, que a demanda de potássio mostra-se relativamente inelástica, tanto a curto como a longo prazo;

— tanto para o nitrogênio e fósforo, bem como para o potássio, a influência do sistema creditício foi altamente significativa, medida pelas variáveis binárias. A partir de 1966, a presença do sistema de crédito provocou uma mudança estrutural na função de demanda dos três nutrientes, isto é, a função foi deslocada para cima. Tal mudança reflete a importância que o

crédito assume em relação à procura de fertilizantes. Também a alta significância dessa variável parece estar contribuindo para as elasticidades menores do que 1, encontradas a longo prazo para o fósforo e o potássio.

— com as devidas limitações, este trabalho pretendeu mostrar as modificações que estão ocorrendo com o consumo de nutrientes de plantas no Estado de São Paulo. Em relação aos preços reais, a demanda de nitrogênio se está tornando mais elástica, enquanto a de fósforo e a de potássio menos inelástica.

## STRUCTURAL RELATIONS OF FERTILIZER DEMANDS IN THE STATE OF SÃO PAULO

### SUMMARY

Fertilizer use represents one of the most efficient means by which agricultural productivity can be increased. Because of its importance in increasing productivity, this study examines the demand for fertilizers in the state of São Paulo not in the aggregate but for individual elements (N, P, K). The specific objectives are: to describe the evolution of fertilizer use in the state between 1948 and 1972; and estimate demand functions for fertilizer and determine short and long-run price elasticities. The multiple regressions were fitted using ordinary least squares.

The independent variables used were: lagged consumption of fertilizers, area cultivated, yield, prices received by farmers, prices paid by farmers (excluding fertilizer prices), credit, and a trend term.

From the estimated functions, the best were selected which gave an idea of the most relevant variables which determine the demand for N,  $P_2O_5$ , and  $K_2O$  in the state of São Paulo.

## LITERATURA CITADA

1. BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. EAPA/SUPLAN. Identificação e avaliação preliminar da política de estímulos à produção e uso de fertilizantes. Brasília, DF, 1972. (1.º Relatório).
2. CIBANTOS, Jubert S. Demanda de fertilizantes no Estado de São Paulo Piracicaba, SP, ESALQ/USP, 1972. (Tese de doutoramento).
3. EM BUSCA da auto-suficiência. Dir. Rurl, 11 (7/8): 12-32, jul/ago. 1972.
4. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, Roma. Annual fertilizer review. Roma, 1971.
5. GRILICHES, Zvi. The demand for fertilizers: an economic interpretation of a technical change. Jour. Farm Econ., 40 (3): 591-606, aug. 1958.
6. \_\_\_\_\_. The demand for inputs in agriculture and a derived supply elasticity. Jour. Farm Econ., 41 (2): 309-322, may 1959.
7. \_\_\_\_\_. Distributed lags, disaggregation and regional demand functions for fertilizer. Jour. Farm Econ., 41 (1): 90-102, feb. 1959.
8. HEADY, E. O. & YEH M. H. National and regional demand functions for fertilizer. Jour. Farm Econ., 41 (2): 332-348, may 1959.
9. HOFFMANN, Rodolfo. Análise de regressão: uma introdução à econometria, parte I. Piracicaba, SP, ESALQ/USP, 1973. p. 5-6. (Série Didática, 30).
10. HSU, Robert C. The demand for fertilizer in a developing country: the case of Taiwan, 1950-66. Econ. Dev. & Cult. Change, 20 (2): 299-305, feb. 1972.
11. JOHNSTON, J. Econometric methods. 2nd ed. New York, McGraw-Hill, 1972.
12. \_\_\_\_\_. Métodos econométricos. Trad. Seiki Kaneko Endo. São Paulo, Atlas, 1971.
13. KLEIN, Lawrence R. An introduction to econometrics. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1962.
14. SÃO PAULO. SECRETARIA DA AGRICULTURA. INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. Desenvolvimento da agricultura paulista. São Paulo, 1972.
15. \_\_\_\_\_. Prognóstico: ano agrícola 73/74. São Paulo, 1973.
16. SEITEC, PROJETOS DE DESENVOLVIMENTO S. C. Ltda., São Paulo. Estudo nacional de fertilizantes. São Paulo, BNDE, IPEA, ANDA, jan. 1973.