

QUANTIDADE ÓTIMA ECONÔMICA DE NITROGÊNIO USADO EM CAPIM-PANGOLA E SUA DETERMINAÇÃO PELO PREÇO RELATIVO ATUALIZADO DO FATOR¹

PEDRO AFONSO ALMEIDA DE SALLES e JOSÉ OTÁVIO NETO GONÇALVES²

RESUMO - Realizou-se a análise econômica do efeito do fertilizante nitrogenado sobre uma pastagem de capim-pangola (*Digitaria decumbens* Stent). Na primeira fase estimou-se a curva de resposta com base em um experimento de campo conduzido durante quatro anos, e no qual esta gramínea foi submetida a cinco diferentes níveis de nitrogênio (0, 100, 200, 300, 400 kg/ha/N). A equação selecionada por regressão foi um polinômio do segundo grau: $Y = 2289,23 + 52,45 N - 0,0784 N^2$, onde Y é a produção em kg por ha e N é a quantidade de nitrogênio em kg/ha. Na segunda fase, os resultados da análise econômica mostram que o produtor de carne atinge a máxima eficiência econômica (M.E.E.) em outubro de 1981, com 157 kg/ha/ano de N, enquanto que o produtor de leite obtém a M.E.E. com 249 kg/ha/N. Atinge-se a máxima eficiência técnica (M.E.T.) com 333 kg/ha/ano de N. Com o objetivo de que a análise seja sempre atual, foram determinados os níveis de N para atingir a M.E.E., a qualquer preço deste fator de produção em relação aos produtos de pecuária, carne e leite, pois cabe, por último, ao produtor, decidir, entre diversas alternativas, qual é a mais viável em suas condições e preços.

Termos para indexação: análise econômica, máxima eficiência econômica, curva de resposta, função de produção, máxima eficiência técnica.

BEST ECONOMICAL QUANTITY OF NITROGEN USED ON PANGOLA GRASS AND ITS DETERMINATION BY THE FACTOR'S ACTUAL RELATIVE PRICE

ABSTRACT - The economic analysis of the effect of nitrogen used on pangola grass (*Digitaria decumbens* Stent) pasture was done. In the first period, the response curve was estimated based on a field experiment conducted during four years, in which this grass was submitted to five different levels of nitrogen (0, 100, 200, 300, 400 kg/ha of N). The equation selected by regression was a polynomial of second degree: $Y = 2289.23 + 52.45 N - 0.0784 N^2$, where Y is the production in kg/ha and N is the quantity of N in kg/ha. In the second period, the results of the economic analysis showed that the meat producer reaches the highest economical efficiency in October of 1981, with 157 kg/ha/year of N. The milk producer reaches it with 249 kg/ha/year. The highest technical efficiency was reached with 333 kg/ha/year of N. Searching for an up-to-date analysis, the nitrogen levels were determined to reach the highest economical efficiency, at any price, of this production factor, related with the cattle breeding products (meat and milk), since that it is up to the producer to decide between the alternatives, which is the most practicable in its conditions and prices.

Index terms: economical analysis, response curve, production function, highest technical efficiency.

INTRODUÇÃO

O capim-pangola (*Digitaria decumbens* Stent) é uma gramínea de ciclo estival, com boa adaptação às condições de solo e clima da região sudoeste do Rio Grande do Sul. Seu emprego na formação de pastagens de verão, para utilização com bovinos de corte e leite, é uma das alternativas para aumentar a disponibilidade de forragem neste período.

Diversos trabalhos realizados em regiões de clima subtropical têm mostrado que a produção de

matéria seca desta gramínea aumenta em função do uso de nitrogênio (Kretschmer 1964, Bryan & Sharpe 1965, Richards 1965, Singh & Ray 1967).

No Rio Grande do Sul, também foi constatada resposta do capim-pangola a níveis crescentes de nitrogênio (Centeno & Monks 1973, Silva & Colares 1973, Gonçalves 1980).

Entretanto, são poucas as curvas de respostas do pangola a fertilizantes e menores ainda são as informações acerca da eficiência econômica do uso de fertilizantes na pastagem (Salles 1981).

Fala-se muito na elevação dos preços dos adubos, entretanto, pouco se comenta quando as respostas a eles são significativas ou até espetaculares, como tem acontecido em repetidos trabalhos a campo nesta Unidade de Pesquisa da EMBRAPA.

¹ Aceito para publicação em 7 de outubro de 1981

² Eng.º Agr.º, Unidade de Execução de Pesquisa de Ambiente Estadual (UEPAE) - EMBRAPA, Caixa Postal 242, CEP 96400 - Bagé, RS.

Este estudo visa a determinação de quantidade de nitrogênio mais lucrativa na fertilização de pastagem nas diversas relações de preço possíveis, para dois produtos tradicionalmente competitivos na pecuária: carne e leite.

MATERIAL E MÉTODOS

Com o objetivo de obter informações necessárias aos produtores, foi realizado na UEPAE/Bagé, RS, um trabalho de campo, testando o efeito de cinco níveis de nitrogênio (0, 100, 200, 300, 400 kg/ha) sobre a produção de matéria seca e o período de utilização do capim-pangola (Gonçalves 1980). O solo utilizado pertence à unidade de mapeamento Bagé, descrito quantitativa e qualitativamente na "Aptidão Agrícola das Terras do Rio Grande do Sul" (Brasil. Ministério da Agricultura 1978). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos ao acaso, com quatro repetições; as parcelas tinham uma dimensão de 3 m x 4 m. O referido experimento teve uma duração de quatro anos. O trabalho foi iniciado em 1973 e conduzido até 1976. Utilizou-se como fonte de nitrogênio a uréia com 45% de N. As doses foram aplicadas anualmente e de forma parcelada; três aplicações iguais dentro de cada tratamento. O primeiro terço de cada dose foi aplicado no início da estação de crescimento, o segundo após o primeiro corte e o terceiro após o segundo corte. A produção foi avaliada através de três cortes com segadeira de lâmina nos três primeiros anos, enquanto que, no último ano, foram realizados somente dois cortes na pastagem, somando ao todo onze cortes em cada parcela. Podemos resumir a análise dos dados obtidos nas seguintes etapas:

1. Análise estatística do efeito dos níveis de N sobre a produção de matéria seca da pastagem.
2. Decomposição do efeito do nitrogênio nos componentes polinomiais ortogonais para escolher o modelo da curva de resposta mais representativo da relação estudada.
3. Regressão, pelo método dos mínimos quadrados, para estimar os parâmetros do modelo escolhido no item anterior.
4. Análise econômica da função de produção melhor ajustada aos dados de campo, procedimento este já descrito em trabalhos anteriores (Salles 1981).

RESULTADOS

Testes estatísticos

A análise da variância indicou que foi altamente significativo ($P < 1\%$) o efeito do nitrogênio sobre a produção de matéria seca do capim-pangola em todos os cortes e na soma anual dos cortes da forrageira. O efeito de repetição do trabalho não foi

significativo (mesmo ao nível de 5% de probabilidade).

Decompondo o efeito da quantidade de nitrogênio em seus componentes polinomiais ortogonais, constatou-se que o modelo quadrático foi o mais indicado para a estimação da curva de resposta do efeito do N na produção de matéria seca do pangola.

Efetuiu-se a regressão com o modelo quadrático em cada corte e na soma anual da produção, testou-se o ajustamento através dos valores dos coeficientes de determinação (R^2) todos maiores do que 0,70, significando que, pelo menos, 70% da variação da quantidade de matéria seca produzida pela pastagem pode ser explicada pelo efeito dos níveis de N empregado.

As estatísticas nas quais se baseou a escolha do modelo da curva de produção e os testes apropriados são apresentados na Tabela 1. Estes testes creditam a validade indispensável ao modelo matemático no qual se fundamenta a análise econômica.

Análise econômica pela orçamentação

Utilizando simples orçamentação calcularam-se para cada nível de N os valores de custos fixos e variáveis, as receitas totais, as receitas líquidas e as taxas internas de retorno para uma pastagem de capim-pangola.

A Tabela 2 e a Fig. 1 resumem os gastos e as receitas determinadas neste experimento e especificadas a seguir:

1. O custo fixo da pastagem de pangola foi avaliado, em janeiro de 1981, pela soma dos fatores fixos utilizados e considerando-se a duração da pastagem que foi, em média, de seis anos:

- a) mão-de-obra: nove homens plantaram 1 ha por dia, em plantio manual: Cr\$ 1.734,00 ÷ 6 = Cr\$ 289,00);
- b) uma aração e duas gradagens: (Cr\$ 3.461,00 ÷ 6 = Cr\$ 576,00);
- c) adubação e adubos corretivos menos o nitrogênio: (Cr\$ 3.758,00 ÷ 6 = Cr\$ 626,00);
- d) limpeza, roçada e manutenção do nível de fertilidade com readubações anuais de P_2O_5 e K: Cr\$ 3.950,00.

A soma é o custo fixo total por ano: Cr\$ 5.441,00.

2. O custo variável é calculado pela quantidade

TABELA 1. Testes estatísticos da regressão de doses de nitrogênio (kg/ha) sobre a produção do capim-pangola (Y = kg/ha/ano).

Estatísticas	Modelo	Intercepto	Termo linear	Termo quadrático
Valor do coeficiente	-	2289,23	52,45	- 0,0784
Teste "t"	-	2,12	4,10	- 2,56
Teste "F"	20,11	-	-	-
Probabilidade de significância	0,0001	0,0492	0,0008	0,0204
Erro padrão da estimativa	-	1,0806	0,0128	0,00003
Coefficiente de variação %	28,4473	-	-	-
Coefficiente de determinação R ²	0,7028	-	-	-
Desvio padrão	2,2964	-	-	-
Média	8072,50	-	-	-

TABELA 2. Orçamentação, produções totais de matéria seca da pastagem estimadas, custos fixos e variáveis, receita total e líquida, e retorno por nível de nitrogênio utilizado.

Quant. de nitrogênio	Produção mat. seca	Custos		Receita total ³	Receita líquida ⁴	Receita líquida Custo total
		Fixos ¹	Variáveis			
kg/ha/a	kg/ha/a	Cr\$/ha/a	Cr\$/ha/a	Cr\$/ha/a	Cr\$/ha/a	%
0	2.289	5.411	0	6.295	854	15,69
100	6.705	5.411	4.822	18.439	8.176	79,66
200	9.553	5.411	9.644	26.271	11.186	74,15
300	10.833	5.411	14.466	29.791	9.884	49,65
400	10.545	5.411	19.288	28.999	4.270	17,27

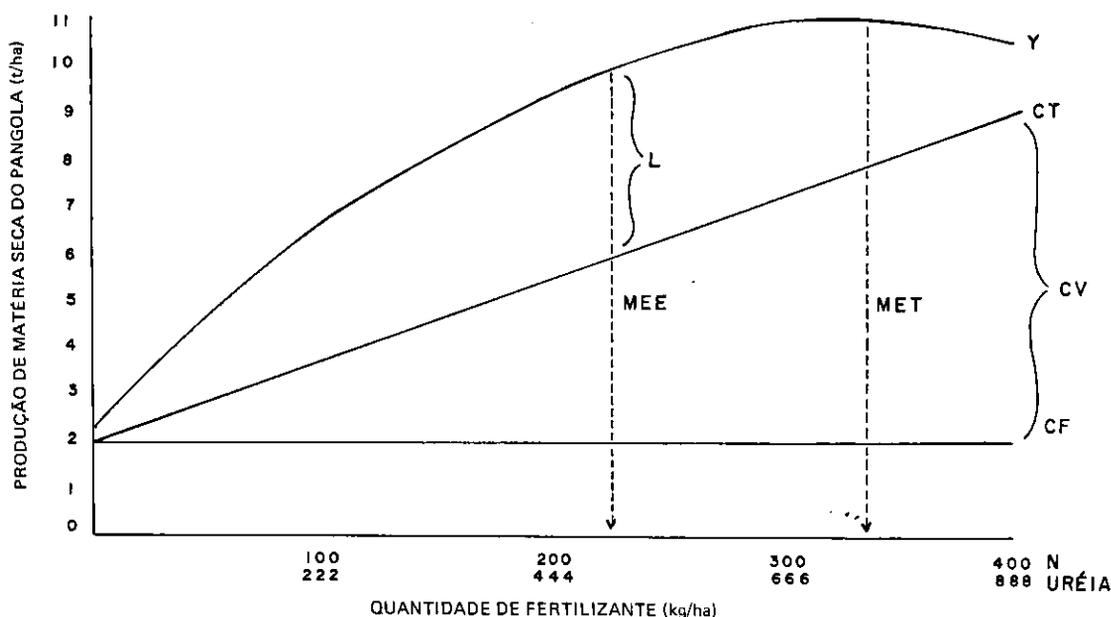


FIG. 1. Curva de resposta (Y), custo total (CT), custo fixo (CF), custo variável (CV), lucro (L) e os pontos de máxima eficiência técnica (MET) e econômica (MEE). (Jan./81).

de N vezes o preço do kg de N. como em 01.01.81 o preço da uréia era de Cr\$ 21,70 o kg, o kg de N valia Cr\$ 48,22 (a uréia tem 45% de N).

3. Para calcular a receita total, utilizaram-se dados dos experimentos de pastoreio nos quais para produzir cada kg de novilho (peso vivo), são necessários 20 kg de matéria seca de pastagem. Ou seja, existe a relação de 20:1 entre matéria seca produzida pela pastagem e os ganhos de peso vivo dos animais em engorde. Por exemplo: em janeiro de 1981, o preço do kg vivo era de Cr\$ 55,00, e a produção de 2.289 kg de M.S. foi de Cr\$ 6.294,75 (2.289 ÷ 20 x 55,00).

4. A receita líquida é a receita total menos os custos fixos da pastagem (comum a todos os tratamentos) menos o custo variável que é o custo da adubação nitrogenada de cada tratamento.

5. A análise financeira do investimento é medida pela taxa de retorno (receita líquida ÷ custo total: R.L. ÷ C.T.). O retorno indica qual o percentual do custo (C.T.) que é transformado em receita líquida (R.L.). Por exemplo, sem o uso de N a R.L. é 15, 69% do C.T. Ou seja, cada cruzeiro investido há 15 centavos de lucro líquido no nível zero de nitrogênio. E isto é muito pouco se o compararmos com o retorno obtido em níveis mais elevados de N (79%).

Análise econômica da curva de produção

Optou-se pelo polinômio do segundo grau para realizar a análise econômica do efeito do fertilizante sobre a pastagem do pangola: produção de matéria seca = 2289,23 + 52,45 N - 0,0784 N² (equação nº 1).

Esta equação expressa a produção de matéria seca na soma dos cortes anuais em quilogramas por hectare, em função da quantidade de nitrogênio.

A partir desta função de produção (1), calculou-se a dose de nitrogênio que maximiza o lucro ou o ponto de máxima eficiência econômica do uso do fator (M.E.E.). Utiliza-se a equação do lucro:

$L = VY^* - F_0 - F_1 N$ na qual substitui-se o valor de Y pela equação de regressão (1):

$$L = \frac{V(2289,23 + 52,45 N - 0,0784 N^2)}{20} - F_0 - F_1 N \quad (2)$$

na qual:

L = lucro em Cr\$/ha/ano

V = preço do quilo do boi vivo ou do leite

Y = produção de matéria seca de pangola em kg/ha/ano

Y* = Y/20 = quantidade de carne viva em kg/ha/ano

F₀ = custo fixo

F₁ = preço do nitrogênio em Cr\$/kg

N = quantidade de nitrogênio em kg/ha/ano

Derivando esta equação (2) e igualando a zero, identifica-se o ponto máximo da curva do lucro do produtor, ou seja:

$$N = \frac{52,45/20}{0,1568/20} - \frac{F_1}{0,1568} = \frac{52,24}{0,1568} - \frac{F_1}{0,1568/20} \quad (3)$$

Quando o kg de nitrogênio custa Cr\$ 48,00 (F₁) e o quilograma do boi vivo (V) vale Cr\$ 55,00, a quantidade de N calculado é de 221 kg/ha/ano (janeiro 1981).

A produção de matéria seca da pastagem neste nível de fertilização é de 9.935 kg/ha.

O custo variável é de (220 x 48) Cr\$ 10.560,00. A receita total por hectare é Cr\$ 27.321,00 e receita líquida Cr\$ 11.320,00 que é a maior R.L. que pode ser obtida, considerando todas as quantidades possíveis do fator nitrogênio (Tabela 2 e Fig. 1).

Este era o ponto de máxima eficiência econômica do fator nitrogênio na pastagem de capim-pangola (M.E.E.) em janeiro de 1981 para o produtor de carne. A máxima eficiência técnica (M.E.T.) do uso de N é dada pela derivada da equação: Y = 2289,23 + 52,45 N - 0,0784 N² que dá O = 52,45 - 0,1568 N onde:

$$N = \frac{52,45}{0,1568} = 333 \text{ kg/ha de N.}$$

Com esta quantidade de N a produção de pastagem é de 10.913 kg/ha/ano de matéria seca, isto é, a maior produção possível a ser obtida através da variação da quantidade de fertilizante nitrogenado (Tabela 2 e Fig. 1).

Idêntico procedimento, no cálculo da M.E.E. para os produtores de carne, foi também utiliza-

do no cálculo da M.E.E. para os produtores de leite com pastagem de pangola.

DISCUSSÃO

Admitindo a situação realista das variações cada vez mais constantes nos preços dos produtos e dos insumos, e visando tornar mais oportuno os resultados deste trabalho, calcularam-se os níveis de máxima eficiência econômica do uso de N, para qualquer relação de preço possível entre o N e o kg de boi vivo ou do leite (Tabela 3).

Esta relação de preço pode ser calculada pelo produtor na ocasião da aquisição do fertilizante.

TABELA 3. Efeito da variação no preço relativo insumo/ produto sobre o nível ótimo econômico (M.E.E.) do uso do fator nitrogênio na pastagem de capim-pangola.

Preço do fertilizante em relação ao		Nível ótimo econômico	
Leite	Carne	Nitrogênio kg/ha	Uréia kg/ha
0,0	0,0	333	738
0,8	0,1	318	706
1,6	0,2	306	680
2,4	0,3	293	651
3,2	0,4	280	622
4,0	0,5	267	593
4,8	0,6	255	566
5,6	0,7	241	535
6,4	0,8	229	508
7,2	0,9	215	480
8,0	1,0	204	453
8,8	1,1	192	426
9,6	1,2	178	395
10,4	1,3	166	368
11,2	1,4	151	335
12,0	1,5	140	311
12,8	1,6	127	282
13,6	1,7	112	248
14,4	1,8	96	213
15,2	1,9	87	193
16,0	2,0	76	168
16,8	2,1	65	144
17,6	2,2	53	117
18,4	2,3	40	89
19,2	2,4	25	55
20,0	2,5	9	20
20,8	2,6	0	0

O preço relativo é igual ao preço da tonelada de adubo dividido por mil, pelo teor do elemento (N) pelo preço do produto considerado.

Em janeiro de 1981 a relação de preços era 0,87; em outubro, do mesmo ano, passou para 1,36. Esta variação é importante, pois modifica a determinação do nível de adubação e o nível de produção, conforme pode ser avaliado na Fig. 2, a qual é a expressão gráfica dos valores da Tabela 3.

O produtor, para aumentar a eficiência da Tabela 3, deve calcular o preço relativo do fertilizante na data de compra do adubo. Para isto, basta dividir o preço do quilo da uréia por 0,45 (percentual de nitrogênio) e pelo preço do quilo do boi vivo ou pelo preço do quilo de leite, dependendo qual seja o produto dominante na propriedade. Por exemplo, para o produtor de carne, em outubro de 1981, a relação era igual a 1,36; a M.E.E. era obtida, então, com 157 kg de N ou 348 kg de uréia/ha/ano. Como o preço da uréia era de Cr\$ 45,92 o kg, com 45% de N, logo, cada kg de N custava Cr\$ 102,00 ($45,92 \times 100 \div 45 = 102$), o qual dividido pelo preço da carne (Cr\$ 75,00) determinava a relação de preço atualizada (1,36), Fig. 3.

CONCLUSÕES

1. O efeito da adubação nitrogenada é altamente significativa ($P < 1\%$) na produção de matéria seca do capim-pangola. Este fator (nitrogênio) deve ser considerado indispensável, pois quintuplica a produção desta pastagem.

2. A maior produção física foi alcançada com 333 kg/ha de nitrogênio. Este é o nível de máxima eficiência técnica do fator (M.E.T.). Com esta adubação, a produção esperada é de 10.913 kg de M.S. por ha/ano. Não deve ser usada dose maior do que 333 kg/ha de N.

3. Para maximizar o lucro em outubro de 1981, os produtores de carne deveriam adubar com 157 kg/ha/ano de nitrogênio ou com 348 kg/ha/ano de uréia (máxima eficiência econômica). Com este nível de fertilização, a produção esperada de M.S. da pastagem era de 7.840 kg/ha, três vezes e meia a produção de pastagem não-adubada.

4. A ausência de fertilização nitrogenada está

PREÇO DO NITROGÊNIO

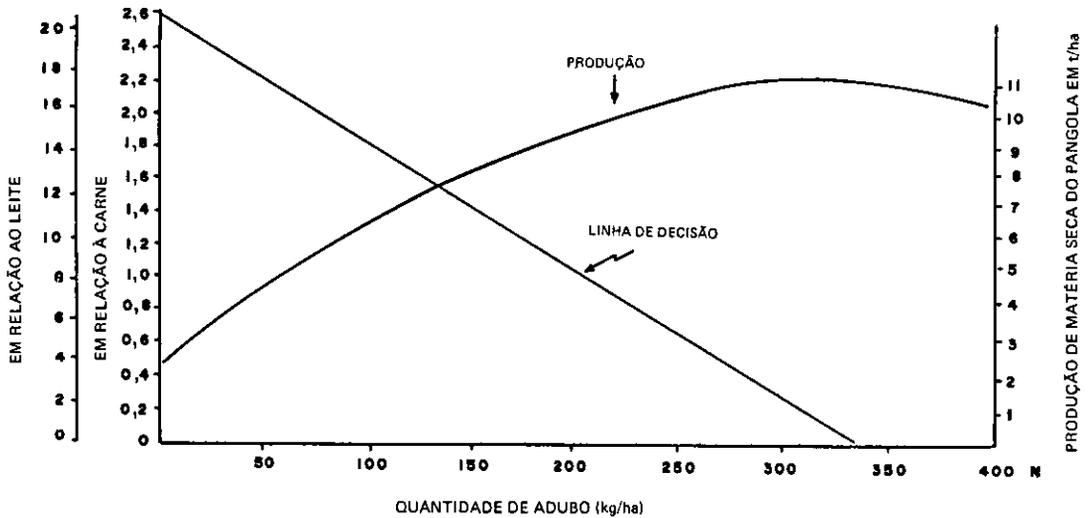


FIG. 2. O preço relativo do fertilizante determina a quantidade ótima econômica do insumo e também a produção de pastagem de pangola.

* Preço relativo do nitrogênio = preço por kg de N ÷ preço do kg do produto.

* PREÇO DO NITROGÊNIO

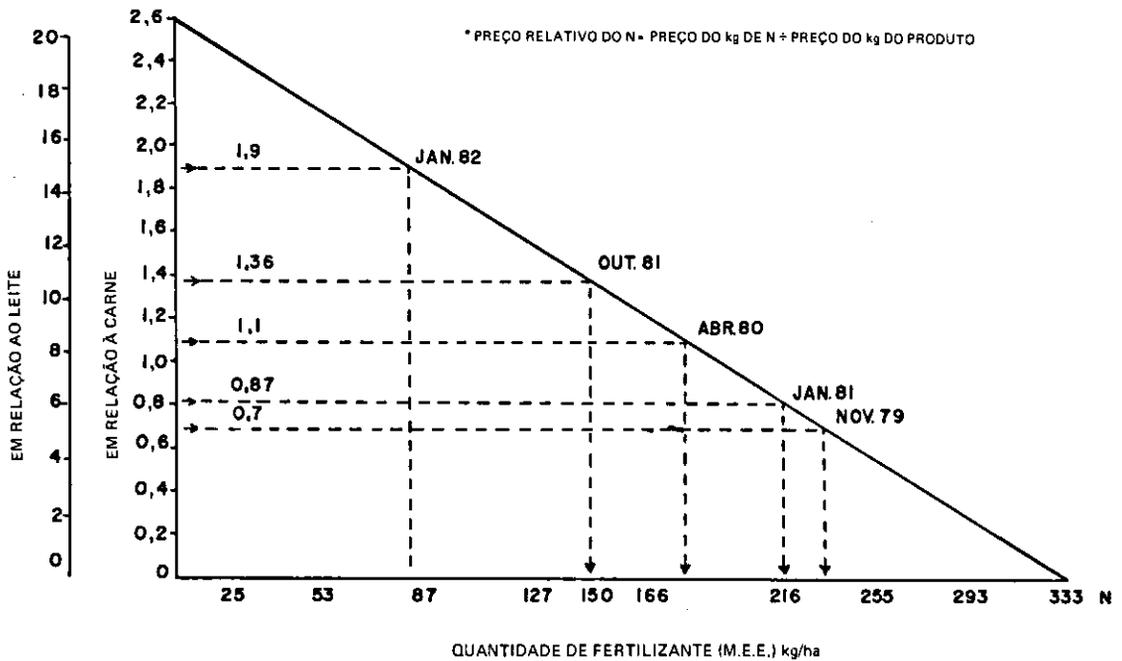


FIG. 3. A variação do preço relativo do adubo altera a quantidade no ponto de máxima eficiência econômica do uso do insumo.

aliada à menor produção (2.289 kg/ha/ano). Por isso, o benefício econômico é evidente com qualquer aporte de fertilizante.

5. Desaconselha-se o plantio de capim-pangola sem fertilização nitrogenada devido à pequena produção de matéria seca (um quinto do potencial) aliada a idênticos custos fixos na implantação da pastagem, fazendo com que os custos e receitas sejam iguais na ausência do nitrogênio.

6. A decisão sobre a quantidade de adubo que o produtor deve utilizar, para atingir a máxima eficiência econômica, deve ser tomada em função do preço relativo do insumo (nitrogênio).

7. O preço relativo do insumo variou bastante, de 0,7 até 1,9 nos últimos quatro anos, 1979/80/81/82, fazendo com que também se modificasse a quantidade ótima econômica calculada, que variou de 80 kg até 240 kg de N por ha.

8. Para tomar a decisão correta, é imperativo que o produtor atualize o preço relativo do insumo na data da aquisição, comparando-o com o calculado na Tabela 3.

9. No limite máximo de produção 10.913 kg/ha, a adubação não deve exceder a 333 kg/ha/ano de N (M.E.T.). Este nível só será atingido quando o insumo for gratuito.

10. Quando a relação de preço do nitrogênio/carne foi igual ou maior do que 2,6 não será economicamente recomendado o uso deste fator de produção. Mas, para que isto ocorra, é necessária uma queda violenta no preço da carne ou uma elevação descontrolada no preço do nitrogênio. Entretanto, é lícito esperar que o preço relativo baixe, devido aos aumentos na produção industrial do nitrogênio, estimulando maiores adubações nas pastagens e, como se viu, mais produção e lucro, indicados na Fig. 2.

11. Para maximizar o lucro (M.E.E.) os produtores de leite devem adubar com 249 kg/ha de N ou

555 kg/ha de uréia porque a relação de preço uréia/leite nesta data é igual a $5,1$ ($\text{Cr\$ } 45.920,00 \div 1.000 \div 0,45 \div \text{Cr\$ } 20,00$).

12. Para determinar o preço relativo deste insumo eficiente, basta dividir o preço do quilo de nitrogênio pelo preço recebido pelo quilo do boi ou do leite na ocasião da compra.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Planejamento Agrícola. Aptidão agrícola das terras. Brasília, 1978.
- BRYAN, N.W. & SHARPE, J.O. The effect of urea and cutting treatment on the production on Pangola grass in southeastern Queensland. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.*, 5(19):433-41, 1965.
- CENTENO, G.A. & MONKS, P.L. Efeito da fertilização nitrogenada e fosfatada sobre a produtividade de capim-pangola (*Digitaria decumbens* Stent.). In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 10, Porto Alegre, RS, 1973.
- GONÇALVES, J.O.N.; OLIVEIRA, O.L.P. & BOTREL, M.A. Efeito de níveis de nitrogênio sobre a produção de matéria seca de capim-pangola (*Digitaria decumbens* Stent.). In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Bagé. Pastagens: adubação e fertilidade do solo. Bagé, 1980. 123p. (EMBRAPA - UEPAE/BAGÉ, Miscelânea, 2).
- KRETSCHMER, A.E. Effects of late nitrogen fertilization on the distribution of nitrogen in Pangola grass and Coastal Bermudagrass on Immokalee fine sand. *Proc. Soil Crop. Sci. Soc., Florida*, 24:167-76, 1964.
- RICHARDS, J.A. Effects of fertilizers and management of three promising tropical grass in Jamaica. *Exptl. Agric.*, 1(24):281-8, 1965.
- SALLES, P.A.A. de & GONÇALVES, J.O.N. Eficiência econômica do uso do nitrogênio em pastagens. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 16(1):27-31, 1981.
- SILVA, V.P.S. & COLLARES, A.L. Níveis e frequência de aplicação de N em capim-pangola. In: *Anu. Técn. Inst. Pesq. Zootec.*, Porto Alegre, 1:107-8, 1973.
- SINGH, H.K. & RAY, S.N. Effect of nitrogen fertilization in different harvesting intervals on the yield and chemical composition of Pangola grass (*Digitaria decumbens* Stent.). *Indian J. Dairy Sci.*, 20:130-3, 1967.