



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA
Vinculada ao Ministério da Agricultura
Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido - CPATU
Belém, PA

**1º Simpósio
do Trópico Úmido**

1st Symposium
on the Humid Tropics

1er Simpósio
del Trópico Húmedo

**ANAIS
PROCEEDINGS
ANALES**

Volume III

Culturas Temporárias

Temporary Crops Cultivos Temporales

Departamento de Difusão de Tecnologia
Brasília, DF
1986



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA
Vinculada ao Ministério da Agricultura
Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido - CPATU
Belém, PA

1^o Simpósio do Trópico Úmido

**1st Symposium
on the Humid Tropics**

**1er Simpósio
del Trópico Húmedo**

ANAIS PROCEEDINGS ANALES

Belém, PA, 12 a 17 de novembro de 1984

Volume III

Culturas Temporárias

Temporary Crops Cultivos Temporales

Departamento de Difusão de Tecnologia
Brasília, DF
1986

EMBRAPA-CPATU. Documentos, 36

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à

EMBRAPA-CPATU

Trav. Dr. Inéas Pinheiro s/n

Telefone: 226-6622

Telex (091) 1210

Caixa Postal 48

66000 Belém, PA - Brasil

Tiragem: 1.000 exemplares

Observação

Os trabalhos publicados nestes anais não foram revisados pelo Comitê de Publicações do CPATU, como normalmente se procede para as publicações regulares. Assim sendo, todos os conceitos e opiniões emitidos são de inteira responsabilidade dos autores.

Simpósio do Trópico Úmido, I., Belém, 1984.
Anais. Belém, EMBRAPA-CPATU, 1986.
6v. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 36)

1. Agricultura - Congresso - Trópico. I. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido, Belém, PA.
II. Título. III. Série.

CDD 630.601

DOSES ECONÔMICAS DE FERTILIZANTES PARA A CULTURA DO ARROZ DE SEQUEIRO EM SOLO PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO NO CERRADO DE RORAIMA

Paulo Choji Kitamura¹, Walmir Salles Couto¹, Saturnino Dutra¹
Antonio Carlos Centeno Cordeiro² e Alfredo Augusto Cunha Alves²

RESUMO: Foi realizada uma avaliação econômica de experimentos com adubação N.P.K. em arroz (*Oryza sativa*) de sequeiro em solo Podzólico Vermelho-Amarelo no cerrado de Roraima, visando indicar aos produtores locais, em caráter preliminar, as doses econômicas desse insumo para aquela cultura. O modelo utilizado na determinação da curva de resposta foi o de Mitscherlich, que incorpora alguns dos importantes fundamentos da Ciência do Solo, principalmente a "lei do mínimo", sendo portanto mais aderente à realidade agrônômica estudada. O modelo apresenta como características rendimentos marginais decrescentes, e um teto de máximo rendimento. As doses econômicas calculadas a partir da agregação dos preços de arroz em casca e de fertilizantes aos coeficientes agrônômicos obtidos do modelo foram de cerca de 53 kg/ha de N, 57 kg/ha de P₂O₅ e 4 kg/ha de K₂O, valores esses associados ao atingimento de um rendimento relativo de 60%, que nas condições experimentais correspondeu a rendimento absoluto de cerca de 1.400 kg/ha de arroz em casca. Os autores ressaltam a necessidade de novas pesquisas no sentido de consolidar esses resultados.

Termos para indexação: Adubação de arroz, análise econômica, modelo de Mitscherlich, curva de resposta, cerrado de Roraima, *Oryza sativa*.

ECONOMIC LEVELS OF FERTILIZER APPLICATION FOR RICE CULTIVATED ON "CERRADO" RED YELLOW PODZOLIC SOIL OF RORAIMA

ABSTRACT: This paper presents an economic evaluation of fertilizer application experiments for rice (*Oryza sativa*) cultivated on "cerrado" Red Yellow Podzolic soil of Roraima, Brazil. To fit the yield response, the Mitscherlich model, which uses some important fundamentals of soil science, such as "the law of minimum", making it more realistic than other models to express soil-plant relationships, was selected. The model has two basic characteristics: diminishing returns and a maximum yield plateau. Results obtained from the model, using July/83 prices of rice and fertilizer were 53 kg/ha of N, 57 kg/ha of P₂O₅ and 4 kg/ha of K₂O. The optimum levels of nitrogen, phosphorus, and potassium found in this paper were associated with relative yield of 60 percent, which under experimental conditions corresponds to 1,400 kg/ha of rice. The results are still preliminary, and more studies are necessary in order to confirm them.

Index terms: Rice yield response, Mitscherlich model, "cerrado" of Roraima, fertilizer application, *Oryza sativa*.

INTRODUÇÃO

O Território de Roraima, com 230.104 km²,

equivalente a 2,7% da superfície do país possuía em 1980 uma população de pouco mais de 82.000 habitantes, cerca de

¹ Eng.-Agr. M.Sc. EMBRAPA-CPATU. Caixa Postal, 48. CEP 66000 Belém, PA.

² Eng.-Agr. EMBRAPA-UEPAT Boa Vista. Av. Capitão Júlio Bezerra. 353. CEP 69300 Boa Vista, RR.

38% dessa residente na zona rural (Fundação IBGE 1981), e tinha na atividade extrativa a base de sua economia. Nos anos recentes, com a presença de várias frentes de ocupação que dominam a região, principalmente às margens da rodovia Manaus-Boa Vista-Caracas e da Perimetral Norte, abertas na década de 70, a atividade agrícola vem tomando um grande impulso nesse Território.

Apesar dessa expansão ter ocorrido em áreas localizadas, em função da facilidade de acesso, as estatísticas agropecuárias, mesmo agregadas ao nível de Território, mostram a intensidade dessa ocupação. A área cultivada com produtos alimentares, por exemplo, cresceu de cerca de 20.000 ha em 1980 para mais de 60.000 ha em 1981, ou seja, um incremento de aproximadamente 200% em um único ano, liderado pela cultura do arroz com pouco menos de 30.000 ha. Enquanto isso, o rebanho bovino também mostrou crescimento substancial, tendo atingido mais de 340.000 cabeças, em 1982 (Fundação IBGE 1977, 1982, 1983).

Dessa forma, as atividades bases no processo de ocupação do Território de Roraima têm sido, de um lado, a lavoura de subsistência, para os pequenos produtores, e de outro, a pecuária para grandes e médios produtores, onde na implantação da pastagem a área é precedida por culturas de ciclo curto, principalmente arroz, visando financiar os custos de estabelecimento daquela. Este último aspecto é particularmente notável em área com vegetação de cerrado, que apresenta aproximadamente 17% da área total daquela unidade federativa, onde a topografia e a vegetação natural existente facilitam a mecanização dos cultivos, necessária para fazer frente não só à mobilização de grandes extensões de terras, mas principalmente à escassez de mão-de-obra.

Por outro lado, a ocupação das áreas de cerrado tem exigido o uso generalizado de fertilizantes, tendo em vista a baixa fertilidade de seus solos, onde muitas vezes os rendimentos são nulos na ausência de adubação. Até o momento, dada a total carência de dados de fertilização de culturas em condições locais, os produtores têm utilizado dosagens geralmente inadequadas desse insumo, a partir da extrapolação de resultados de outras localidades ou de dados ob-

tidos pelo processo de tentativa e erro por parte dos próprios agricultores regionais.

Nesse contexto, uma questão fundamental é a estratégia de adubação a ser seguida na Amazônia: adubar o solo ou a planta? Muitos dos países desenvolvidos, pela própria capacidade de investir em melhoramento de seus solos, têm assumido o enfoque de "adubar o solo", tendo promovido uma melhoria paulatina de fertilidade de seus solos "pari passu" à obtenção de altos rendimentos nos cultivos. Enquanto isso, nos países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento, as preferências se dividem, sendo crescente o número de países adotadores de enfoque "adubar a planta", buscando com isso rendimentos satisfatoriamente altos nos cultivos ao mesmo tempo em que a fertilidade natural do solo é conservada, contudo, sem a preocupação maior no seu melhoramento.

Na Amazônia, o bom senso sugere que, no momento atual, o enfoque "adubar a planta" parece ser mais coerente à realidade regional, de solos predominantemente de baixa fertilidade, como também de alto custo dos fertilizantes, que em muitas localidades chegam ao produtor com preços até três vezes maiores quando comparados aos vigentes nos mercados do Centro-Sul do país. O enfoque aqui preconizado permite ao produtor regional a oportunidade de conciliar a sua expectativa em termos de níveis de rendimento visados, a um custo de adubação compatível à sua condição econômico-financeira, além de manter a fertilidade do solo aos níveis encontrados antes da adubação. Isso implica a utilização a curto prazo do efeito residual dos nutrientes aplicados.

Este trabalho visa gerar indicações preliminares para arroz de sequeiro nas condições locais, a partir dos dados de pesquisa em solo Podzólico Vermelho-Amarelo de cerrado daquele Território e analisados dentro do enfoque de adubação da cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

Especificação do Modelo de análise

Os primeiros estudos no que tange a modelos formais para análise das relações entre a produtividade dos cultivos e a aplicação de fertilizantes foram de Mitscherlich

(1909), citado por Munson & Doll (1959) e de Spillman (1924), citado por Magistad et al. (1982). Esses cientistas especificaram modelos matemáticos que incorporavam alguns fundamentos das relações fisiológicas solo-planta, no tocante a resposta à aplicação de nutrientes, a partir dos fundamentos já deixados por Liebig (1855, 1840), citado por Waggoner & Norvell (1979), que introduziu a Lei do Mínimo. A Lei do Mínimo caracteriza-se por dois aspectos fundamentais: 1) desde que um nutriente seja limitante, mesmo mudanças relativamente grandes na oferta de outros nutrientes pouco afetará o rendimento da cultura; 2) o rendimento da cultura é proporcional ao nutriente essencial limitante (Waggoner & Norvell 1979). Em síntese, esse princípio traduz "a noção que nutrientes distintos exerçam funções distintas nos processos fisiológicos vegetais, e que, portanto, não se podem substituir entre si" (Malavolta et al. 1964, Lanzer & Paris 1981). Já o segundo aspecto pressupõe a linearidade de resposta dos cultivos à aplicação de nutrientes.

Mitscherlich (1909), discordando de Liebig, no que se refere à linearidade de resposta dos cultivos à aplicação de fertilizantes, propôs outro modelo incorporando a noção de rendimentos decrescentes, conservando, no entanto, os demais aspectos da "Lei do Mínimo".

A equação matemática proposta por Mitscherlich foi:

$$Y = A(1 - 10^{-c(x + b)}) \quad (1)$$

Onde:

Y = rendimento esperado do cultivo.

A = máximo rendimento esperado.

c = coeficiente de resposta ao nutriente.

b = coeficiente associado à quantidade de nutriente existente no solo antes da adubação.

x = quantidade de nutriente adicionado ao solo.

Dessa forma, Mitscherlich introduziu a noção da existência de rendimentos máximos (A) para cada cultivo conduzido sobre um dado solo, e que o acréscimo no rendimento como resultado da adição de fertilizante é proporcional ao decréscimo a partir daquele teto. Na utilização do modelo,

Mitscherlich estabeleceu que a disponibilidade de demais fatores de crescimento deveria estar em quantidades não limitantes.

Nessa mesma época podem ser citados ainda os esforços de Spilman, Baule e Balmukand, tendo o primeiro proposto um modelo matemático equivalente ao de Mitscherlich e os dois últimos que procuraram especificar modelos generalizados, no entanto, todos partindo dos princípios básicos deixados por Liebig (Munson & Doll 1959, Balmukand 1928, Lanzer 1977).

Mais tarde (principalmente a partir da década de 50) com uma maior participação dos economistas nessa área, criou-se uma polêmica acerca dos modelos matemáticos alternativos, uma vez que a maioria dos novos modelos então formulados (quadrático, raiz quadrada, Cobb Douglas, etc.) incorporavam o conceito de rendimentos marginais negativos, como também do ponto de máximo rendimento, em oposição à noção de "teto de rendimentos" e de rendimentos marginais decrescentes mas não negativos, anteriormente aceitos pelos pesquisadores biológicos.

Desde então vários autores, entre outros, Heady e Munson, na década de 50, citados por Lanzer (1977), Heady & Dillon (1961), Meneguelli & Tollini (1979), Lanzer & Paris (1980, 1981), têm discutido exaustivamente as vantagens e as desvantagens de cada um dos modelos.

Nos anos recentes, a aplicabilidade de cada um dos modelos alternativos tem sido justificada em função do valor específico que cada usuário atribui a cada critério (estatístico-lógico) na sua escolha. Entre esses critérios destacam-se a Lei do Mínimo, o princípio da essencialidade dos nutrientes, o R² de ajustamento, a importância relativa do ponto de máximo rendimento contra um platô de rendimentos máximos, a importância relativa dos rendimentos marginais decrescentes contra os rendimentos marginais de três estágios.

Nesse aspecto, as observações de Theil (1972), citado por Lanzer (1977), são de fundamental importância. Esse autor ressalva que o procedimento estatístico não deve ser colocado como a única ferramenta para resolver o problema de escolha do modelo. Mais ainda, que a consciência dos especialis-

tas da área, de que um modelo é mais realista que outro, pode justificar o seu uso mesmo com estimativas de maior variância nos resíduos.

Atualmente é grande o grupo de pesquisadores que defende a idéia de que qualquer que seja o modelo escolhido, a teoria esboçada por Liebig e consolidada ao longo de décadas deve estar incorporada ao mesmo, uma vez que se apresenta como postulados aos estudiosos da Ciência dos Solos.

O modelo e a sua operacionalização

Dada as considerações já feitas, optou-se pelo modelo básico de Mitscherlich para a análise da resposta de cultivos para nutrientes isolados. Esse modelo apresentado na equação (1) tem a forma mostrada na Fig. 1, ou seja, uma curva de rendimentos marginais decrescentes, que termina com um platô de rendimentos máximos. Quanto à não possibilidade de rendimentos marginais negativos no modelo, Lanzer (1977) coloca que isso não representa limitação, desde que a

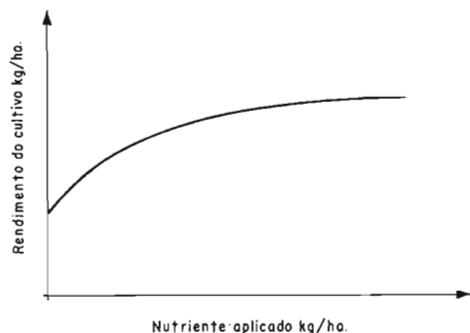


FIG. 1. Forma da curva de resposta dos cultivos aos nutrientes aplicados ao solo segundo Mitscherlich.

diminuição dos rendimentos ocorra somente após longo platô de rendimentos (Russel 1973), principalmente para os macronutrientes N, P e K, conforme mostrados por Corey & Schulte (1973).

Os dados experimentais gerados referem-se à adubação N-P-K para a cultura do arroz de sequeiro, realizada no ano de 1980/81, na região do Monte Cristo, Território Federal de Roraima, em área com vegetação de cerrado. O solo predominante no local é o Latossolo Vermelho-Amarelo, de baixa fertilidade natural, com cerca de 1 ppm de fósforo, 16 ppm de potássio, 0,6 meq% de $Ca^{++} + Mg^{++}$, 0,4 meq% de alumínio e pH 5,4 conforme (Relatório Técnico...1981).

Em termos de clima, a região apresenta o tipo Ami, caracterizado por uma estação seca definida, que ocorre por um período de cerca de seis meses (out./mar.), com uma pluviosidade total da ordem de 1.700 mm anuais, conforme os registros dos últimos anos³.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com três repetições de 25 tratamentos, envolvendo cinco níveis de adubação de nitrogênio, fósforo, potássio e zinco (Tabela 1).

Como fontes de nutrientes foram utilizados a uréia (45% de N), o superfosfato triplo (46% de P_2O_5), o cloreto de potássio (60% de K_2O) e o sulfato de zinco (22,70% de Zn). Com exceção de N, aplicado duas vezes, à razão de 1/3 no plantio e o restante em cobertura no início do perfilhamento, a adubação foi realizada em sulcos por ocasião do plantio.

A cultivar de arroz utilizada foi a IAC 47, uma das mais cultivadas na região, com espaçamento de 50 cm entrelinhas e densi-

TABELA 1. Níveis de adubação nitrogenada, fosfatada, potássica e de zinco - cultura de arroz de sequeiro em Roraima.

Nutriente	Nível de adubação testado (kg/ha)				
	1	2	3	4	5
Nitrogênio (N)	0	50	100	150	200
Fósforo (P_2O_5)	0	50	100	150	200
Potássio (K_2O)	0	20	40	60	80
Zinco ($ZnSO_4$)	0	10	20	30	40

³ Dados do Laboratório de Meteorologia do CPATU.

dade de semeadura de 60 a 70 sementes/m linear, plantadas mecanicamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o ajuste das curvas de resposta do rendimento de arroz à adubação de N, de P_2O_5 e de K_2O , os dados experimentais de rendimentos absolutos foram transformados em rendimentos relativos, a partir dos maiores valores observados. As equações assim ajustadas são apresentadas a seguir:

Nitrogênio

$$Y_n = 100 [1 - e^{-0,1388 (N + 12,911)}] \quad (1)$$

$$R^2 = 0,93$$

Fósforo

$$Y_p = 100 [1 - e^{-0,01373 (P + 9,1872)}] \quad (2)$$

$$R^2 = 0,98$$

Potássio

$$Y_k = 100 [1 - e^{-0,04099 (K + 26,42)}] \quad (3)$$

$$R^2 = 0,98$$

onde,

Y_n , Y_p e Y_k são, respectivamente, os rendimentos relativos (5) de arroz em função da adubação nitrogenada, fosfatada e potássica;

N, P e K são, respectivamente, as dosagens dos nutrientes nitrogênio, fósforo e potássio adicionados ao solo.

O grau de aderência dos rendimentos estimados pelas equações [1], [2] e [3] em relação aos rendimentos observados nos experimentos de campo podem ser vistos na Tabela 2.

As doses ótimas econômicas de Nitrogênio (N), Fósforo (P_2O_5) e de Potássio (K_2O) para a cultura do arroz nas condições médias do experimento foram calculadas a

TABELA 2. Rendimentos relativos estimados e observados no campo para a cultura do arroz à aplicação de fertilizantes nitrogenado, fosfatado e potássico.

Dosagem (kg/ha)	Rendimento relativo (%)	
	Observado ^a	Estimado ^b
Nitrogênio		
0	16,50	16,40
50	56,82	58,23
100	82,14	79,13
150	91,72	89,57
200	88,44	94,79
Fósforo		
0	12,56	11,85
50	54,97	55,63
100	72,56	77,66
150	94,11	88,76
200	96,97	94,34
Potássio		
0	63,90	66,14
20	93,41	85,08
40	89,52	93,43
60	91,45	97,10
80	94,08	98,72

a – Média de três tratamentos

b – Estimados pelas equações [1], [2] e [3]

partir das estimativas de rendimentos relativos obtidos das equações [1], [2] e [3], aplicando-se o princípio da essencialidade dos nutrientes, ou seja, calculando-se os requerimentos de N, P_2O_5 e K_2O em kg/ha necessários para o atingimento de diferentes níveis de rendimentos relativos visados.

A interpretação dos resultados, em termos econômicos, é realizada agregando-se os preços dos fertilizantes às doses requeridas desses, enquanto o preço do produto é agregado à curva de repostas, estando esta ajustada para um máximo de rendimentos absolutos (kg/ha). Dessa forma, as doses ótimas de fertilizantes são indicadas pela maior magnitude dos lucros adicionais obtidos com a aplicação dos fertilizantes.

As doses de N, P_2O_5 e K_2O , necessárias para o atingimento de níveis sucessivos de rendimentos relativos, bem como as quantidades complementares desses nutrientes para a manutenção da fertilidade inicial, são apresentadas na Tabela 3.

Os resultados obtidos evidenciaram que nas condições do experimento há necessidade de adubação nitrogenada e fosfatada para o atingimento de qualquer rendimento relativo superior a pouco mais de 10% (± 235 kg/ha). Por outro lado, mostram também que um rendimento relativo de até 60% (± 1.400 kg/ha) pode ser obtido sem uso da adubação potássica.

No entanto, assumindo-se a premissa de

que a adubação deve ao menos devolver ao solo a quantidade de nutrientes extraídos pela cultura durante o seu cultivo, visando conservar o nível de fertilidade, pode-se inferir que as doses de fertilizantes calculados para cada valor de rendimento relativo devem ser iguais ou superiores à quantidade de nutrientes extraídos pela produção de grãos obtidos, o que implica a necessidade de complementação das doses calculadas pelo modelo, uma vez que esta não considera a dinâmica dos nutrientes no solo.

As doses complementares de fertilizante, visando a reposição dos nutrientes extraídos pela produção de arroz (somente grãos), conforme arrolados na Tabela 3, foram calculadas a partir de coeficientes experimentais de Gargantini & Blanco (1965), citado por Malavolta et al. (1974), assumindo-se a equivalência de 2.330 kg/ha para o rendimento relativo de 100%.

Os dados da Tabela 4 traduzem os coeficientes agronômicos em termos monetários, aos preços correntes de julho de 1983 na praça de Boa Vista, RR. Nas condições analisadas, os lucros máximos ocorreram para rendimentos relativos em torno de 60%, ou seja, com valores absolutos de cerca de 1.400 kg/ha, com o uso de cerca de 53 kg/ha de N, 57 kg/ha de P_2O_5 e 4 kg/ha de K_2O .

A esses níveis de fertilizantes e de rendimentos relativos, os custos foram da ordem de Cr\$ 70.840/ha somente na aquisi-

TABELA 3. Doses de N, P_2O_5 e K_2O necessárias para o atingimento de diferentes níveis de rendimentos relativos e quantidades complementares de nutrientes necessários à manutenção da fertilidade natural.

Rendimento relativo (%)	Adubação estimada (kg/ha) ^a			Complementação manutenção (kg/ha) ^b		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
10	0	0	0	3,05	1,34	0,72
20	3,29	7,10	0	2,72	0	1,45
30	12,44	16,34	0	0	0	2,18
40	23,83	27,85	0	0	0	2,91
50	37,16	41,33	0	0	0	3,64
60	53,12	57,46	0	0	0	4,37
70	73,82	78,39	2,95	0	0	2,15
80	103,07	107,96	12,85	0	0	0
90	153,15	158,59	29,81	0	0	0

a — Estimados pela equação [1], [2] e [3].

b — Estimados a partir de Gargantini & Blanco (1965) citado por Malavolta et al. (1974).

ção de fertilizantes, tendo gerado uma receita bruta de Cr\$ 139.800/ha.

Por outro lado, esses resultados mostram um aparente desbalanceamento da adubação (vide proporção de $N:P_2O_5:K_2O$), evidenciando assim um grande potencial em termos de melhoria do nível de manejo da planta e do solo. Acredita-se que as doses econômicas de nutrientes poderão tanto ser significativamente diminuídas como também melhor balanceadas, sem que os rendimentos da cultura sejam afetados, desde que ocorram melhorias na eficiência no uso dos nutrientes pela planta, resultantes de pesquisas visando um manejo mais adequado para a cultura nas condições ambientais estudadas.

A experiência de alguns produtores ilustra bem esse aspecto. Segundo esses, o preparo do solo incluindo uma gradagem no período do verão acompanhado de outra gradagem no pré-plantio, por exemplo, tem resultado em maiores rendimentos, quando comparado à alternativa de um único preparo no pré-plantio.

Quanto ao efeito residual dos fertilizantes no solo, apesar de sua importância em função do enfoque de adubação assumido, não se fez uma avaliação, tendo em vista a falta de dados mais completos.

Desde que as doses ótimas econômicas

de fertilizantes sofrem significativas mudanças, em consequência da variação da relação preço do fertilizante/preço do produto, simularam-se mudanças nos seus preços relativos. Os resultados assim obtidos, conforme Fig. 2, traduzidos em uma aproximação da linha de decisão, indicam a magnitude dessas mudanças, a partir da relação atual de preços.

Um aumento de 50% no preço médio real dos fertilizantes, permanecendo constante o preço do arroz, reduziria as doses econômicas de adubação para cerca de

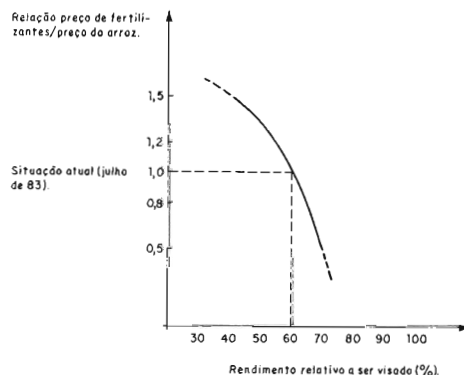


FIG. 2. Variação do rendimento relativo a ser visado na adubação em função da variação dos preços relativos (fertilizantes/arroz em casca) Roraima.

TABELA 4. Custos dos fertilizantes aplicados, receitas adicionais e lucros adicionais obtidos para diferentes níveis de rendimentos relativos.

Rendimento relativo (%)	Custo do fertilizante Cr\$/ha ^a		Receita adicional Cr\$/ha ^b	Lucro adicional Cr\$/ha
	Estimado pela equação	Complemento manutenção		
10	0	2.979	23.300	20.320
20	6.701	2.331	46.600	37.566
30	17.968	1.371	69.900	50.559
40	31.997	1.835	93.200	59.367
50	48.422	2.295	116.500	65.782
60	68.085	2.755	139.800	68.959
70	95.457	1.356	163.100	66.285
80	137.765	—	186.100	48.334
90	210.210	—	209.700	(510)

a — Aos preços de Cr\$ 235, Cr\$ 323 e Cr\$ 380 por kg de uréia, superfosfato triplo e cloreto de potássio, respectivamente (Posto Boa Vista julho de 1983).

b — Ao preço de Cr\$ 100 por kg de arroz em casca (Posto Boa Vista julho de 1983).

() — Valor negativo.

24 kg/ha de N, 28 kg/ha de P_2O_5 e 3 kg/ha de K_2O , o que corresponderia às necessidades de nutrientes para se atingir um rendimento relativo de 40%. Por outro lado, uma redução no preço médio real do fertilizante da ordem de 50%, permanecendo constante o preço do arroz, aumentaria as doses econômicas de fertilizante a serem aplicados para cerca de 74 kg/ha de N, 78 kg/ha de P_2O_5 , e 5 kg/ha de K_2O .

CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos do modelo, chegam-se às seguintes conclusões:

– Nas condições analisadas, o Nitrogênio e o Fósforo são os nutrientes mais restritivos à produção de arroz, limitando os rendimentos aos níveis médios de 235 kg/ha, na ausência de adubaçã, ou seja, cerca de 10% do seu potencial produtivo médio em presença de adequada adubaçã.

– O Potássio, em contrapartida, mostrou-se como um nutriente menos limitante nas mesmas condições, propiciando rendimentos de até mais de 60% do potencial produtivo médio, mesmo na ausência de adubaçã desse elemento.

– As doses econômicas de N, P_2O_5 e K_2O para a cultura do arroz nas condições analisadas estão em torno de 53 kg/ha, 57 kg/ha e 4 kg/ha, respectivamente, considerando-se a reposiçã de nutrientes retirados pela colheita de grãos.

– Os retornos monetários da adubaçã no ponto de doses econômicas calculadas aos preços de julho/83 estão em torno de Cr\$ 2 para cada Cr\$ 1 investido na aquisiçã desse insumo.

Os resultados obtidos sugerem a possibilidade de avanços substanciais no que se refere ao manejo da planta e conseqüentemente melhoria da eficiência dos nutrientes aplicados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao professor Edgar Augusto Lanzer, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pela inestimável colaboraçã prestada na fase de escolha e especificaçã do modelo de análise.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALMUKAND, B.H. Studies in crop variation. V. The relation between yield and soil nutrients. *J. Agric. Sci., Cambridge*, 18:602-27, 1928.
- COREY, R.B. & SCHULTE, E.E. Factors affecting the availability of nutrients to plants in soil testing and plant analysis. *Soil Sci. Soc. Amer.*, Madison, 1973.
- HEADY, E.D. & DILLON, J. *Agricultural production functions*. Ames, The Iowa State College, 1961.
- FUNDAÇÃO IBGE, Rio de Janeiro. *Levantamento sistemático da produçã agrícola*. Rio de Janeiro, 1983. 57p.
- FUNDAÇÃO IBGE, Rio de Janeiro, RJ. *Sinopse preliminar do censo agropecuário*. Rio de Janeiro, 1977. v.14.
- FUNDAÇÃO IBGE, Rio de Janeiro, RJ. *Sinopse preliminar do censo demográfico*. Rio de Janeiro, 1981. (IBGE. Recenseamento Geral do Brasil, v.1, n.2).
- FUNDAÇÃO IBGE, Rio de Janeiro, RJ. *Sinopse preliminar do censo agropecuário*. Rio de Janeiro, 1982. (IBGE. Recenseamento Geral do Brasil, v.2, n.2).
- LANZER, E.A. *Fertilizer recommendations from the dynamic Liebig-Mitscherlich model: The case of wheat-soybeans in Southern Brazil*. Davis, University of California, 1977. 213p. Tese doutorado.
- LANZER, E.A. & PARIS, Q. A new analytical framework for the fertilization problem. *Amer. J. of Agric. Econ.*, Menasha, 83(1):93-103, Febr. 1981.
- LANZER, E.A. & PARIS, Q. A especificaçã de modelos para análise econômica do uso de fertilizantes. *R. Econ. Rural*, Rio de Janeiro, 18(18):23-6, jan./mar. 1980.
- MAGISTAD, O.C.; FARDEN, C.A. & LAMBERT, C.B. Yields of pineapples as influenced by fertilization and conformity to the law of diminishing increment. *J. Amer. Soc. of Agron.*, 24(8):610-22, Aug. 1932.
- MALAVOLTA, E.; HAAG, H.P.; MELLO, F.A.F. & BRASIL SOBRINHO, M.O.C. *La nutriciã mineral de algunas cosechas tropicales*. Berna, Instituto International de la Potasa, 1964. 163p.
- MALAVOLTA, E.; HAAG, H.P.; MELLO, F.A.F. & BRASIL SOBRINHO, M.O.C. Nutriciã mineral e adubaçã de cereais diversos. In: *Nutriciã mineral e adubaçã de plantas cultivadas*. São Paulo, Pioneira, 1974. p.325-70.
- MENEGUELLI, C.A. & TOLLINI, H. O problema da forma algébrica de funçã de resposta a fertilizantes. *R. Econ. Rural*, Rio de Janeiro, 16(4):97-104, 1979.
- MUNSON, R.D. & DOLL, J.P. The economic of Fertilizer use in crop production. *Advances in Agron.*, 11:135-69, 1959.
- RELATÓRIO TÉCNICO ANUAL DO NÚCLEO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE RORAIMA, Porto Velho, 1981. Belém, EMBRAPA-CPATU, 1982. 55p.

RUSSEL, J. **Soil conditions and plant growth.**
London, Longman, 1973.
WAGGONER, P.E. & NORVELL, W.A. Fitting the

law of the minimum to fertilizer applications
and crop yields. **Agron. J.**, 71(2):352-4, Mar.
Apr. 1979.