

## DEMANDA DE FERTILIZANTES NO BRASIL: UMA ANÁLISE REGIONAL<sup>1/</sup>

Fátima Marília Carvalho del Giudice<sup>2/</sup>  
Teotônio Dias Teixeira<sup>2/</sup>  
Antonio Lima Bandeira<sup>2/</sup>  
Dilson Seabra Rocha<sup>2/</sup>

### 1. INTRODUÇÃO

Embora seja reconhecida a importância do uso de fertilizantes na transformação da agricultura, o consumo médio por hectare de área cultivada, no Brasil, sempre foi menor que o de outros países (2, 7). Contudo, considerando somente os países da América do Sul, o Brasil destaca-se como o maior consumidor de fertilizantes por hectare cultivado, tendo apresentado, em 1974, o consumo médio de 58 quilos/hectare (3).

Para suprir a crescente demanda de fertilizantes, o País depende da importação de matéria-prima e de nutrientes em grande escala, visto que apenas uma parcela é produzida internamente. Essa necessidade de importação reflete-se negativamente na balança de pagamentos.

Objetivando anular a defasagem existente entre demanda e produção nacional de fertilizantes, o Governo passou a adotar uma política de proteção à indústria nacional, pelo contingenciamento das importações. Por outro lado, porém, o preço final dos fertilizantes produzidos internamente tem sido mais elevado que o preço do produto importado. Visando a facilitar a compra de fertilizantes pelos agricultores, outras medidas foram adotadas, como a retirada da taxa de juros de 15% ao ano sobre as compras a crédito, medida que prevaleceu do segundo semestre de 1974 até o final de 1975. Em abril de 1975, o Governo Federal criou o subsídio de 40% aos preços de fertilizantes, para o agricultor, retornando o inci-

<sup>1/</sup> Artigo baseado na tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, pelo primeiro autor, como exigência para obtenção do grau de «Magister Scientiae».

Recebido para publicação em 29-01-1982.

<sup>2/</sup> Departamento de Economia Rural da U.F.V. 36570 Viçosa, MG.

dência de encargos bancários de 15% ao ano. Entretanto, em dezembro de 1976, o Conselho Monetário Nacional determinou a cessação desse subsídio, retirando novamente a taxa de juros de 15% ao ano.

Considerando a quantidade consumida de fertilizantes, o Brasil está dividido em três regiões: Norte/Nordeste, Centro e Sul (14). Essa divisão tem como justificativa básica o fato de haver em cada um dos principais portos importadores de fertilizantes e de matérias-primas, Santos, Recife e Rio Grande, estruturas de abastecimento, de fabricação e de distribuição que criam, nas zonas de influência de cada um desses portos, um mercado com características próprias (4).

A distribuição do consumo de fertilizantes nas três regiões faz-se de maneira bastante heterogênea: a região Centro tem elevada porcentagem de consumo (61%), a região Sul consome cerca de 30% e, contrastando com esses dados, tem-se um consumo de NPK de aproximadamente 9% do total consumido no País na região Norte/Nordeste, índice bem abaixo da média das duas outras regiões.

Uma análise do comportamento das relações entre os nutrientes básicos, N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, mostra que os solos brasileiros são mais carentes de fósforo.

A crescente evolução do consumo de fósforo na agricultura brasileira deve-se, entre outros fatores, à incorporação gradativa de áreas novas, deficientes em fósforo, ao processo produtivo, à recuperação dos cerrados e à formação de pastagens, que, igualmente, necessitam de grande quantidade de fósforo (8, 14).

Observa-se situação semelhante quando se faz, separadamente, essa mesma análise para as três regiões, Norte/Nordeste, Centro e Sul.

As taxas de deficiência de fósforo nos Estados da região Norte/Nordeste tendem a aumentar à medida que se caminha do Ceará para Alagoas, concentrando-se os maiores problemas nas áreas litorâneas, no Agreste e nas serras úmidas. Os solos dos Estados de Sergipe e Bahia chegam a apresentar índice de pobreza de fósforo da ordem de 92% (2). A relação entre os três nutrientes, nessa região, é, em média, de 1,00: 1,85: 1,32, no período considerado no estudo.

Os solos da região Centro também são muito carentes de fósforo, e a relação média regional é de 1,00: 1,82: 1,29, no período analisado. Contribui para isso a existência de grandes áreas de cerrado, áreas de baixo teor de fósforo, localizadas principalmente nos Estados de Minas Gerais, Mato Grosso e Goiás.

Para a região Sul, a relação média entre os nutrientes é a seguinte: 1,00: 4,18: 1,60. Essa região apresenta relativa carência de potássio, sendo a de fósforo bem mais pronunciada. O Estado do Rio Grande do Sul é o mais carente de fósforo na região.

O objetivo geral deste trabalho é estudar a procura de fertilizantes nessas três regiões. Os objetivos específicos são os seguintes: a) estimar uma função de demanda para cada nutriente (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O) e uma função de demanda total (NPK) para cada uma das regiões mencionadas; b) determinar e analisar as respectivas elasticidades, a curto e longo prazo; c) fazer análises comparativas das funções de demanda estimadas para cada uma das regiões e verificar as principais diferenças regionais, em termos de consumo médio de fertilizantes.

Os dados utilizados referem-se à série temporal de 1959 a 1976 e foram obtidos nas seguintes instituições: Instituto de Economia Agrícola do Estado de São Paulo, Ministério da Agricultura, Sindicato de Adubos e Colas do Estado de São Paulo, Associação Nacional para Difusão de Adubos, Fundação Getúlio Vargas, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Programa Nacional de Fertilizantes e Calcário Agrícola.

As três regiões estudadas estão caracterizadas do seguinte modo:

Região Norte/Nordeste — compreende os Estados do Amazonas até a Bahia, com a distribuição do consumo de fertilizantes concentrada na faixa litorânea. O

uso de adubos químicos (NPK) é muito baixo, sendo o consumo da região, aproximadamente, de 9% do total brasileiro, com um índice médio de utilização de fertilizantes de 13,3 kg/ha (5).

O consumo de NPK concentra-se basicamente no Estado de Pernambuco — maior consumidor — Alagoas e Bahia, responsáveis por 95% do consumo regional (6).

Na região Norte/Nordeste, somente a cultura de cana absorve 90% dos fertilizantes consumidos (8), sendo, portanto, a única dessa região considerada neste trabalho.

Região Centro — dentre as regiões brasileiras é a que mais se destaca na utilização de fertilizantes, consumindo aproximadamente 61% do total brasileiro. A região abrange os Estados de MG, ES, RJ, PR, SP, MS, MT, GO e DF.

De acordo com CONJUNTURA ECONÔMICA (8), as principais culturas consumidoras na região, absorvendo 88% do total de fertilizantes, são café (24%), milho (12%), cana-de-açúcar (21%), arroz (9%), algodão (13%) e batata (9%).

Região Sul — o consumo de fertilizantes vem crescendo de maneira surpreendente nos últimos anos. Atualmente, a região já absorve cerca de 30% do total consumido no Brasil. Isso se deve ao incremento da produção de trigo e soja, culturas altamente exigentes de fertilizantes. Dos dois Estados (SC e RS) que compõem a região, o Rio Grande do Sul destaca-se como maior consumidor.

Além do trigo e da soja, responsáveis por 78% do consumo de fertilizantes na região, considera-se ainda a cultura do arroz, que consome cerca de 15% do total (8).

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Considerações Conceituais e Econométricas

Metodologicamente, pode-se estimar a demanda de fertilizantes de duas maneiras básicas:

(1) Derivada da função de produção. Esse procedimento consiste em maximizar uma função de lucro, sujeita a uma função de produção, pressupondo a existência de competição perfeita nos mercados de fator e de produto. Deve-se notar que tal procedimento implica pressuposições bastante restritivas, como maximização de lucro e retornos constantes à escala.

(2) Diretamente. Consiste em estimar a demanda de fertilizantes diretamente com base numa série de dados e não implica as restrições supramencionadas. Aqui, podem-se diferenciar dois modelos básicos: um de ajustamento dinâmico ou de defasagens distribuídas e um estático tradicional. Esses modelos foram usados em vários trabalhos de demanda de fertilizantes por GRILICHES (9), HOMEM DE MELO (10), CIBANTOS (5), HSU (11), PESCARIM (13) e SIDHU *et alii* (15).

Neste trabalho, optou-se pela estimativa direta da demanda de fertilizantes, em razão das considerações próprias de cada procedimento e, ainda, da não-disponibilidade de dados suficientes para a estimativa de funções de produção agrupadas para cada região.

A forma funcional escolhida para ajustamento dos dados foi a forma potencial, linear nos logaritmos das variáveis. A transformação duplo-log normalmente é usada para estimar funções de demanda, porque fornece uma elasticidade constante e permite obtenção direta dos coeficientes das elasticidades (12).

O modelo econômico utilizado neste trabalho para estimar funções de demanda dos nutrientes mostra que o consumo do elemento mais importante, isto é, o mais deficiente no solo, exerce influência nas quantidades demandadas dos ou-

tos relativamente menos carentes. Ocorrendo variação no consumo do primeiro, as quantidades consumidas dos outros dois também variam, o que mantém a fertilização balanceada (11).

As principais variáveis explicativas consideradas neste estudo foram: consumo aparente de fertilizantes, consumo aparente de fertilizantes defasado de um ano, preço de fertilizantes, em relação ao preço recebido pelos agricultores, rendimento físico médio, área cultivada e tendência. A definição e operacionalização dessas variáveis são mostradas no Apêndice.

A variável preço dos outros insumos relacionados, que, possivelmente, estaria influenciando a demanda de fertilizantes, não foi incluída, em razão da dificuldade de conseguir os dados necessários para as regiões estudadas.

## 2.2. Equações Estimadas

As equações de demanda de cada nutriente e total são definidas a seguir.

### 2.2.1. Demanda de Fósforo

As considerações anteriores permitem concluir que, para cada uma das três regiões analisadas, assim como para todo o Brasil, o fósforo é o elemento mais importante para o solo.

#### Modelo de Ajustamento Estático

$$\ln Q_{Pit} = \ln a_0 + a_1 \ln (P_{tP})_{it} + a_2 \ln R_{it-1} + a_3 \ln A_{it} + a_4 \ln T_i + \ln E_{it}.$$

O subscrito  $i$  significa região, sendo  $= 1$  (região Norte/Nordeste);  $= 2$  (região Centro) e  $= 3$  (região Sul), em que

$Q_{Pit}$  = quantidade demandada de fósforo no ano  $t$ ;  $(P_{tP})_{it}$  = preço de fósforo, em relação ao preço recebido pelos agricultores no ano  $t$ ;  $R_{it-1}$  = rendimento físico médio defasado de um ano;  $A_{it}$  = área total no ano  $t$ ;  $T_i$  = tendência;  $E_{it}$  = termo de erro.

#### Modelo de Ajustamento Dinâmico

O modelo de ajustamento dinâmico difere do modelo estático no sentido de que uma mudança no preço ou noutra variável independente não produz efeito imediato na quantidade demandada, mas efeito gradualmente distribuído no tempo. Esse modelo permite a obtenção das elasticidades de demanda a curto e longo prazo.

O modelo compõe-se de duas equações: (1) uma função de demanda a longo prazo, que expressa o consumo desejado de equilíbrio a longo prazo:

$$\ln Q_{Pit}^* = \ln a_0 + a_1 \ln (P_{tP})_{it} + a_2 \ln R_{it-1} + a_3 \ln A_{it} + a_4 \ln T_i + \ln E_{it} \quad (a)$$

em que  $Q_{Pit}^*$  = consumo desejado de fósforo ou nível de equilíbrio a longo prazo; e (2) uma equação de ajustamento:

$$\ln Q_{Pit} - \ln Q_{Pit-1} = \alpha (\ln Q_{Pit}^* - \ln Q_{Pit-1}) \quad (b)$$

em que  $Q_{Pit-1}$  = quantidade demandada de fósforo na região  $i$ , defasada de um ano;  $\alpha$  = coeficiente de ajustamento.

Por ser a variável  $Q_{Pit}^*$  não-observável, obtém-se a equação final (c) pela substituição de (a) em (b):

$$\ln Q_{Pit} = \alpha \ln a_0 + a_1 \alpha \ln (P_{rP})_{it} + (1 - \alpha) \ln Q_{Pit-1} + a_2 \alpha \ln R_{it-1} + a_3 \alpha \ln A_{it} + a_4 \alpha \ln T_i + \alpha \ln E_{it}. \quad (c)$$

### 2.2.2. Demanda de Potássio

Dos três macronutrientes, o potássio ocupa o segundo lugar em termos de importância para os solos brasileiros.

#### Modelo de Ajustamento Estático

$$\ln Q_{Kit} = \ln a_0 + a_1 \ln (P_{rK})_{it} + a_2 \ln Q_{pit} + a_3 \ln (P_K/P_P)_{it} + a_4 \ln R_{it-1} + a_5 \ln A_{it} + a_6 \ln T_i + \ln E_{it}.$$

em que  $Q_{Kit}$  = quantidade demandada de potássio no ano  $t$ ;  $(P_{rK})_{it}$  = preço de potássio, em relação ao preço recebido pelos agricultores, no ano  $t$ ;  $(P_K/P_P)_{it}$  = preço de potássio, em relação ao preço de fósforo, no ano  $t$ .

A variável  $Q_{pit}$  aparece na demanda de potássio, na tentativa de captar a influência da quantidade demandada de fósforo no consumo desse nutriente. A relação  $P_K/P_P$  indica a possibilidade de substituição de um elemento pelo outro.

#### Modelo de Ajustamento Dinâmico

Utilizou-se na estimativa da demanda de potássio, nitrogênio e NPK o mesmo procedimento usado para obter a equação de demanda final de fósforo.

A equação final de demanda de potássio foi a seguinte:

$$\begin{aligned} \ln Q_{Kit} = & \alpha \ln a_0 + a_1 \alpha \ln (P_{rK})_{it} + (1 - \alpha) \ln Q_{Kit-1} + \\ & + a_2 \alpha \ln Q_{pit} + a_3 \alpha \ln (P_K/P_P)_{it} + a_4 \alpha \ln R_{it-1} + \\ & + a_5 \alpha \ln A_{it} + a_6 \alpha \ln T_i + \alpha \ln E_{it}. \end{aligned}$$

### 2.2.3. Demanda de Nitrogênio

Dos três macronutrientes, o nitrogênio ocupa o 3.º lugar, uma vez que os solos brasileiros são menos carentes desse macronutriente, daí seu uso em menor proporção.

Com objetivo análogo ao apresentado para a demanda de potássio, aparecem na equação de demanda de nitrogênio as variáveis  $Q_{pit}$  e  $P_N/P_P$ , para captar a influência da quantidade demandada de fósforo no consumo de potássio e para indicar a possibilidade de substituição dos dois elementos.

#### Modelo de Ajustamento Estático

$$\begin{aligned} \ln Q_{Nit} = & \ln a_0 + a_1 \ln (P_{rN})_{it} + a_2 \ln Q_{pit} + a_3 \ln (P_N/P_P)_{it} + \\ & + a_4 \ln R_{it-1} + a_5 \ln A_{it} + a_6 \ln T_i + \ln E_{it}. \end{aligned}$$

em que  $Q_{N\text{it}}$  = quantidade demandada de nitrogênio no ano  $t$ ;  $(P_{rN})_{it}$  = preço de nitrogênio, em relação ao preço recebido pelos agricultores, no ano  $t$ ;  $(P_N/P_P)_{it}$  = preço de potássio, em relação ao preço de fósforo, no ano  $t$ .

### *Modelo de Ajustamento Dinâmico*

A equação final de demanda de nitrogênio foi a seguinte:

$$\begin{aligned} \ln Q_{N\text{it}} = & \alpha \ln a_0 + a_1 \alpha \ln (P_{rN})_{it} + (1 - \alpha) \ln Q_{N\text{it-1}} - 1 + \\ & + a_2 \alpha \ln Q_{P\text{it}} + a_3 \alpha \ln (P_N/P_P)_{it} + a_4 \alpha \ln R_{it-1} + \\ & + a_5 \alpha \ln A_{it} + a_6 \alpha \ln T_i + \alpha \ln E_{it}. \end{aligned}$$

#### 2.2.4. *Demanda de NPK*

### *Modelo de Ajustamento Estático*

$$\begin{aligned} \ln Q_{(NPK)it} = & \ln a_0 + a_1 \ln (P_{rNPK})_{it} + a_2 \ln R_{it-1} + a_3 \ln A_{it} + \\ & + a_4 \ln T_i + \ln E_{it}, \end{aligned}$$

em que  $Q_{(NPK)it}$  = quantidade demandada de NPK, no ano  $t$ ;  $(P_{rNPK})_{it}$  = preço de NPK, em relação ao preço recebido pelos agricultores, no ano  $t$ .

### *Modelo de Ajustamento Dinâmico*

A equação final de demanda de NPK foi a seguinte:

$$\begin{aligned} \ln Q_{(NPK)it} = & \alpha \ln a_0 + a_1 \alpha \ln (P_{rNPK})_{it} + (1 - \alpha) \ln Q_{(NPK)it-1} - 1 + \\ & + a_2 \alpha \ln R_{it-1} + a_3 \alpha \ln A_{it} + a_4 \alpha \ln T_i + \alpha \ln E_{it}. \end{aligned}$$

Os coeficientes de ajustamento –  $\alpha$  – indicam as proporções de desequilíbrio entre consumo atual e consumo planejado, a longo prazo, eliminadas em um ano. Quanto mais próximos estiverem de um, mais rápido será o ajustamento. Nos casos em que forem iguais a um, os ajustamentos das quantidades consumidas de fertilizantes serão obtidos em um ano.

As elasticidades de procura a longo prazo são calculadas pela divisão das estimativas das elasticidades a curto prazo pelos respectivos coeficientes de ajustamento.

Para calcular o tempo suficiente para que se verifique o pleno ajustamento do consumo de fertilizantes, ocorrendo uma mudança em alguma variável independente, foi usada a seguinte expressão:

$$(1 - \alpha)^t = C$$

em que  $\alpha$  é o coeficiente de ajustamento do consumo de fertilizantes;  $t$  é o período de tempo necessário para total ajustamento (considerado em torno de 98%);  $C$  é o complemento desse percentual.

O modelo foi ajustado pelo Método dos Mínimos Quadrados Ordinários e, para avaliar o grau de ajustamento das variáveis, consideraram-se o coeficiente de determinação múltipla ( $R^2$ ) e os testes de significância,  $F$ , de Snedecor, e  $t$ , de Student ( $t$ ).

Em razão da presença da variável dependente defasada no modelo dinâmico e

de serem os dados deste trabalho referentes a uma série temporal, esperava-se que houvesse problemas de correlação serial nos resíduos. Para verificar isso, aplicou-se o teste  $h$ , de Durbin (6).

Nas equações em que não foi incluída a variável dependente defasada utilizou-se a estatística de Durbin-Watson (12).

Os coeficientes estimados das equações de demanda das três regiões foram comparados pelo teste Sudent-Newman-Keuls (1, 16).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Equações de Demanda de Nitrogênio

Os resultados das equações selecionadas para explicar a demanda de nitrogênio nas regiões Norte/Nordeste, Centro e Sul são apresentados no Quadro 1. Verifica-se que, nos três casos, o modelo estático apresentou resultados melhores. O coeficiente da variável consumo retardado de nitrogênio não foi estatisticamente significativo, dentro dos limites aceitáveis pelo modelo dinâmico alternativo, e, em alguns casos, os sinais foram contrários aos esperados. Esses resultados mostram que o ajustamento do consumo de nitrogênio pelos agricultores, em qualquer das três regiões, processa-se de maneira instantânea, isto é, no prazo de um ano, quando ocorre mudança em alguma variável explicativa.

Para as regiões Norte/Nordeste e Centro, o preço relativo de nitrogênio foi significativo aos níveis de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente. Por outro lado, na região Sul, as decisões dos agricultores basearam-se mais no preço absoluto que no preço relativo de fertilizantes.

Os coeficientes das elasticidades-preço a curto prazo mostram uma demanda inelástica de fertilizantes nitrogenados nas três regiões. Essas elasticidades são coerentes com os resultados obtidos por PESCARIM (13) na estimativa da demanda de nitrogênio no Estado de São Paulo. Uma implicação importante das inelasticidades a curto prazo encontradas é que um deslocamento da curva de oferta de fertilizantes nitrogenados para a direita, em consequência, por exemplo, de um progresso tecnológico na indústria de fertilizantes, implicaria menor dispêndio total de recursos com fertilizantes nitrogenados, acompanhado da utilização de maior quantidade, «*ceteris paribus*».

O teste Student-Newman-Keuls indicou ausência de diferenças estatísticas significativas entre esses coeficientes nas três regiões.

A variável consumo de fósforo está diretamente relacionada com o consumo de nitrogênio, nas três regiões, confirmando a hipótese de que o consumo do nutriente mais deficiente no solo influencia o consumo dos outros, menos carentes, o que mantém a fertilização balanceada. O teste Student-Newman-Keuls não captou diferença estatística significativa entre os valores estimados desses coeficientes, ao nível de 5% de probabilidade.

O preço de nitrogênio, em relação ao preço de fósforo, apresentou sinal negativo e significância estatística em torno de 10% na região Sul, o que indica, provavelmente, algum grau de substituição desses dois nutrientes, de acordo com as mudanças na razão de preços.

O sinal negativo do coeficiente da variável rendimento físico médio defasado de um ano, na equação selecionada para a região Norte/Nordeste, parece ser coerente com a teoria econômica, quando o preço relativo está incluído no modelo. Fazendo uma análise de equilíbrio parcial e pressupondo que haja competição perfeita e que a demanda do produto não seja infinitamente elástica, observa-se

QUADRO 1 - Equações selecionadas de demanda de nitrogênio: regiões Norte/Nordeste, Centro e Sul. Brasil, 1959/76

Variáveis	Coeficientes estimados (erro-padrão)		
	Norte/Nordeste	Centro	Sul
Constante (em ln)	-17,565	-12,884	-14,746***
Preço de nitrogênio			-0,316** (0,148)
Preço relativo de nitrogênio	-0,426** (0,206)	-0,479* (0,173)	
Consumo aparente de fósforo	0,486* (0,174)	0,383** (0,181)	0,639* (0,094)
Preço de nitrogênio, em relação ao preço de fósforo			-0,659*** (0,413)
Rendimento	-4,348*** (2,538)		
Tendência	10,519* (2,042)	5,246* (1,887)	5,241* (1,425)
Valor de $R^2$	0,971	0,961	0,985
Valor de F	100,820	108,300	205,070
Elasticidade a curto prazo ( $E_{cp}$ )	-0,426	-0,479	-0,316
Valor de Durbin-Watson	1,758	1,298	1,434

Níveis de significância: \* até 1%; \*\* até 5%; \*\*\* até 10%.

que, se o rendimento do produto no período anterior aumentar, o preço do produto diminuirá, como consequência do deslocamento da oferta de produtos agrícolas para a direita. «Ceteris paribus», o preço relativo de fertilizantes no período corrente aumentará, implicando diminuição da quantidade demandada de fertilizantes no mesmo período. Deve-se notar que a intensidade do decréscimo no consumo de fertilizantes, em razão da elevação do rendimento no período anterior, reflete uma estrutura de mercado em que a demanda do produto considerado é relativamente inelástica. Na região Norte/Nordeste, o produto agrícola considerado foi a cana-de-açúcar. Para esse produto, parece que os agricultores defrontam com uma estrutura de mercado monopsonista, em que o único comprador do produto é o usineiro, regido por um sistema de cotas. Isso implica que a demanda de cana-de-açúcar dessa região é relativamente inelástica. Nas regiões Centro e Sul,

essa variável não foi estatisticamente significativa, razão por que foi retirada do modelo.

As variáveis área cultivada e tendência apresentaram altos coeficientes de correlação, o que sugere problemas de multicolinearidade nas três equações selecionadas. Como o sinal do coeficiente da variável área cultivada foi negativo, contrário ao esperado, e mostrou baixa significância estatística, a eliminação dessa variável melhorou muito os resultados. Observaram-se também problemas de correlação entre as variáveis consumo defasado de nitrogênio e consumo de fósforo, bem como entre essas duas e as variáveis área e tendência.

O teste de Durbin-Watson foi inconclusivo quanto à existência de correlação serial nos resíduos.

Os resultados do teste comparativo Student-Newman-Keuls, aplicado aos coeficientes da variável tendência, indicaram que a elasticidade parcial dessa variável, para a região Norte/Nordeste, é maior que para a região Centro. Nas comparações dos coeficientes das outras variáveis, o teste não indicou existência de diferenças estatísticas significativas, ao nível de 5% de probabilidade. Admitindo-se a tendência uma variável que capta os efeitos de mudanças tecnológicas e de outros fatores deslocadores da demanda de fertilizantes não incluídos no modelo, os resultados indicam que uma inovação tecnológica da produção agrícola nessas regiões poderia ter maior impacto no consumo de fertilizantes nitrogenados da região Norte/Nordeste que nos da região Centro, «ceteris paribus».

### 3.2. Equações de Demanda de Fósforo

Para a demanda de fósforo nas regiões Norte/Nordeste e Centro, os dados ajustaram-se ao modelo dinâmico, pois a variável consumo retardado de fósforo só apresentou significância estatística nas equações selecionadas para essas duas regiões. O teste comparativo aplicado a esses coeficientes indicou igualdade estatística entre eles. Na região Sul, o modelo estático apresentou a melhor equação explicativa (Quadro 2).

O preço relativo de fósforo apresentou significância estatística em torno de 1% na região Norte/Nordeste. Na região Centro a significância dessa variável foi muito baixa e sua substituição pelo preço absoluto de fósforo não melhorou os resultados. No entanto, ela foi mantida no modelo por haver razões teóricas para acreditar-se que tenha grande influência na demanda de fósforo. Observou-se que, na região Sul, à semelhança dos resultados obtidos na equação de demanda de nitrogênio dessa região, os agricultores responderam melhor ao preço absoluto de fósforo que a seu preço relativo.

Os coeficientes das elasticidades-preço da demanda de fósforo a curto prazo mostram um aumento de 5,5% no consumo desse nutriente na região Norte/Nordeste e de 0,8% na região Centro. Ressalta-se que esse último coeficiente foi de baixa significância, como já explicado anteriormente, resultado que deve ser interpretado com cautela. Na região Sul, um decréscimo de 10% no preço absoluto de fósforo esteve associado a um incremento de 5,2% no seu consumo.

As elasticidades-preço a curto prazo de fósforo nas regiões Norte/Nordeste e Sul foram estatisticamente iguais, ao nível de 5% de probabilidade. Nesse caso, também a inelasticidade da demanda de fósforo foi coerente com os resultados encontrados por PESCARIM (13), no Estado de São Paulo.

Um deslocamento da curva de oferta de fertilizantes fosfatados para a direita implicaria menor dispêndio total de recursos com fertilizantes fosfatados, acompanhado da utilização de maior quantidade de fósforo, «ceteris paribus».

Os valores calculados para  $\alpha$  (coeficiente de ajustamento) indicam que 23 e

QUADRO 2 - Equações selecionadas de demanda de fósforo: regiões Norte-Nordeste, Centro e Sul. Brasil, 1959/76

Variáveis	Coeficientes estimados (erro-padrão)		
	Regiões		
	Norte/Nordeste	Centro	Sul
Constante (em ln)	11,127	-10,780	-20,438
Preço de fósforo			0,516** (0,255)
Preço relativo de fósforo	-0,549* (0,179)	-0,077 (0,200)	
Rendimento	-6,199* (1,865)		1,462 (1,030)
Área cultivada			1,875* (0,196)
Tendência	5,323* (1,466)	3,549** (1,830)	
Consumo aparente de fósforo defasado	0,773* (0,127)	0,694* (0,178)	
Valor de $R^2$	0,961	0,956	0,953
Valor de F	73,260	95,400	87,840
Elasticidade a curto prazo ( $E_{cp}$ )	-0,549	-0,077	-0,516
Coeficiente de ajustamento ( $\alpha$ )	0,227	0,306	
Elasticidade a longo prazo ( $E_{lp}$ )	-2,418	-0,252	
Valor de Durbin-Watson	2,424	2,211	1,987
Valor de h, de Durbin	-1,026	-0,640	

Níveis de significância: \* até 1%; \*\* até 5%; \*\*\* até 10%.

31% das diferenças entre consumo e equilíbrio a longo prazo são eliminados em um ano, sendo necessários aproximadamente 15 e 11 anos para que ocorram 98% do ajustamento, caso os demais fatores permaneçam constantes, respectivamente, nas regiões Norte/Nordeste e Centro. Na região Sul, o equilíbrio é estabelecido no prazo de um ano, pois o modelo estático apresentou melhor resposta que o di-

nâmico. A elasticidade a longo prazo indica variação positiva no consumo de fósforo, em torno de 24% na região Norte/Nordeste e em torno de 2,5% na região Centro, caso ocorra um decréscimo de 10% no preço relativo de fósforo. Aqui, novamente, chama-se a atenção para a baixa significância da variável preço relativo de fósforo na região Centro.

A variável rendimento físico médio defasado permaneceu nas equações selecionadas para as regiões Norte/Nordeste e Sul, sendo significativa aos níveis de probabilidade de 1 e 20%, respectivamente. O teste estatístico Student-Newman-Keuls, aplicado aos coeficientes dessa variável, nas duas regiões mencionadas, indicou ser esse coeficiente maior na região Norte/Nordeste. O sinal do coeficiente da variável rendimento foi negativo na regressão correspondente à região Norte/Nordeste, sendo válida, aqui, a mesma explicação dada na discussão dos resultados da demanda de nitrogênio. Na região Sul, o coeficiente da variável rendimento apresentou sinal positivo. Uma possível explicação para esse resultado baseia-se na elasticidade da demanda dos produtos agrícolas considerados nessa região: soja, trigo e arroz. A soja e o trigo são produtos principalmente de mercado externo, e o arroz é incluído na pauta de exportações brasileiras eventualmente. No conjunto, a produção da região Sul volta-se para o mercado externo, tornando a demanda relativamente mais elástica. Portanto, quando o rendimento no período anterior aumenta, a oferta do produto no período anterior também aumenta, o que pode implicar maior lucratividade, diante da relativa elasticidade da demanda. Maior lucro no período anterior ocasiona aumento da quantidade demandada de fertilizantes fosfatados no período corrente.

O único caso em que a variável área cultivada apresentou alta significância estatística foi na equação de demanda de fósforo para a região Sul. Como os solos dessa região são mais carentes de fósforo, esse resultado reflete a necessidade de aumento do consumo na região, pela incorporação de áreas novas ao processo de produção dos produtos considerados neste estudo.

A tendência apresentou significância estatística, a 1% de probabilidade, na região Norte/Nordeste e, a 5%, na região Sul. Os resultados da aplicação do teste Student-Newman-Keuls a esses coeficientes mostraram ausência de diferenças estatísticas significativas, ao nível de 5% de probabilidade, entre as duas regiões mencionadas.

O teste de Durbin-Watson mostrou ausência de correlação serial nos resíduos na equação selecionada para a região Sul. Como a variável consumo retardado de fósforo foi estatisticamente significativa nas equações selecionadas para as regiões Norte/Nordeste e Centro, aplicou-se o teste apropriado, teste *h*, de Durbin, cujo resultado revelou inexistência de correlação serial nos resíduos, ao nível de 1% de probabilidade.

### *3.3. Equações de Demanda de Potássio*

À semelhança dos resultados obtidos na estimação da demanda de nitrogênio, o modelo estático forneceu melhores ajustamentos que o dinâmico, nas regiões Norte/Nordeste e Centro. Na região Sul o modelo dinâmico foi selecionado, embora a variável consumo defasado de potássio só tivesse sido significativa ao nível de 20% de probabilidade (Quadro 3).

A variável preço relativo de potássio só permaneceu na equação selecionada para a região Centro, com significância estatística ao nível de 1% de probabilidade. Nas outras duas regiões o preço relativo foi substituído pelo preço absoluto, o que não melhorou muito os resultados obtidos para a região Norte/Nordeste; por razões teóricas, porém, essa variável foi mantida no modelo.

QUADRO 3 - Equações selecionadas de demanda de potássio: regiões Norte/Nordeste, Centro e Sul. Brasil, 1959/76

Variáveis	Coeficientes estimados (erro-padrão)		
	Regiões		
	Norte/Nordeste	Centro	Sul
Constante (em ln)	-24,612	-7,460	-10,388
Preço de potássio	-0,144 (0,138)		-0,272*** (0,150)
Preço relativo de potássio		-0,476* (0,147)	
Consumo aparente de fósforo	0,511* (0,102)	0,793* (0,171)	0,585* (0,118)
Preço de potássio, em relação ao preço do fósforo		1,011* (0,339)	
Tendência	7,114* (1,015)	1,722 (1,534)	3,238** (1,313)
Consumo aparente de potássio defasado			0,185 (0,129)
Valor de R <sup>2</sup>	0,981	0,974	0,988
Valor de F	221,970	114,680	259,020
Elasticidade a curto prazo (E <sub>cp</sub> )	-0,144	-0,476	-0,272
Coeficiente de ajustamento (α)			0,815
Elasticidade a longo prazo (E <sub>lp</sub> )			-0,334
Valor de Durbin-Watson	2,975	1,714	2,405
Valor de h, de Durbin			-0,986

Níveis de significância: \* até 1%; \*\* até 5%; \*\*\* até 10%.

Não se captou diferença estatística significativa entre esses coeficientes com a aplicação do teste comparativo Sudent-Newman-Keuls, ao nível de 5% de probabilidade. Também para o nutriente potássio a demanda foi relativamente inelástica a curto prazo, dando indicações de que um aumento na oferta de fertilizantes

potássicos implicaria maior consumo desse nutriente, com menor dispêndio total de recursos, tudo o mais permanecendo constante.

O coeficiente de ajustamento –  $\alpha$  – e, em consequência, a elasticidade a longo prazo só foram calculados para a região Sul, já que o consumo retardado só foi significativo na regressão correspondente a essa região. Verifica-se que quase toda a diferença (81,5%) entre consumo e equilíbrio a longo prazo é eliminada em um ano e que 98% do ajustamento seriam alcançados no prazo de 2 anos, caso os demais fatores permanecessem constantes. A elasticidade a longo prazo, calculada por meio desse coeficiente, mostra um aumento de 3,3% na quantidade demandada de potássio quando o preço decresce 10%.

Resultado idêntico ao obtido na estimativa da demanda de nitrogênio foi encontrado na estimativa da demanda de potássio, em relação à variável consumo de fósforo. Essa variável apresentou significância estatística a níveis inferiores a 1% de probabilidade, nas três regiões, indicando que o consumo de potássio é influenciado pelo consumo de fósforo, por ser o nutriente mais importante para o solo. O teste Student-Newman-Keuls não detectou diferença estatística significativa entre os coeficientes estimados em nenhuma das comparações.

O preço de potássio, em relação ao preço de fósforo, só apresentou significância estatística em torno de 28%. Nas regiões Norte/Nordeste e Sul os níveis de significância dessa variável foram de 1 e 5%, respectivamente. Nas análises comparativas dessas regiões o teste Student-Newman-Keuls indicou que o coeficiente estimado da variável tendência, na região Norte/Nordeste, foi maior que nas regiões Centro e Sul, sugerindo que uma inovação tecnológica da produção agrícola poderia causar maior impacto no consumo de potássio dessa região que no das outras duas. Para as regiões Centro e Sul o teste indicou ausência de diferença estatística significativa.

Os valores do teste Durbin-Watson situaram-se na faixa inconclusiva, nas equações selecionadas para as três regiões. Na região Sul, em razão da presença da variável dependente defasada, aplicou-se o teste  $h$ , de Durbin, e o resultado mostrou ausência de correlação serial nos resíduos, ao nível de 1% de probabilidade.

### *3.4. Equações de Demanda de NPK*

Para explicar a demanda de NPK nas regiões Norte/Nordeste, Centro e Sul, foram selecionadas as equações mostradas no Quadro 4. Nos três casos, o modelo dinâmico apresentou melhores resultados, isto é, a variável consumo defasado de NPK foi significativa, ao nível de 1% de probabilidade, nas três regiões. O teste Student-Newman-Keuls indicou igualdade estatística desses coeficientes nas três regiões.

O preço relativo de NPK foi estatisticamente significativo, ao nível de 1% de probabilidade, na regressão correspondente à região Norte/Nordeste e, ao nível de 5%, na região Centro. A substituição dessa variável pelo preço absoluto de NPK melhorou os resultados obtidos na equação de demanda da região Sul, o que mostra que os agricultores dessa região são mais sensíveis às variações no preço absoluto que no relativo. Uma explicação para esse resultado baseia-se na composição da produção agrícola da região Sul, constituída, basicamente, de produtos voltados para o mercado externo, como já foi discutido anteriormente. Isso indica que os agricultores defrontam com uma curva de demanda de produtos agrícolas relativamente elástica. Essa estrutura de mercado tem implicações importantes no processo de decisão do agricultor quanto ao nível de consumo de fertilizantes, pois não se esperam grandes oscilações de preço dos produtos agrícolas dessa re-

QUADRO 4 - Equações selecionadas de demanda de NPK: regiões Norte/Nordeste, Centro e Sul. Brasil, 1959/76

Variáveis	Coeficientes estimados (erro-padrão)		
	Norte/Nordeste	Centro	Sul
Constante (em ln)	8,319	-8,864	-16,962
Preço de NPK			-0,477*** (0,254)
Preço relativo de NPK	-0,533* (0,158)	-0,382** (0,163)	
Rendimento	-5,895* (1,541)		1,701*** (1,036)
Tendência	5,973* (1,565)	3,972** (1,702)	3,751*** (2,258)
Consumo aparente de NPK defasado	0,666* (0,123)	0,541* (0,174)	0,645* (0,134)
Valor de $R^2$	0,979	0,966	0,960
Valor de F	143,530	123,750	73,110
Elasticidade a curto prazo ( $E_{cp}$ )	-0,533	-0,382	-0,477
Coeficiente de ajustamento ( $\alpha$ )	0,334	0,459	0,355
Elasticidade a longo prazo ( $E_{lp}$ )	-1,596	-0,832	-1,344
Valor de Durbin-Watson	2,468	2,625	3,169
Valor de h, de Durbin	-1,119	-1,849	-2,981

Níveis de significância: \* até 1%; \*\* até 5%; \*\*\* até 10%.

gião. Dessa forma, o preço absoluto de fertilizantes é o grande condicionador da quantidade de fertilizantes que será consumida pelos agricultores, em razão, talvez, de problemas relacionados com a limitação de capital, como crédito agrícola disponível.

A análise comparativa dos coeficientes de elasticidade, feita pela aplicação do teste Student-Newman-Keuls, indicou que, entre as regiões, esses coeficientes não apresentam diferenças estatísticas significativas, ao nível de 5% de probabilidade.

Os valores das elasticidades-preço a curto e a longo prazo indicam uma demanda de fertilizantes relativamente inelástica a curto prazo e mais elástica a longo prazo. Resultados semelhantes foram obtidos por CIBANTOS (5), no estudo de demanda de fertilizantes em São Paulo, exceto na equação selecionada para o sub-período 1966/71. A inelasticidade de demanda de NPK a curto prazo indica que um deslocamento da oferta de fertilizantes para a direita, uma causa qualquer, implicaria maior consumo de fertilizantes pelos agricultores, associado a um menor dispêndio total. Por outro lado, a elasticidade da demanda de NPK a longo prazo mostra-se sempre maior que a elasticidade a curto prazo, indicando maior flexibilidade de uso dos recursos nesse período.

O grau de ajustamento dos agricultores ao consumo de fertilizantes, quando ocorre alteração em alguma das variáveis explicativas, é medido pelo coeficiente  $\alpha$ . Nesse caso, os valores de  $\alpha$  obtidos mostram que 33,4% das diferenças entre consumo e equilíbrio a longo prazo são eliminados em um ano e 66,6% em aproximadamente 10 anos, para os agricultores da região Norte/Nordeste. Nas regiões Centro e Sul, os ajustamentos seriam, respectivamente, de 46 e 35%, no prazo de um ano, sendo necessários, entretanto, 6 e 9 anos para que ocorram 98% do ajustamento.

O rendimento físico médio retardado não apresentou significância estatística, a níveis aceitáveis, na estimativa da demanda de NPK na região Centro. O sinal do coeficiente dessa variável foi negativo na equação selecionada para a região Norte/Nordeste e positivo para a região Sul. Para esses resultados, são válidas as mesmas explicações feitas para a demanda de nitrogênio e de fósforo. Essas explicações fundamentam-se nos ajustamentos que ocorrem principalmente nos mercados de produtos, em razão das variações na variável rendimento no período anterior. Para essa variável, as características particulares das elasticidades de demanda dos produtos agrícolas possivelmente diferem nas diferentes regiões.

Os resultados do teste Student-Newman-Keuls mostraram que os coeficientes estimados da variável rendimento foram estatisticamente diferentes, ao nível de 5% de probabilidade, entre as regiões Norte/Nordeste e Sul, sendo o coeficiente correspondente à região Norte/Nordeste maior que o da região Sul.

O teste  $h$ , de Durbin, indicou ausência de correlação serial, ao nível de 1% de probabilidade, nas equações correspondentes às regiões Norte/Nordeste e Sul. Na região Centro o teste também indicou ausência de correlação serial nos resíduos, ao nível de 5% de probabilidade.

#### 4. RESUMO E CONCLUSÕES

Neste trabalho foram estimadas e analisadas funções de demanda da mistura NPK e, de forma desagregada, as demandas de nitrogênio, fósforo e potássio nas regiões Norte/Nordeste, Centro e Sul. A divisão em regiões foi feita de acordo com os portos de recebimento dos produtos importados.

Os dados utilizados referem-se à série temporal de 1959 a 1976, obtidos de fonte secundária e ajustados por dois modelos: um estático tradicional e um de ajustamento dinâmico — defasagens distribuídas.

Nas equações de demanda estimadas para nitrogênio e potássio, os dados ajustaram-se melhor ao modelo estático, à exceção da demanda de potássio na região Sul, embora, mesmo nesse caso, o coeficiente da variável consumo retardado de potássio não alcançasse significância muito alta (nível de 20% de probabilidade). Por outro lado, a demanda de fósforo foi mais bem explicada pelo modelo dinâmico nas regiões Norte/Nordeste e Centro. Na região Sul a equação selecionada

correspondeu ao modelo estático. Nota-se que houve tendência de melhor ajustamento dos dados ao modelo estático, na estimativa da demanda de nitrogênio, fósforo e potássio na região Sul. Isso parece ser coerente, pelo fato de ser essa a região que apresenta carência mais acentuada de fósforo, o que poderia implicar a necessidade de uma ajustamento instantâneo ao consumo desse nutriente por parte dos agricultores, se ocorresse mudança em alguma variável explicativa. Além disso, como o consumo de nitrogênio e potássio depende do consumo de fósforo (Quadros 1 e 3), esperar-se-ia também, conforme foi verificado, um ajustamento instantâneo das demandas de nitrogênio e potássio. Quanto à demanda de NPK, o modelo dinâmico apresentou resultados mais coerentes e significativos, nas três regiões estudadas.

O efeito da variável retardada no consumo de fósforo e NPK foi estatisticamente igual para as regiões Norte/Nordeste e Centro e para as três regiões, respectivamente. Seu efeito no consumo de potássio só foi significativo, e a um nível baixo, na região Sul.

Os resultados estatísticos indicaram variações nas especificações dos modelos econôméticos estimados e selecionados de nitrogênio, fósforo, potássio e NPK nas três regiões. Dentre as variáveis postuladas, as que mais influenciaram o consumo de fertilizantes diferiram entre nutrientes e regiões.

As elasticidades-preço a curto prazo das demandas de nitrogênio, fósforo, potássio e NPK tiveram os sinais esperados (negativos), o que indica demandas relativamente inelásticas e estatisticamente iguais entre si, à exceção das elasticidades-preço de fósforo e potássio nas regiões Centro e Norte/Nordeste, que não foram estatisticamente significativas, a níveis aceitáveis de probabilidade.

Quanto às elasticidades-preço a longo prazo, verificou-se que, na equação selecionada da demanda de fósforo, a elasticidade-preço a longo prazo foi relativamente elástica na região Norte/Nordeste e relativamente inelástica na região Centro. A inelasticidade-preço da demanda de potássio também se verificou na região Sul. Finalmente, a elasticidade-preço a longo prazo da demanda de NPK foi relativamente elástica nas três regiões estudadas.

O consumo de fósforo exerceu influência estatisticamente igual no consumo de nitrogênio e potássio das três regiões.

O efeito da variável rendimento físico médio retardado no consumo de nitrogênio, fósforo e NPK foi negativo na região Norte/Nordeste e positivo no consumo de fósforo e NPK na região Sul.

A partir dos resultados obtidos, tornam-se possíveis conclusões referentes a políticas tecnológicas e de preços.

Políticas econômicas voltadas para a melhoria tecnológica na produção agrícola, bem como na indústria de fertilizantes seriam instrumentos importantes para induzir maior consumo de fertilizantes nas três regiões consideradas. Contudo, a intensidade dos efeitos dessas políticas varia entre as regiões consideradas.

Na região Norte/Nordeste a estrutura de mercado da cana-de-açúcar, com característica monopsonista, regida por um sistema de cotas, constitui obstáculo ao aumento do consumo de fertilizantes, principalmente nitrogenados, fosfatados e NPK, quando nova tecnologia de produção é adotada.

A melhoria do nível tecnológico da produção industrial de fertilizantes ou o aumento efetivo de sua oferta global implicariam maior consumo de fertilizantes (nitrogenados, fosfatados, potássicos e NPK) na agricultura, em todas as regiões, acompanhado de menor dispêndio total, *«ceteris paribus»*. Entretanto, dada a inelasticidade da demanda de três nutrientes e de NPK, a possibilidade de aumento do consumo de fertilizantes é bastante limitada, em razão, principalmente, das características das tecnologias de produção agrícola adotadas.

Políticas económicas que visem a alterar a relação de preços de fertilizantes e de produtos agrícolas, tornando o fertilizante relativamente mais barato, tais como política de subsídio ao fertilizante, crédito rural, preços mínimos mais elevados e outras, seriam eficientes instrumentos de política para induzir o aumento do consumo de fertilizantes em todas as regiões consideradas. Contudo, a intensidade da resposta ao consumo de fertilizantes, em razão de uma alteração nos seus preços absolutos e relativos, varia entre as regiões e entre os nutrientes. Além disso, a composição da produção parece ser importante para explicar a natureza da resposta ao consumo de fertilizantes, quando ocorre variação nos seus preços absolutos ou relativos.

Nas regiões Norte/Nordeste e Centro os agricultores respondem melhor às variações nos preços relativos dos nutrientes e do NPK, ao passo que na região Sul os agricultores respondem mais a alterações nos preços absolutos, tanto dos nutrientes quanto da mistura NPK. Uma possível explicação é que os agricultores da região Sul defrontam com uma curva de demanda de produtos agrícolas relativamente elástica, isto é, a composição da produção volta-se basicamente para o mercado externo, o que implica maior estabilidade de preços esperados desses produtos, o que não ocorre com os produtos considerados nas outras duas regiões, principalmente na região Norte/Nordeste.

As políticas destinadas ao aumento do consumo de fósforo visam à elevação do consumo de nitrogênio e potássio em todas as três regiões.

A exceção do fósforo, nas regiões Norte/Nordeste e Centro, pode-se dizer que, quando se trata do nutriente de forma desagregada, os agricultores respondem quase que instantaneamente a mudanças nos preços ou nalguma outra variável, isto é, o ajustamento ocorre no prazo de um ano. No caso da demanda de NPK, o ajustamento processa-se de maneira lenta, podendo-se dizer que de 30 a 50% das diferenças entre consumo e equilíbrio a longo prazo são eliminados em um ano, sendo necessários, entretanto, de 6 a 10 anos para que ocorra o ajustamento pleno.

## 5. SUMMARY

Different areas in Brazil are characterized by significant differences in terms of use of fertilizers. In response to this particular problem, this research attempts to estimate a demand function for each nutrient (N, P, and K) and a demand function for NPK for three areas in Brazil: North/Northeast, Central and South.

Data used in the research were taken from secondary sources for the period of 1959 to 1976, and adjusted by means of two models: one static or traditional; and, the other, dynamic.

Conclusions derived refer to price policies as well as to technological policies of the fertilizer sector.

## 6. LITERATURA CITADA

1. ANDERSON, V.L. & MCLEAN, R.A. *Design of experiments; a realistic approach*. New York, M. Dekker, 1974. 418 p.
2. BRASIL. Secretaria de Planejamento. Instituto de Planejamento Econômico e Social. Instituto de Planejamento. *Tecnologia moderna para a agricultura, v. 2 — Fertilizantes químicos*. Brasília, 1973. 607 p. (Estudo para o Planejamento, 11).

3. BRASIL, Ministério da Agricultura. *Perspectivas da produção, abastecimento, insumos e serviços para a agricultura brasileira: 1976/1977*. Brasília, 1976. 79 p.
4. BRASIL, Ministério dos Transportes. GEIPOT. *Fertilizantes; fase 1*. Brasília, 1975. 199 p.
5. CIBANTOS, J.S. *Demanda de fertilizantes no Estado de São Paulo*. Piracicaba, ESALQ, 1972. 196 p. (Tese M.S.).
6. DURBIN, J. Testing for serial correlation in least-squares regression when some of the regressors are lagged dependent variables. *Econometria*, 38(3):410-21, 1970.
7. ETTORI, O.J.T. Fertilizantes; fator de produtividade; tendência do consumo e medidas para acelerar o uso de fertilizantes no Brasil. *Revista de Economia Rural*, 1(1):84-114, 1968.
8. GONÇALVES, J.D. *Panorama atual da indústria de fertilizantes no Brasil*. São Paulo, Centro de Estudos de Fertilizantes/Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1977. 45 p.
9. GRILICHES, Z. The demand for fertilizer: an economic interpretation of technical change. *Journal of Farm Economics*, 40(3):591-606, 1958.
10. HOMEM DE MELO, F.B. A utilização de fertilizantes e a modernização da agricultura paulista. *Agricultura em São Paulo*, (1/2): 314-62, 1975.
11. HSU, R.C. The demand for fertilizer in a developing country. The case of Taiwan, 1950-66. *Economic Development and Cultural Change*, 20(2):299-309, 1972.
12. JOHNSON, J. *Métodos econômétricos*. São Paulo, Atlas, 1974. 318 p.
13. PESCARIM, R.M.C. Relações estruturais da demanda de fertilizantes no Estado de São Paulo. *Agricultura em São Paulo*, 21(3): 91-127, 1977.
14. SÃO PAULO. Secretaria da Agricultura. Instituto de Economia Agrícola. *Prognóstico 76/77, Região Centro-Sul*. São Paulo, 1976. 277 p.
15. SIDHU, S.S., BAANANTE, C.A. & BYRNES, K.J. *The adoption and demand for fertilizer in the developing countries*. Florence, Alabama, International Fertilizer Development Center, 1977. 77 p.
16. TEIXEIRA, T.D. *Resource efficiency and the market for family labor: small farms in the sertão of Northeast, Brazil*. West Lafayette, Purdue University, 1976. 523 p. (Tese Ph.D.).
17. WONNACOTT, W. *Econometria*. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1976. 424 p.