

MODELO DE EQUILÍBRIO ESPACIAL DO MERCADO BRASILEIRO DE ARROZ*

Heleno do Nascimento Santos**
Sérgio Alberto Brandt***
Alexandre Aad Neto**
Alberto Martins Resende**
Marcília B.M. Oliveira****

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o arroz ocupa lugar de destaque na dieta e no orçamento alimentar da população. Em 1973, a produção desse cereal foi de 6,3 milhões de toneladas, aproximadamente. Este índice dá ao Brasil a condição de primeiro produtor de arroz do continente americano. Todavia, a produção brasileira é pequena no contexto mundial, diante dos níveis de produção alcançados, em 1973, pela China Continental (101 milhões de toneladas), pela Índia (64 milhões) e pelo Japão (15 milhões).

Pelo fato de ser muito instável seu excedente exportável, o Brasil raramente participa do comércio internacional do produto. Essa instabilidade prejudica o País, pois não consegue criar tradição de fornecedor regular nesse mercado (10).

No mercado interno brasileiro temos estados que se destacam como fornecedores, e outros que são predominantemente consumidores. Dentre os diversos fatores que atuam no processo de distribuição do produto no mercado interno está a crise de combustíveis, que pode ser considerada variável de grande importância.

É evidente que o consumo de arroz nos diferentes estados é muito influenciado pelas variações da qualidade do produto, sendo que os consumidores de renda mais alta tendem a preferir produto de melhor qualidade, ainda que este provenha de um centro produtor mais longínquo.

O atual sistema de distribuição espacial do arroz mostra que ele é ainda ineficiente, a exemplo do verificado por FIGUEIREDO *et alii* (6), na distribuição do álcool, no Estado de São Paulo e em estudos correlatos desenvolvidos para determinados produtos agropecuários em outros países, feitos por FUTRELL *et alii* (7).

Torna-se evidente, então, a importância de análise que indique um estado ótimo de minimização do custo de transporte do produto, dentro das características dimensionais do Brasil, com regiões produtoras e regiões consumidoras bastante dispersas em seu território.

* Recebido para publicação em 13-10-1976. Projeto n.º 41.199 do Conselho de Pesquisa da U.F.V., realizado, em parte, com recursos do CNPq.

** Professores Assistentes da Universidade Federal de Viçosa.

*** Professor Adjunto da Universidade Federal de Viçosa.

**** Estudante do Curso de Pós-Graduação do Departamento de Economia Rural da Universidade Federal de Viçosa.

O objetivo geral deste estudo é avaliar a eficiência do atual sistema de distribuição inter-regional de arroz produzido pelos principais Estados produtores.

Os objetivos específicos do estudo são: a) determinar o conjunto ótimo de preços diferenciais entre estados; b) determinar preços de equilíbrio, consumo, excedentes e os *deficit* para todos os estados; c) determinar o fluxo de custo mínimo de transporte entre estados; d) determinar os melhores mercados (estados) para o arroz produzido nos diferentes estados produtores; e) indicar as vantagens puras de localização dos principais estados produtores, no que diz respeito à comercialização do arroz.

2. METODOLOGIA

Os dados básicos de produção referem-se às médias de produção de arroz sem casca dos anos agrícolas de 1967-68, 1968-69 e 1969-70, divulgados pelo EAPA-SUPLAN (2).

Os dados de consumo agregado referem-se ao produto de consumo *per capita* de arroz sem casca pela população, para o ano de 1970, divulgados pela Fundação Getúlio Vargas (4) e Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (1).

As distâncias rodoviárias entre capitais dos estados produtores e consumidores foram obtidas do «Guia Quatro Rodas do Brasil» (8).

As estimativas de fretes dizem respeito ao ano de 1975, foram obtidas junto ao comércio atacadista de Minas Gerais e referem-se a transações inter-regionais.

2.1. Modelo Conceptual

A equação geral dos custos de transporte como função da distância é descrita como:

$$y = f(x) \quad (I)$$

onde y representa o custo unitário de transporte de arroz, expresso em cruzeiros, por tonelada, por quilômetro, e x é a distância entre mercados, expressa em quilômetros, entre fonte e destino.

O território brasileiro, incluindo dezenove estados, um porto artificial e o Distrito Federal, foi dividido em vinte e uma regiões, classificando-se cada região como de excedente ou de *deficit* no comércio de arroz. Esta divisão é apresentada no Quadro 1 e baseia-se em dados do EAPA-SUPLAN (2).

Forma-se então uma matriz $[C_{ij}]_1$, onde o elemento C_{ij} representa o custo real de transporte de uma tonelada de arroz entre a i -ésima região de oferta e a j -ésima região de demanda, expresso em cruzeiros de 1966, por tonelada (Quadro 2).

O custo unitário C_{ij} de transporte de todas as regiões produtoras para o porto foi fixado em Cr\$ 1.000,00, custo exorbitante, a fim de torná-las igualmente competitivas.

Nesta pesquisa, estima-se uma função de demanda simbolizada por:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_9) \quad (II)$$

onde y é a quantidade demandada de arroz, expressa em quilogramas *per capita*, por ano; x_1 é o preço real de arroz, expresso em cruzeiros de 1966, por quilograma; x_2 é a renda real *per capita*, expressa em cruzeiros de 1966, por ano; x_3 a x_7 são preços de produtos alternativos, expressos em cruzeiros de 1966, por quilograma; x_8 é a variável indicadora de tendência ($1947 = 1$) e x_9 é consumo *per capita* de arroz defasado de um ano, expresso em quilograma, por ano.

As funções de demanda de arroz sem casca a nível regional possuem, para a variável x_1 , o mesmo coeficiente estimado para o País como um todo e apresentam diferenças nos interceptos, uma vez que as demais variáveis predeterminadas tomam o valor médio observado de cada região.

Para exposição do processo de determinação de preços regionais, consumo, excessos de demanda e de oferta, apresenta-se o caso competitivo de duas regiões, o qual pode ser facilmente diagramatizado e oferece uma lógica para a compreensão do caso geral. A Figura 1 é uma representação geométrica, onde S_1 e S_2 representam ofertas fixas para as regiões 1 e 2, respectivamente, e D_1 e D_2 são funções lineares de demanda para as duas regiões. Pressupõe-se não ocorrência de movimento inter-regional do produto, o preço de equilíbrio é x'_1 para um consumo y_1 para a re-

QUADRO 1 - Estimativas de produção e consumo de arroz sem casca, níveis de excedente ou deficit em vinte regiões brasileiras. Brasil, 1970

Região	Produção (t)	Consumo (t)	Excedente (+) ou Deficit (-)(-)
Sergipe	8506,2	40562,1	32055,9 (-)
Paraíba	43833,0	97585,2	53752,2 (-)
Minas Gerais	699598,1	517301,0	182297,1 (+)
Distrito Federal	1080,0	24204,2	23124,2 (-)
Mato Grosso	370194,5	71920,1	298274,4 (+)
Paraná	354142,2	312075,9	42075,2 (+)
Santa Catarina	128490,6	130670,7	2180,1 (-)
Ceará	15077,9	196411,5	181333,5 (-)
Goiás	730554,6	132334,1	598220,4 (+)
Paraíba	6164,9	107294,1	101129,4 (-)
Alagoas	9306,5	71515,7	62209,1 (-)
Rio Grande do Norte	605,4	69810,4	69205,0 (-)
Rio Grande do Sul	925918,1	300133,3	625784,8 (+)
Pernambuco	2762,3	232393,9	229631,5 (-)
Rio de Janeiro	67552,8	405053,8	337501,0 (-)
Bahia	34642,8	350955,5	316312,7 (-)
Maranhão	405331,8	103244,4	302087,3 (+)
São Paulo	631984,8	800306,4	168321,6 (-)
Piauí	31202,9	75679,4	44476,4 (-)
Espírito Santo	47766,6	72021,0	24254,4 (-)
TOTAL	4514716,7	4111463,5	$\Delta = 403253,2 (+)$

gião 1. Para a região 2, o preço e a quantidade consumida são x'_2 e y_2 .

Pressupondo-se que o comércio entre regiões pode ocorrer a um custo unitário de transporte C , o ponto de equilíbrio é estabelecido ao preço x_0 , para a região 1 (determinado pela interseção de ES_1 e ES_2 , as curvas de excesso de oferta para as duas regiões). O preço para a região 2 aumenta seu consumo a y'_2 . Então $y'_1 + y'_2 = y_1 + y_2$ e, logo, $y_1 \cdot y'_1 = y'_2 \cdot y_2$.

Conhecendo-se as funções de demanda para as duas regiões, as ofertas de ambas e o custo unitário de transporte entre duas regiões, pode-se determinar o ponto de equilíbrio entre preços e consumo para ambas as regiões, excedente e deficit de produção e quantidade do produto que é transportada para haver equilíbrio. O custo total do transporte é obtido pelo produto $C(y'_2 - y_2)$ ou $C(y_1 - y'_1)$.

BRESSLER e KING (3) mostram que, se o equilíbrio da economia competitiva é perturbado por um fator exógeno, como aumento de população, resultando em aumento de demanda, o processo de retorno ao equilíbrio requer a existência de lucro. O lucro induz o fluxo de produto até que o preço estrutural provoque a sua eliminação. Para manter o equilíbrio competitivo não deve haver lucro, ou seja, a não ocorrência de fluxo adicional de produto. Fluxo adicional de produto é possível sempre que o diferencial de preço ($x'_1 - x'_2$) entre algum par de regiões excede os custos de transporte.

2.2. Modelo Matemático-Estatístico

Serão ajustados diferentes modelos alternativos pelo método dos mínimos quadrados, na tentativa de explicar variações no custo de transporte de arroz.

Será estimada uma função de demanda da forma

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_9) \quad (\text{III})$$

QUADRO 2 - Matriz [C_{ij}] com o custo real de transporte de uma tonelada de arroz sem casca desde o produtor i até o consumidor j, em cruzeiros. Brasil, 1966

Destino	Origem	Minas Gerais	Mato Grosso	Paraná	Goiás	Rio Grande do Sul	Maranhão
Sergipe		32,12	45,19	42,46	36,35	48,85	35,26
Pará		44,52	45,61	48,80	36,57	54,71	21,57
Distrito Federal		20,09	25,84	29,80	9,40	37,36	43,53
Santa Catarina		27,84	36,70	11,82	31,81	15,51	54,82
Ceará		41,29	52,72	50,27	44,90	56,00	27,17
Paraíba		38,62	50,50	47,94	42,38	53,86	33,08
Alagoas		35,11	47,57	44,95	39,10	51,11	34,59
Rio Grande do Norte		40,33	51,88	49,42	43,98	55,22	31,95
Pernambuco		37,55	40,45	47,03	41,38	53,02	31,92
Rio de Janeiro		15,26	36,37	21,79	26,68	31,13	46,87
Bahia		28,81	42,62	39,77	33,33	46,42	32,17
São Paulo		17,51	31,47	14,15	22,74	25,58	49,03
Piauí		39,26	51,05	48,51	42,98	54,36	15,39
Espírito Santo		16,70	37,72	28,52	29,97	36,60	42,51

FONTE: Dados da pesquisa

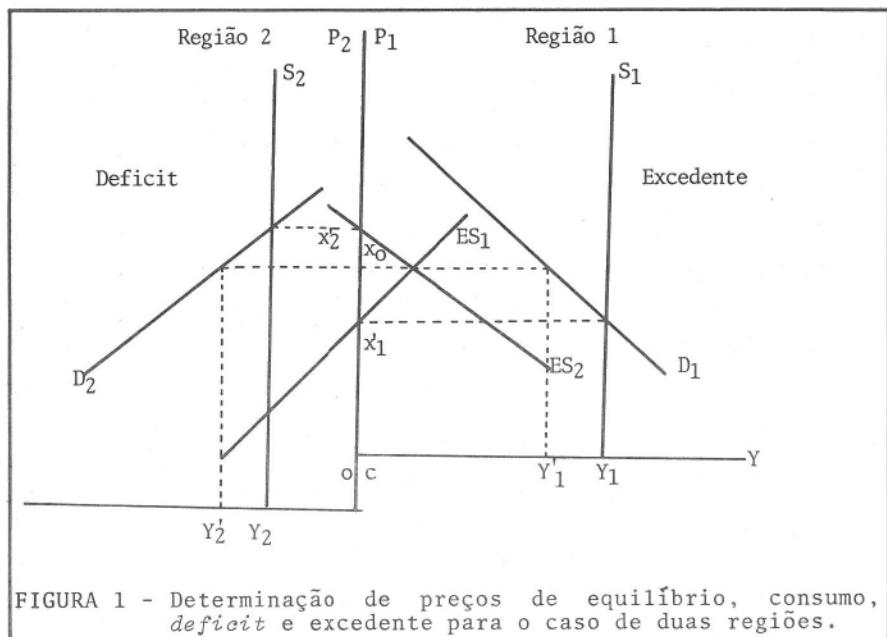


FIGURA 1 - Determinação de preços de equilíbrio, consumo, deficit e excedente para o caso de duas regiões.

onde y é a quantidade demanda de arroz em quilogramas, x_1 é a variável indicadora de preço real de arroz, expresso em cruzeiros, por quilo, x_2 é a variável indicadora de renda real disponível *per capita*, x_3 a x_7 são preços de produtos alternativos, x_9 é a variável indicadora de tendência e x_9 é o consumo *per capita* de arroz defasado de um ano, expresso em quilogramas. A equação selecionada será a que apresenta melhores resultados em termos de sinal e de valor dos coeficientes de regressão, bem como seus respectivos níveis de significância. Problemas de correlação serial e de multicolinearidade serão tratados por meio de testes específicos, expostos por JOHNSTON (9).

Neste trabalho procede-se à generalização para vinte regiões, uma vez que os Estados do Amazonas e do Acre, além dos territórios, foram excluídos, por apresentarem estruturas de escoamentos do produto diferentes do resto do País. O modelo utilizado foi primeiramente apresentado de forma mais simples por ENKE (5).

Uma equação para uma das vinte regiões (excluindo o porto) pode ser descrita como:

$$y_i = a_{oi} + a_{11} (x_o + d_i); \text{ onde } i = 1, 2, \dots, 20 \quad (IV)$$

e onde y_i é o consumo *per capita* de arroz sem casca na i -ésima região, a_{oi} é o intercepto na i -ésima região; a_{11} é o coeficiente conhecido, relacionando consumo *per capita* e preço real de arroz na i -ésima região; x_o é o preço real na região base (Goiás) e d_i é o diferencial de preço real entre a região i e a base.

Considerando N_i a população na região i , tem-se:

$$N_i y_i = N_i [a_{oi} + a_{11}(x_o + d_i)]$$

Fazendo-se uma série de transformações e considerando-se a_{11} como constante para todas as regiões, tem-se:

$$x_0 = \frac{\sum_{i=1}^{20} N_i y_i - \sum_{i=1}^{20} N_i a_{oi} - a_1 \sum_{i=1}^{20} N_i d_i}{a_1 \sum_{i=1}^{20} N_i} \quad (V)$$

sendo que $\sum_{i=1}^{20} N_i y_i$ é o consumo total para as vinte regiões, conhecido no período de tempo em estudo.

Se os diferenciais de preços regionais (d_i) são conhecidos, então é possível proceder de maneira direta para derivar o equilíbrio espacial de preços e fluxos. Em diversos casos, a magnitude dos diferenciais de preço deve determinar se a região é deficiária ou não e em quanto.

É possível obter-se um conjunto aproximado de preços diferenciais do seguinte modo:

Classifica-se cada região como de excedente ou de *deficit* (Quadro 1).

Com essa informação, pode-se estabelecer um fluxo ótimo minimizante do custo de transporte global. Deriva-se um conjunto aproximado de preços diferenciais (d_i) de acordo com o seguinte critério: a) se dada região supre uma outra, os preços devem diferir pelo custo unitário de transporte conhecido; b) se duas regiões de excedente suprem a mesma região de *deficit*, a diferença entre os preços nas regiões de excedente será igual à diferença entre seus custos unitários de transporte à região de deficit.

Logo, o sistema envolve uma estrutura de preços regionais limitados pelos custos de transporte específicos, consistindo em $6 + 15 - 1 = 20$ equações com $6 + 15 = 21$ incógnitas, compreendendo a soma dos pontos de oferta e dos pontos de destino, uma vez que há necessidade de se criar um destino artificial para o excedente entre produção e consumo, no caso simbolizado pelo porto.

Para rotas básicas, pelo modelo de programação linear, tem-se:

$$V_j - U_i = C_{ij} \quad (VI)$$

onde V_j é o preço diferencial do produto no destino j ; U_i é o preço diferencial do produto na origem i e C_{ij} é o custo real de transporte de uma unidade do produto desde a origem i até o destino j .

Pela escolha da i -ésima região de oferta como base, faz-se $U_i = 0$ e obtém-se os outros valores de U e V . Tomou-se o estado de Goiás como base pela sua posição central.

A criação do porto artificial (PT) visa a obter equilíbrio entre os níveis de produção e consumo.

De posse deste conjunto, retorna-se à equação (V) e determina-se x_0 , o preço real de um quilograma de arroz na região-base.

Em seguida, determina-se os $(x_0 + d_i)$, que constituem os preços de equilíbrio nas demais regiões, bem como as quantidades consumidas em cada uma das vinte regiões, pelo uso das equações de demanda regionais. Faz-se uma reclassificação das regiões de *deficit* e de excedente.

Com esta nova estrutura cuida-se de resolver o problema de programação linear diferente do anterior no que diz respeito aos mercados de origem e destino do produto. Assim, procura-se:

$$\text{minimizar } C = \sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^{13} y_{ij} C_{ij} \quad (VII)$$

$$\text{sujeito a } \sum_{j=1}^{13} y_{ij} = a_i; \text{ onde } i = 1, \dots, 8 \quad (VIII)$$

$$\sum_{i=1}^8 y_{ij} = b_j; \text{ onde } j = 1, \dots, 13 \quad (\text{IX})$$

$$\sum_{i=1}^8 a_i = \sum_{j=1}^{13} b_j \quad (\text{X})$$

$$e \quad y_{ij} \geq 0 \forall ij \quad (\text{XI})$$

onde y_{ij} representa a quantidade de produto ofertada pela i -ésima região de excedente à j -ésima região de *deficit*; a_i representa a quantidade de produto disponível para exportar na i -ésima região com excedente; b_j é a quantidade requerida pela j -ésima região, com *deficit*.

São muitas as soluções das equações (VIII) e (IX), sujeitas a (X) e (XI), e, dado o conjunto praticável de solução de $8 + 13 - 1$ ou $21 - 1$ embarques, um procedimento iterativo, conhecido como método simplex, oferece o meio de convergência ao ponto ótimo, que satisfaz (VII).

Portanto, dados os a_i e b_j , o modelo de transporte de programação linear é usado na determinação do sistema ótimo de distribuição.

No desenvolvimento da solução dual, sejam U_i e V_j variáveis artificiais com V_j associado aos destinos e U_i associado às origens.

O problema é:

$$\text{maximizar } S = \sum_{j=1}^{13} b_j V_j - \sum_{i=1}^8 a_i U_i \quad (\text{XII})$$

sujeito às restrições

(XIII)

$$V_j - U_i \leq c_{ij}$$

Reescrevendo a equação (XIII) como:

(XIV)

$$V_j \leq U_i + c_{ij}$$

essa relação estabelece que, para um par origem-destino, o valor no destino não deve ser maior que o valor na origem mais o custo de transporte.

Para o conjunto de pares, ao nível ótimo, a equação (XIV) pode ser reescrita como:

$$V_j - U_i = c_{ij} \quad (\text{XV})$$

Essa então define um conjunto de equações lineares envolvendo $8 + 13$ valores incógnitos de U_i e V_j . Como existem $8 + 13 - 1$ custos unitários de transporte na solução básica, uma única solução para o conjunto de equações requer o estabelecimento de um valor arbitrário para U_i , ou para V_j . Fazendo U_i igual a zero na i -ésima região de origem (base), gera-se o conjunto de preços diferenciais em função desta base. Fazendo uso dos U_i e V_j estimados no dual, podem-se obter os desejados diferenciais regionais de preços.

Vai-se verificar se os diferenciais de preço gerados pela solução dual estão de a-

cordo com a formulação inicial. Se não estiverem de acordo, repete-se o processo de determinação do fluxo ótimo, usando-se as novas estimativas dos d_{ij} . Emprega-se um processo iterativo na determinação dos diferenciais de preço, e o estágio final é alcançado quando os d_{ij} gerados pelo último programa ótimo de transações coincide com os diferenciais usados na determinação dos preços e quantidades de equilíbrio da fase precedente.

Se houver nova diferença, repete-se o processo em nova fase.

Para as rotas ótimas, tem-se $C_{ij} - (V_j - U_i) = 0$ e para rotas não ótimas $C_{ij} - (V_j - U_i) \geq 0$, sendo que, quanto maior for a diferença, pior será a rota. Os mercados então são classificados conforme a magnitude dessa diferença do seguinte modo:

$$0 \leq C_{ij} - (V_j - U_i) \leq K_1$$

Mercados bons

$$K_1 < C_{ij} - (V_j - U_i) \leq K_2$$

Mercados médios

$$K_2 < C_{ij} - (V_j - U_i)$$

Mercados ruins

Os limites são escolhidos com base na observação do comportamento dos valores estimados para a diferença.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A equação selecionada para explicar a variação do custo de transporte de um quilograma de arroz, em função da distância entre mercados, foi a seguinte:

$$C = 2,3225 Z^{0,5891} \quad (XVI)$$

onde C é o custo unitário de transporte de arroz, expresso em cruzeiros, por tonelada, por quilômetro; e Z é a distância entre mercados, expressa em quilômetros, entre fonte e destino. Encontrou-se um coeficiente de determinação igual a 0,9161, indicando que cerca de 92% da variação observada em custo de transporte podem ser explicados pela distância entre mercados. O coeficiente regressão de C sobre Z é significante, ao nível de 1% de probabilidade.

Forma-se a matriz $[C_{ij}]_1$, apresentada no Quadro 2, onde C_{ij} representa o custo real de se transferir uma tonelada de arroz desde a região i até a região j , expresso em cruzeiros de 1966.

A equação escolhida para representar a demanda de arroz sem casca, a nível nacional, foi a seguinte:

$$\log y = -0,012234 - 0,167747 \log x_1 + 0,411975 \log x_2 + 0,811282 \log x_3 \quad (XVII)$$

onde y é o consumo *per capita* de arroz, expresso em quilogramas, por ano; x_1 é o preço real de arroz, expresso em cruzeiros de 1975, por quilograma; x_2 é o preço real de trigo, expresso em cruzeiros de 1975, por quilograma; e x_3 é a renda *per capita*, expressa em cruzeiros de 1975, por ano.

Os coeficientes de x_1 , x_2 e x_3 apresentam sinais esperados conforme a teoria do consumidor. O teste de Durbin-Watson ($d = 1,942$) indicou não haver correlação serial nos resíduos.

Como o modelo utilizado requer equação de demanda linear nos valores das variáveis envolvidas, a fim de tornar possível a obtenção do preço x_0 na equação (V), faz-se a transformação da equação XVII:

$$y = -5,15 - 0,0225705 x_1 + 0,0661572 x_2 + 0,0543061 x_3 \quad (XVIII)$$

A equação de demanda para a i -ésima região é:

$$y_i = -5,15 - 0,0225705 x_{1i} + 0,0661572 x_2 + 0,0543061 x_{3i} \quad (XIX)$$

onde y_{ij} é o consumo *per capita* de arroz na i -ésima região, expresso em quilograma, por ano; x_{ij} é o preço real médio de arroz na região i ; expresso em cruzeiros de 1966, por quilograma de trigo no país, expresso em cruzeiros de 1966, por quilograma; e x_{3i} é a renda real média *per capita* da região i , expressa em cruzeiros de 1966, por ano.

Derivam-se as equações regionais de demanda e obtém-se um conjunto de vinte equações com diferença apenas nos interceptos.

Os dados do Quadro 1 permitem a obtenção de um fluxo minimizante do custo de transporte gerando um conjunto aproximado de preços diferenciais. O Quadro 3 mostra o resultado dessa primeira aplicação do método simplex na solução do problema de programação linear, juntamente com o conjunto aproximado de diferenciais de preço (d_{ij}) gerado neste estágio.

Faz-se uma nova classificação das regiões quanto aos excedentes ou *deficit* no comércio de arroz no mercado interno e cuida-se de novamente obter os novos fluxos ótimos. Como o novo conjunto de d_{ij} difere do conjunto aproximado inicial, repete-se o processo na fase seguinte.

Utilizando os resultados da fase anterior, procura-se novamente minimizar o problema de programação linear com a mesma formulação do problema mostrado na segunda fase, uma vez que não houve mudança na classificação das regiões de oferta e de demanda, dele diferindo apenas pelos novos valores de a_{ij} e b_{ij} , respectivamente, excedente e *deficit* das regiões i e j .

O equilíbrio foi alcançado, chegando-se ao final do processo iterativo. Assim, o conjunto de preços diferenciais (d_{ij}) representados no Quadro 4 por V_j e U_i correspondem ao conjunto ótimo, permitindo que se faça a análise das vantagens comparativas de localização dos estados produtores.

Os valores de y_{ij} , que minimizam o custo global de transporte de arroz, bem como as direções dos fluxos interregionais pertinentes à solução ótima, podem ser vistos no Quadro 4.

Observa-se que Minas Gerais deve enviar 272699 toneladas de arroz sem casca para o Rio de Janeiro e 1126 toneladas para o Espírito Santo; o excedente de Mato Grosso (323323 toneladas) deve ser reservado para exportação e/ou para suprir a Região Norte.

O excedente do Paraná (65834 toneladas) e de Santa Catarina (12461 toneladas) deve ser canalizado para São Paulo.

Goiás deve enviar 13336 toneladas para Sergipe, 16830 toneladas para o Distrito Federal, 465301 toneladas para São Paulo e 155337 toneladas para a Bahia.

O Rio Grande do Sul deve suprir, com 291037 toneladas, parte da demanda do Rio de Janeiro, enviar 202375 toneladas para São Paulo e reservar 79955 toneladas para exportação.

O Maranhão deve assim distribuir seu excedente: 17997 toneladas para o Pará, 78915 toneladas para o Ceará, 41260 toneladas para a Paraíba, 26033 toneladas para Alagoas, 36123 toneladas para o Rio Grande do Norte, 148564 toneladas para Pernambuco e 6026 toneladas para a Bahia.

O excedente do Piauí (4356 toneladas) deve ir para o Ceará.

O custo real do fluxo total do produto foi estimado em 8,8 bilhões de cruzeiros de 1966, correspondendo a 49,8 milhões de cruzeiros de 1975.

O Quadro 5 mostra estimativas de consumo nos estados e consumo *per capita* gerados pela pesquisa.

O Quadro 6 estabelece a classificação dos estados quanto a característica de mercados alternativos segundo a minimização do custo de transporte.

A elasticidade-preço da demanda de arroz para o Brasil foi da ordem de 0,16, o que está de acordo com o esperado empiricamente, isto é, com a natureza geralmente inelástica de procura de gêneros de primeira necessidade. A elasticidade-renda do arroz, igual a 0,81, significa que uma variação de 10% na renda real *per capita* provoca uma variação, no mesmo sentido, de 8,1% na quantidade procurada de arroz, indicando ser o arroz um bem normal para o consumidor brasileiro. A elasticidade-cruzada da procura de arroz em relação a preço de trigo foi da ordem de 0,41, indicando que uma variação de 10% no preço real de trigo provoca uma variação, no mesmo sentido, de 4,1% na quantidade procurada de arroz. Assim, o trigo é um bem substituto de arroz na dieta do consumidor brasileiro.

Os estados que apresentam renda *per capita* mais baixa, como aqueles situados no Norte e Nordeste, têm suas demandas internas de arroz atendidas pelo excedente do Maranhão onde, geralmente, se produz arroz de qualidade inferior para o mercado, do tipo japonês (grãos curtos).

QUADRO 3 - Fluxo ótimo e conjunto aproximado dos di para o início do processo iterativo, com as quantidades enviadas de arroz desde a origem i até o destino j, em toneladas de arroz sem casca, Brasil, 1970

Destino	Origem	Minas Gerais	Mato Grosso	Paraná	Goiás	Rio Grande do Sul	Maranhão	V_j
Sergipe					32055,92			40,18
Paraná					23124,24			37,14
Distrito Federal								
Santa Catarina					2180,10			14,00
Ceará								
Paraíba				101129,14				41,12
Alagoas				62209,16				46,84
Rio Grande do Norte				46679,85				43,22
Pernambuco			229631,54			22525,15		48,61
Rio de Janeiro		158042,73						41,56
Bahia				316312,64				31,21
São Paulo		42076,29		16709,36		109536,00		36,84
Piauí								25,13
Espírito Santo		24254,42						30,32
Porto								32,80
U_i		14,34						996,86
						-3,14	13,30	

FONTE: Dados de pesquisa

QUADRO 4 - Fluxo ótimo para fase III do processo iterativo, com as quantidades enviadas de arroz em toneeladas desde a origem i até o destino j e os diferenciais de preço V_j
Ui gerados. Brasil, 1970

Destino	Origem	Minas Gerais	Mato Grosso	Paraná	Santa Catarina	Goiás	Rio Grande do Sul	Piauí	Maranhão	Vj
Sergipe						13336				36,35
Pará							17997			22,73
Distrito Federal						16830				9,40
Ceará							78915	4356	26,33	
Paraíba							41260		34,34	
Alagoas							26033		35,55	
Rio Grande do Norte							36123		33,11	
Pernambuco							148564		33,08	
Rio de Janeiro							291037		28,29	
Bahia							155337	6026	33,33	
São Paulo		65834		12461		465301	202375		22,74	
Espírito Santo	1126		=						29,20	
Porto		323293					79955			
Ui	13,03	-2,84		8,59			0,0	-2,84		8,33

FONTE: Dados da pesquisa

QUADRO 5 - Estimativas de consumo *per capita* de arroz sem casca nos estados brasileiros, através das funções de demanda da pesquisa, em quilograma. Brasil, 1970

Estado	População (1.000 hab)	Consumo (t)	Consumo Médio <i>Per Capita</i> (kg)
Sergipe	900,74	21843,0	24,25
Pará	2167,02	61829,7	28,53
Minas Gerais	11487,41	425773,3	37,06
Distrito Federal	537,49	17909,6	33,32
Mato Grosso	1597,09	46900,9	29,36
Paraná	6929,87	288308,0	41,60
Santa Catarina	2901,73	116029,7	39,98
Ceará	4361,60	98349,4	22,54
Goiás	2938,67	79750,5	27,13
Paraíba	2382,62	47424,7	19,90
Alagoas	1588,11	35339,7	22,25
Rio Grande do Norte	1550,24	36728,9	23,69
Rio Grande do Sul	6664,89	352550,7	52,89
Pernambuco	5160,64	151326,4	29,32
Rio de Janeiro	8894,80	631288,8	70,97
Bahia	7793,47	196005,6	25,14
Maranhão	2292,69	50413,8	21,98
São Paulo	17771,95	1375955,0	77,42
Piauí	1680,57	26847,1	15,97
Espírito Santo	1599,33	48893,1	30,57

FONTE: Dados da Pesquisa

Para suprir mercados nas regiões de renda *per capita* mais elevada, como Rio de Janeiro e São Paulo, o arroz produzido em Goiás, Minas Gerais e Rio Grande do Sul, que se apresenta de melhor qualidade, é o indicado pela solução minimizante de custo de transporte.

O arroz produzido em Mato Grosso, em vista da posição geográfica desfavorável do estado, não consegue competir com regiões produtoras mais próximas dos grandes centros consumidores, o que reserva sua produção para suprir demanda dos estados e territórios não incluídos no modelo, bem como para atender às exportações e ao armazenamento.

Sendo a produção de arroz obtida de uma única safra, é necessária a estocagem para assegurar o abastecimento do mercado em todas as épocas do ano.

Com relação à dimensão da produção de Minas Gerais, sugere-se que ela se encontra superestimada, talvez em virtude de entradas, não registradas, de arroz proveniente de Mato Grosso. Constatou-se a presença do arroz oriundo de Mato Grosso e Goiás durante a coleta de dados junto ao comércio atacadista de Belo Horizonte. Pode ocorrer, portanto, que o arroz mineiro que vai para o Rio de Janeiro seja, na verdade, proveniente de Mato Grosso e Goiás.

O presente trabalho pode servir para uma análise estática comparativa em relação à estrutura de fluxos e consumos regionais observada, possibilitando aos órgãos governamentais o norteamento e a avaliação de políticas no setor do abastecimento.

QUADRO 6 - Classificação dos mercados internos no comércio interregional de arroz, segundo mini-mização do custo de transporte do produto e níveis de demanda regionais: Brasil, 1975

Estados Produtores	Bons			Médio			Ruins		
	RJ	PE	RJ SP ES SE PT	RJ SP	RJ SP	SE DF AL BA SP ES	RJ SP PT ES	SE PA CE PB AL RN PE BA	CE PB AL RN PE BA SE
Minas Gerais						SE AL BA SP		SE AL BA ES	PA DF CE PN RN PE
Mato Grosso						DF PB AL RN		ES SE BA AL	PA DF CE PB AL RN PE
Paraná						SE BA ES		ES SE BA AL	PA DF CE PB RN PE
Santa Catarina						ES SE BA AL		PA PB RN PE	CE
Goiás						PA PB RN PE		PA PB RN PE	PA DF CE PB RN PE
Rio Grande do Sul						SE AL BA ES		SE AL BA ES	PA DF CE PB RN PE
Maranhão						ES		ES	DF RJ SP
Piauí						PA		PA	ES RJ SP DF

FONTE: Dados da pesquisa

4. CONCLUSÕES

As conclusões mais específicas podem ser enumeradas como: a) o Estado que se apresenta com maior vantagem comparativa de localização para produzir arroz com vista ao mercado interno é Minas Gerais, seguido do Paraná, Piauí, Santa Catarina, Maranhão e Goiás, em ordem decrescente, o que, associado com as disponibilidades de áreas cultiváveis e outras culturas regionais, pode servir de apoio para a fixação de diretrizes no setor de abastecimento interno; b) o arroz mato-grossense, pela localização geográfica do Estado, é o que se apresenta, aparentemente, menos competitivo no mercado interno, sendo que os fluxos observados desse produto para o Triângulo Mineiro e deste para os pontos de demanda apresentam-se contrários aos objetivos de minimização do custo de transporte; c) com base nos preços reais médios observados para os fluxos realizados em 1970 e os calculados para os fluxos recomendados pela otimização, evidencia-se que os primeiros foram ineficientes, embora estudos posteriores devam ser conduzidos para avaliar o grau desta ineficiência; d) o custo real global mínimo para os fluxos ótimos de solução deste problema de Programação Linear, associado a estruturas de oferta e demanda regionais, está estimado em 49,8 milhões de cruzeiros de 1975; e) superestimativas do consumo regional para o Rio de Janeiro e para São Paulo, ocasionadas pelas relativamente elevadas rendas *per capita* desses Estados, podem ser corrigidas, em parte, pela maior participação do arroz gaúcho no mercado externo e nos estoques governamentais e pelo aproveitamento do produto mato-grossense no abastecimento do Norte e Nordeste; f) a classificação dos mercados internos para as regiões principais produtoras, segundo a minimização do custo global de transporte e os níveis de demanda regional, explica o escoamento do arroz de Mato Grosso através do território mineiro em direção aos centros consumidores.

Houve certa coerência entre a atual distribuição de arroz no mercado interno e os resultados desta pesquisa.

5. RESUMO

No Brasil têm-se estados principalmente fornecedores e estados predominantemente consumidores de arroz. Dentro as variáveis que atuam no processo de distribuição do produto no mercado interno, a crise de combustíveis pode ser considerada de grande importância.

Neste trabalho, pretende-se fornecer condições de avaliação da eficiência do atual sistema de distribuição inter-regional de arroz. Objetiva-se ainda determinar: a) o conjunto ótimo de preços diferenciais entre os estados; b) os preços de equilíbrios, consumo, excedentes ou *deficit* para todos os estados; c) os melhores mercados para o arroz produzido nos diferentes estados; d) as vantagens puras de localização dos principais estados produtores, no que diz respeito à comercialização de arroz.

O Brasil foi dividido em 20 regiões, cada uma representada por um estado (excluídos os territórios e estados da Região Norte).

Foi ajustada uma equação de demanda de arroz a nível nacional, estimada pelo método dos mínimos quadrados; foi feita ainda uma primeira classificação dos estados quanto a excedentes ou *deficit*, a fim de possibilitar o emprego do modelo de equilíbrio espacial.

Desenvolveu-se um processo iterativo, onde cada iteração caracterizou-se pela classificação de cada região como de excedente (fornecedor) ou de *deficit* (consumidor) e pela necessidade de resolver o problema de programação linear, ou seja:

$$\begin{aligned}
 &\text{minimizar } C = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_{ij} C_{ij} \\
 &\text{sujeito a} \\
 &\quad \sum_{j=1}^n X_{ij} = a_i, \quad i = 1, 2, \dots, m \\
 &\quad \sum_{i=1}^m X_{ij} = b_j, \quad j = 1, 2, \dots, n
 \end{aligned}$$

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$$

$$x_{ij} \leq 0$$

onde C é o custo global de transporte do produto entre as regiões; C_{ij} é o custo unitário para transferir o produto da i -ésima região de oferta até a j -ésima região de demanda; X_{ij} é a quantidade transportada da região i até a região j .

Um destino artificial (porto) foi criado para igualar excedente ou *deficit*.

O processo interativo convergiu para o equilíbrio de preços, consumo, excesses ou *deficit* regionais, associado ao conjunto ótimo de preços diferenciais entre as regiões e os fluxos ótimos de custo mínimo.

A elasticidade-preço da demanda de arroz foi da ordem de -0,16, a elasticidade-cruzada para o trigo igual a 0,41 e a elasticidade-renda igual a 0,81.

Concluiu-se que o excedente mineiro deve ir para o Rio de Janeiro (272699 t) e para o Espírito Santo (1126 t); todo o excedente mato-grossense foi enviado para o Porto (323293 t); o Paraná envia para São Paulo (65834 t); Santa Catarina também envia para São Paulo (12461 t); Goiás envia seu excedente para Sergipe (13336 t); o Distrito Federal (16830 t), Bahia (155337 t), São Paulo (465301 t); o Rio Grande do Sul supre o Rio de Janeiro (291037 t) e reserva para o Porto (79955 t); o Maranhão abastece o Pará (17997 t), o Ceará (78915 t), a Paraíba (41260 t), Alagoas (26033 t), o Rio Grande do Norte (36123 t), Pernambuco (148564 t) e a Bahia (6026 t); o Piauí supre o Ceará (4356 t).

O custo mínimo global relativo aos fluxos ótimos foi estimado em 49,8 milhões de cruzeiros de 1975.

Os mercados foram classificados em bons, médios e ruins, para cada região de excedente, e o estado de maior vantagem comparativa de localização é Minas Gerais, que pode dispor de seu produto a um preço superior aos outros estados. Já os Estados de Mato Grosso e Rio Grande do Sul apresentaram-se em desvantagem comparativa de localização.

Apesar dos fluxos ótimos se apoiarem em dada estrutura de regiões de excesses, estrutura esta sujeita a possíveis variações de produção nos estados, esta pesquisa possibilita análises comparativas com os fluxos observados em determinada época, permitindo uma avaliação da eficiência de sua estrutura, dentro das características do mercado.

6. SUMMARY

In Brazil there are states which are typically producers and others that are mainly consumers of rice. Among the major factors affecting the distribution process in the domestic market, the fuel crisis can be considered most important.

This paper is intended to provide conditions for evaluation of the present system of interregional distribution of rice. The objectives of this study are to determine: a) the optimal set of differential prices among states; b) the equilibrium prices, state consumption levels, and state excesses or deficits; c) the most appropriate market for the rice produced in different states; d) the geographical advantages of the major producer states in terms rice marketing.

The country was divided into 20 regions, each of them representing a state, an aggregation of states (Northeast in states) or an aggregation of territories.

The demand equation for rice was estimated by the least squares method. The states were classified in relation to excesses or deficits in order to make possible the use of the spatial equilibrium model. A reiterative process was developed in which each reiteration classified a region as excess or deficit in order to solve linear programming problem. That is:

$$\text{minimize } C = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} x_{ij}$$

$$\text{subject to } \sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} = b_j, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$$

$$X_{ij} \leq 0$$

where C is the overall transportation cost among regions; C_{ij} is the unit transfer cost from i-th supply to j-th demand region; X_{ij} is the quantity transferred from region i to region j. A theoretical consumption center matches excess to deficit. The interactive process converged to an equilibrium of prices, consumption and excess or deficits, associated with the optimal set of differential prices among regions and the minimum cost optimal flow of product.

The price-elasticity of demand of rice was equal to -0,16. The cross-elasticity of demand in nation to price of wheat was equal to 0,41 and the income elasticity was equal to 0,81.

Under the optimum solution the excess production of Minas Gerais went to Rio de Janeiro (272,699 t) and to Espírito Santo (1,128 t). All excess production of Mato Grosso went to the «Harbor» or dummy destination (332,293 t). Paraná sends its excess product to São Paulo (65,834 t) and Santa Catarina also sends to São Paulo (12,461 t). Goiás supplied Sergipe (13,336 t), Distrito Federal (16,830 t), Bahia (155,337 t) and São Paulo (465,301 t). Rio Grande do Sul supplied Rio de Janeiro (291,037 t) and the «Harbor» or dummy destination (79,955 t), Alagoas (26,033 t), Rio Grande do Norte (36,123 t), Pernambuco (148,564 t) and Bahia (6,026 t). Piauí supplied Ceará (4,356 t).

The minimum total transportation cost derived from the optimal flow was estimated in Cr\$ 49,8 million.

The markets were classified as «good», «medium» or «bad» for each excess region. The state with the highest location advantage was Minas Gerais. Mato Grosso and Rio Grande do Sul presented a disadvantage in terms of location.

7. LITERATURA CITADA

1. BRASIL. IBGE. *Anuário Estatístico do Brasil*. Rio de Janeiro, v. 8-33, 1947/72.
2. BRASIL. Ministério da Agricultura. SUPLAN. *Sinopse e estatística da agricultura brasileira, 1947-70*. Brasília, 1972. 5v.
3. BRESSLER, R.G. & KING, R.A. *Markets, prices and inter-regional trade*. New York, John Wiley & Sons, 1970. 86 p.
4. BRASIL. Fundação Getúlio Vargas. *Conjuntura Econômica*. Rio de Janeiro, v. 27, n.º 12, dez. 1973.
5. ENKE, S. Equilibrium among spatially separated markets: solution by electric analogues. *Econometria* 19(2):40-48. 1951.
6. FIGUEIREDO, N.S. de, SILVA, J.F.G. da & NEVES, E.M. Minimização de custo de transporte de álcool. *Agricultura em São Paulo* 21(1):177-198. 1974.
7. FUTRELL, G.A., WALKER, F.E. & STOUT, T.T. *Econometric generalizations of the Ohio and pork industries in interregional competition*. Wooster, Ohio Agricultural Research and Development Center, 1965. 59 p. (Research Bulletin 974).
8. GUIA QUATRO RODAS DO BRASIL. Rio de Janeiro, Editora Abril, 1975. 513 p.

9. JOHNSTON, J. *Econometric methods*. New York, McGraw-Hill, 1963. 318 p.
10. BRASIL. IRGA. *Lavoura Arrozeira*. Porto Alegre, v. 26, n.º 273, mai/jun, 1973.