

# AVALIAÇÃO DOS RETORNOS E RISCOS RELACIONADOS AO USO DE FÓSFORO E CALCÁRIO E SOJA NA REGIÃO DO CERRADO DE MINAS GERAIS

Maria Angela C. Saturnino  
Fernando Moreno

## 1 - INTRODUÇÃO

O aumento da produtividade do setor agropecuário tem se constituído, nos dias de hoje, numa crescente preocupação tanto das autoridades governamentais quanto dos próprios empresários rurais. Decorre isto do facto de que, a mais das vezes, o uso de práticas mais modernas de cultivo implica em uso mais intensivo de capital destacando-se, entre outros, o uso de fertilizantes. Acrescente-se que a maior parte destes fertilizantes é importada, significando a sua aplicação em elevados ônus à já gravosa balança de pagamentos do Brasil.

Esta situação tem conduzido a uma determinação de, em lugar de se restringir o emprego de tecnologia mais avançada, procurar-se, conscientemente, usá-la da forma mais racional possível. Depreende-se, assim, que se deve perseguir com tenacidade uma maior eficiência técnica aliada à econômica no uso destes recursos, com o fim de se conseguir o máximo retorno por unidade de capital investido.

A Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG - tem conduzido seus esforços no sentido não só de delinear pesquisas biológicas segundo áreas e produtos prioritários, mas, também, no de conciliar técnicas eficientes com viabilidade econômica.

A análise econômica de experimentos, que permite determinar um ótimo econômico de produção a partir de dosagens ótimas de fertilizantes, dada uma relação de preço, é um grande passo desenvolvido no sentido de conciliar eficiência técnica e eficiência econômica. A possibilidade que se tem de avaliação dos riscos envolvidos em uma dada exploração, dentro da metodologia específica, é outra perspectiva que se abre no sentido de auxiliar tomada de decisões a nível de Governo ou de investidores particulares.

O presente trabalho representa parcela do esforço encetado pela EPAMIG com relação à cultura da soja que, nos últimos anos, em Minas Ge-

rais, tem apresentado as maiores taxas de crescimento físico. Esta cultura, de introdução recente no Estado, apresenta-se como uma das mais tecnificadas e com finalidade tipicamente comercial. Seu crescimento tem sido determinado não só pela expansão do mercado interno como pela grande possibilidade de exportação. Estes e outros fatos justificam as atenções especiais que têm sido dadas ao produto, não só no sentido de enfrentar, com vantagens no mercado internacional, a concorrência de outros países, como também assegurar o abastecimento interno.

A cultura da soja em Minas Gerais é observada em regiões cujas características de cobertura vegetal correspondem à do cerrado. A área total do cerrado no Estado de Minas Gerais é da ordem de 217.500 km<sup>2</sup>, correspondendo, aproximadamente, a 17% da área total de cerrados no Brasil e a 37% da área do Estado. Apresenta, como fator limitante, a fertilidade do solo, envolvendo principalmente alto índice de acidez e pequena disponibilidade de fósforo. Por outro lado, dadas as condições principalmente da topografia, aliadas a outras características físicas, estes solos são muito apropriados a culturas altamente tecnificadas, como é o caso da soja.

Experiências já levadas a efeito têm demonstrado que a cultura da soja responde satisfatoriamente à adubação. No entanto, os preços atuais dos fertilizantes, bem como sua dependência da importação, sugerem prudência na sua aplicação.

É notória a preocupação atual dos governos federal e estadual em estabelecer incentivos que promovem o desenvolvimento nestas áreas, haja visto a criação do Programa do Desenvolvimento dos Cerrados (POLOCENTRO).

Este programa tem por finalidade promover o desenvolvimento e a modernização das atividades agropecuárias através do seu aproveitamento em escala empresarial. Dentre as doze áreas preliminarmente selecionadas, no Estado de Minas Gerais foram contempladas três: Triângulo Mineiro, Alto Médio São Francisco e Vão de Paracatú.

## 2 - OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é avaliar economicamente os efeitos de adubação e calagem na cultura da soja no cerrado.

São objetivos específicos:

- Ajustar as funções de resposta da produção da soja à aplicação de fósforo e calcário;
- Estimar as quantidades de fósforo e calcário economicamente recomendáveis, para a cultura da soja em cerrado recém-desbravado, considerando-se os incentivos fiscais oferecidos pelo POLOCENTRO;
- Estimar as taxas internas de retorno ao uso do fósforo e calcário;
- Avaliar os riscos relacionados ao investimento em fósforo e calcário em função de variações no preço da soja e na quantidade produzida; e
- Fornecer subsídios no sentido de melhorar a exploração da soja no cerrado.

### 3 - PROCEDIMENTO

#### 3.1 - Experimentos Considerados

O presente estudo foi efetuado com os dados provenientes de trabalhos experimentais realizados em 5 municípios das regiões Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. Foram selecionados locais cujos solos são representativos das regiões e cujos dados analíticos evidenciaram teores médios a altos de alumínio trocável (acidez trocável), baixos teores de fósforo disponível e valores de pH também baixos (quadro 1).

Foi utilizado o delineamento experimental em parcelas sub-divididas com 3 repetições, com calcário na parcela e fósforo na sub-parcela. Nos experimentos em que foram usadas duas variedades, Santa Rosa e IAC-2, o delineamento experimental foi em parcelas sub-divididas com variedades na sub-parcela.

Em cada repetição foram incluídas duas sub-parcelas: tratamento sem micro-nutrientes (B, Zn, Mn, Cu) e tratamentos com adubação nitrogenada no plantio (20 kg N/ha).

QUADRO 1. - Caracterização dos Experimentos Instalados, Minas Gerais,  
1973/74

Município	Tipo de solo	Variedade	pH(H <sub>2</sub> O)	P <sup>m</sup> disponível	Al trocável
Araguari	LV	IAC-2 e Santa Rosa	4,40	1,00	1,92
Araguari	LE	IAC-2 e Santa Rosa	4,30	1,00	2,24
Monte Carmelo	LE	Santa Rosa	5,00	1,00	1,28
Patrocínio	LE	Santa Rosa	5,00	<1,00	0,70
Sacramento	LR-d	Santa Rosa	4,70	1,00	0,72
Sete Lagoas <sup>(1)</sup>	LE	Santa Rosa	4,30	1,00	4,00
Uberaba	LE-m	IAC-2 e Santa Rosa	4,80	4,00	2,16

(<sup>1</sup>) Sete Lagoas está localizada na região Metalúrgica.

Os níveis de calcário usados foram corrigidos para a eficiência de 100% de PRNT (quadro 2).

Foram utilizados 5 níveis de fósforos, respectivamente: 0, 200, 400, 600 e 800 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por hectare.

A fonte de fósforo utilizada foi superfosfato triplo (46%).

As quantidades de potássio aplicadas basearam-se na análise química do solo, de acordo com níveis especificados (quadro 3).

QUADRO 2. - Quantidade de Calcário Utilizada em Tonelada/ha Para Cada Experimento

Nível	Araguari	Monte Carmelo	Patrocínio	Sacramento	Sete Lagoas	Uberaba
0 SMP	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1 SMP	3,9	3,3	3,9	4,6	6,4	2,2
2 SMP	7,8	6,6	7,8	9,2	12,8	4,4
3 SMP	11,7	9,9	11,7	13,8	19,2	6,5

(<sup>1</sup>) Sigla original, composta das iniciais dos nomes dos autores Shoemaker, Mc Lean e Pratt. É uma solução tamponada ao pH 7,5 que, através da depressão do pH quando essa solução é posta em contato com o solo, permite calcular a quantidade de calcário/ha por meio de uma tabela específica.

QUADRO 3. - Quantidade de Potássio Utilizada, Segundo o Nível de Potássio(<sup>1</sup>) no solo

Nível de K no solo (ppm K)	kg de K <sub>2</sub> O/ha
0 - 20	300
20 - 40	180
40 - 60	120
60 - 100	60
+ 100	0

(<sup>1</sup>) A fonte de potássio usada foi o cloreto de potássio.

Os elementos menores aplicados nos experimentos foram:

Enxofre: 30 kg/ha = 102 kg/ha de sulfato de cálcio  
 Boro: 4 kg/ha = 5,5 kg/ha de borato de sódio  
 Zinco: 10 kg/ha = 25 kg/ha de sulfato de zinco  
 Cobre: 4 kg/ha = 10 kg/ha de sulfato de cobre  
 Molibdênio: 200 g/ha = 526 g de Moly-gro nas sementes

As informações consideradas no presente trabalho sobre os solos foram:

- identificação do tipo do solo;
- determinação das porcentagens de areia, limo (silte) e argila;
- pH do solo; (Em  $H_2O$  e KCl);
- teor de alumínio trocável;
- fósforo "disponível";
- teor de potássio trocável;
- porcentagem de matéria orgânica; e
- capacidade de troca de cátions dos solos.

Os dados coletados após colheita foram:

- concentração dos elementos essenciais nas folhas (macro e micro nutrientes);
- avaliação de nodulação; e
- produção de grãos.

Amostras do solo coletadas anualmente em cada sub-parcela:

- pH (Em  $H_2O$  e KCl);
- fósforo disponível (Através do uso de 3 soluções extratoras);
- cátions metálicos trocáveis (Ca, Mg, K);
- acidez trocável e acidez titulável;
- nitrogênio; e
- carbono.

Nos anos seguintes não haverá aplicação de calcário. Fósforo e potássio serão usados em níveis diferentes de acordo com as necessidades de monstradas pelas análises foliares e de solo.

### 3.2 - Modelos Utilizados

Foi ajustada a função quadrática para representar a resposta de produção de soja ao uso de fósforo e calcário (<sup>1</sup>).

Algebricamente, o modelo quadrático com 2 variáveis pode expressar-se da seguinte forma:

$$Y_i = b_0 + b_1 x_{1i} + b_2 x_{2i} - b_3 x_{1i}^2 - b_4 x_{2i}^2 + b_5 x_{1i} x_{2i} + e_i \quad (1)$$

$Y_i$  = produção de soja em kg/ha

$X_{1i}$ ,  $X_{2i}$  = variáveis independentes que representam os elementos calcário e fósforo, respectivamente, em kg/ha

$b_0$  = produção independente da aplicação dos fertilizantes

$b_1$  a  $b_5$  = coeficiente de regressão

$e_i$  = erro experimental que se supõe com distribuição normal

Para determinar as quantidades dos nutrientes que maximizam os lucros, igualam-se simultaneamente, as produtividades físicas marginais de fósforo e calcário às relações de preço fator/produto.

Assim tem-se:

$$\frac{\partial X}{\partial P} = \frac{P}{P_y}$$

(2)

$$\frac{\partial Y}{\partial C} = \frac{P}{P_y} Ca$$

(<sup>1</sup>) Omitiu-se descrição mais detalhada sobre as vantagens da utilização do modelo quadrático, para análise experimental, uma vez que são discutidas em diversos trabalhos tais como HEADY (2), LESSINGER (4), SILVA (8), TEIXEIRA (10) e outros.

Resolvendo o sistema de equações (2), calculam-se as quantidades ótimas de calcário e fósforo. Substituindo-se esses valores na equação estimada (1), obtem-se a quantidade ótima de Y, isto é,  $Y_0$ , a ser produzida.

Para o cálculo dos preços dos insumos ( $P_P$  e  $P_{Ca}$ ) foi considerado o valor presente dos futuros desembolsos para saldar empréstimos feitos para a adubação, segundo as normas particulares vigentes para atendimento das áreas abrangidas pelo POLOCENTRO.

Adotando-se este critério tem-se:

$$VP = D_0 + \frac{D_1}{(1+i)} + \frac{D_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{D_T}{(1+i)^T} \text{ onde, } (3)$$

VP = valor presente de uma série de desembolsos periódicos;

D = desembolsos que serão feitos;

i = componente final da taxa de inflação e taxa de juros. Os juros neste caso são nulos e a taxa de inflação foi considerada constante durante todo o período com um valor igual a 20% ao ano.

T = número de períodos de tempo, isto é, o "horizonte" estabelecido.

Considerando-se períodos de duração anual, tem-se T + 1 períodos (o presente e mais T datas futuras). T representa os cinco anos de prazo para pagamento de empréstimos feitos para adubação intensiva de recuperação de cerrado.

Os períodos  $T_1$  e  $T_2$  são períodos de carência no presente caso. Considerando os desembolsos durante os períodos  $T_3$ ,  $T_4$  e  $T_5$ , em parcelas respectivas de 40%, 30% e 30% do total do empréstimo, tem-se:

$$VP = \frac{40}{(1 + 0,20)^3} + \frac{30}{(1 + 0,20)^4} + \frac{30}{(1 + 0,20)^5}$$

O que resulta num valor presente de Cr\$ 35,88 para cada 100 cruzeiros emprestados.

Os lucros no presente estudo são avaliados usando-se o conceito de taxa interna de retorno o que tem a vantagem de proporcionar resultados

em termos relativos em lugar de valores absolutos.

A taxa interna de retorno é computada aos níveis ótimos de utilização de fósforo e calcário. Para isto, faz-se a comparação das produções, em idênticas condições, quando são aplicados os níveis ótimos destes insumos e quando os mesmos não são aplicados.

Para se obter a produção sem o uso de fósforo e calcário, iguala-se o P e o Ca a zero na função de produção. A produção total estimada com Ca = 0 será  $b_0$ . A produção atribuída apenas às doses ótimas de  $Ca_0$  e  $P_0$  será então:

$$W = b_1 Ca_0 + b_2 P_0 - b_3 Ca_0^2 - b_4 P_0^2 + b_5 Ca_0 P_0$$

O custo total para se produzir esta quantidade é:

$$Z = P_p \cdot P + P_{Ca} \cdot Ca$$

A taxa interna de retorno (TIR) ao fósforo e calcário pode ser definida como:

$$TIR = \frac{Py (b_1 Ca_0 + b_2 P_0 - b_3 Ca_0^2 - b_4 P_0^2 + b_5 Ca_0 P_0) - (P_p \cdot P + P_{Ca} \cdot Ca)}{P_p \cdot P + P_{Ca} \cdot Ca} \cdot 100 \quad (4)$$

A caracterização de distribuição de frequência de TIR possibilita saber os diferentes níveis de probabilidade de retornos por cruzeiros investido.

Estes níveis de probabilidade que identificam as chances com as quais um indivíduo deseja cobrir pelo menos o custo dos insumos utilizados, ou deseja atingir determinados níveis de retorno ao capital empregado, caracterizam o risco ao qual o indivíduo se submete ao investir seu capital. Este conceito utilizado por Janvry (3), permite medir o risco sem contudo detalhar as funções de utilidade do indivíduo.

A idéia do risco foi introduzida considerando-se que ao efetuar o plantio, a produção a ser obtida e o preço do produto estão sujeitos a variações.

Estas variações podem ser estimadas:

1. Em torno de  $\bar{Y}_0$  existe uma variância  $V(\bar{Y}_0)$ , que em termos matriciais pode ser definida, segundo Montello (6), como:

$$V(\hat{Y}_0) = \sigma^2 \left[ (X_{i0} - \bar{X}_i)' (X_i' X_i)^{-1} (X_{i0} - \bar{X}_i) + \frac{1}{n} \right] \text{ onde, (5)}$$

$V(\hat{Y}_0)$  = variância do  $y$  ótimo estimado;

$\sigma^2$  = variância do erro;

$X_{i0}$  = nível ótimo do insumo  $x_i$ , quando se obtém  $\hat{Y}_0$ ;

$X_i$  = matriz dos insumos utilizados;

$\bar{X}_i$  = média dos níveis dos insumos  $X_i$ ;

$(X_{i0} - \bar{X}_i)$  - desvios dos níveis ótimos dos insumos  $X_{i0}$  em relação à média dos insumos  $\bar{X}_i$ ;

Obtida  $V(\hat{Y}_0)$ , calcula-se o desvio padrão  $S(\hat{Y}_0)$  e pode-se obter o intervalo de confiança:

$$\hat{Y}_0 \pm t_\alpha S(\hat{Y}_0) \text{ onde, (6)}$$

$t_\alpha$  = valor tabelado ao nível de probabilidade  $\alpha$  com  $q$  graus de liberdade.

2. O intervalo de variação do preço pode ser determinado "a priori".

De posse dos dois intervalos de variação pode-se simular valores de  $P_{Y_j}$  e  $Y_{0j}$ .

Métodos de simulação são utilizados principalmente quando, em sistemas contendo elementos aleatórios, são desejadas as distribuições de probabilidade as quais não podem ser obtidas experimentalmente. A técnica de Monte Carlo é especialmente utilizada quando há aleatoriedade implícita no processo (1).

Esta técnica permite a utilização de métodos estatísticos para determinar o número de sorteios necessários para representar o universo. Tomou-se então:

$$n = \frac{t^2 \cdot \sigma^2}{\theta^2} \text{ onde, (7)}$$

- $n$  = número de sorteios  
 $t$  = estatística de "Student"  
 $\sigma$  = desvio padrão em torno da média  
 $\theta$  = erro admissível

Obtidos os pares  $Y_{0i}$  e  $P_{Yi}$ , substitui-se cada par de valores na equação da TIR. As taxas internas de retorno foram estratificadas segundo intervalos de classe determinados segundo a equação:

$$TC = \frac{VS - VI}{\sqrt{n}} \quad \text{onde,}$$

TC = intervalo de classe

VS = maior valor obtido

VI = menor valor obtido

$n$  = número de sorteios

$\sqrt{n}$  = nº de classe

### 3.3. Limitações

A principal limitação a que está sujeita o estudo, é o fato de terem sido utilizados dados experimentais referentes ao primeiro ano de uma série de 5 anos. Foram aplicados níveis elevados de calagem e fosfatagem para recuperação de cerrado, implicando em elevados investimentos. Nos anos seguintes não são previstas aplicações de calcário e somente aplicações de reposição para o fósforo. Ademais, observações de campo têm demonstrado que os resultados subsequentes ao primeiro ano têm apresentado melhores rendimentos físicos.

## 4 - RESULTADOS

### 4.1 - As Relações de Preços Fator/Produto

Os preços utilizados foram os vigentes nas regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba para o ano agrícola 1974/75. O preço médio na época de utilização do calcário foi de Cr\$ 90,00/t (maio, junho, julho/1974).

O preço médio do superfosfato triplo no período de sua aplicação foi de Cr\$ 2.274,00/t (agosto, setembro, outubro/1974). O preço considerado de Cr\$ 70,00/sc de 60kg de soja para a época da safra foi projetado a partir de tendência dos preços do período anterior.

Considerando-se que os gastos com fertilizantes serão pagos a partir do terceiro ano após a utilização, aplica-se a fórmula do valor presente para obter-se os preços deflacionados. As relações de preços usados foram:

$$\frac{P_p}{P_y} = 1,554$$

$$\frac{P_{Ca}}{P_y} = 0,028$$

#### 4.2 - Funções de Produção

Os valores dos coeficientes das 8 funções de regressão ajustadas estão expostos a seguir (quadro 4).

As análises referentes a Monte Carmelo não foram consideradas neste estudo devido o coeficiente  $b_0$  apresentar valor negativo.

Os coeficientes de interação de fósforo e calcário,  $b_5$ , apesar da baixa significância estatística foram mantidos nas equações <sup>(2)</sup>.

A partir das equações ajustadas foram determinados os produtos físicos marginais de fósforo e calcário e iguados às relações de preços fator/produto, conforme especificações do modelo analítico.

Para cada experimento, foram calculados simultaneamente os sistemas de equações e determinadas as quantidades ótimas  $Ca_{o_i}$  e  $Po_i$ . Substituindo-se estes valores na função original foram estimadas as produções ótimas  $Yo_i$ . Estes resultados juntamente com as produções físicas máximas atingíveis e respectivos níveis de fósforo e calcário estão expostos a seguir (quadro 5).

<sup>(2)</sup> Alguns coeficientes apresentaram-se com sinal negativo o que pode ser atribuído principalmente à elevada "fixação" do fósforo aplicado aos solos. Esta "fixação" pode ser explicada, de maneira geral, pela absorção do P aos colóides, ligação do P à matéria orgânica e precipitação do P ligado ao alumínio e ao ferro.

QUADRO 4. - Resultados Estatísticos das Funções de Produção de Soja Ajustadas por Experimento, Minas Gerais 1973/74

Local	Varie- dade	Coeficiente de regressão e erro padrão					Coefi- ciente de deter- minação múlti- pla	
		$b_0$	$b_1$ Desvio padrão	$b_2$ Desvio padrão	$b_3$ Desvio padrão	$b_4$ Desvio padrão		$b_5$ Desvio padrão
1. Araguari	S.R.	578,439	1,80089 (0,488803)	0,100086 (0,0269023)	-0,00131073 (0,000547595)	-0,00000543476 (0,00000173212)	0,0000304994 (0,0000251964)	87,68
2. Araguari	IAC-2	485,197	2,88465 (0,472725)	0,169181 (0,0260174)	-0,00220181 (0,000529582)	-0,000007533 (0,00000167514)	-0,0000218049 (0,0000243675)	92,21
3. Monte Carmelo	S.R.	-316,269	8,09865 (1,32877)	0,326485 (0,101941)	-0,00730145 (0,00148859)	-0,0000234251 (0,00000914924)	0,000105530 (0,000095477)	89,53
4. Patrocínio	S.R.	424,726	2,54739 (0,454436)	0,0330256 (0,0295)	-0,0024009 (0,000509)	-0,000002222 (0,00000224)	0,0000259999 (0,000027629)	83,50
5. Sacramento	S.R.	1.301,07	3,24575 (0,778421)	0,261629 (0,42842)	-0,00226656 (0,000872047)	-0,0000120131 (0,00000275824)	-0,0000828812 (0,0000401253)	84,76
6. Sete Lagoas	S.R.	594,369	0,374353 (0,268323)	0,0362769 (0,0106144)	-0,000350004 (0,000300596)	-0,000000968035 (0,000000491205)	0,000013453 (0,00000994125)	85,75
7. Uberaba	S.R.	270,426	4,32799 (0,834009)	0,346727 (0,0959752)	-0,00330987 (0,00093432)	-0,000033894 (0,0000129206)	-0,000115636 (0,0000898896)	82,21
8. Uberaba	IAC-2	162,648	3,74846 (0,465926)	0,295232 (0,0536174)	-0,0027237 (0,000521967)	-0,0000261359 (0,00000721824)	-0,0000592046 (0,0000502176)	93,88

$b_1$  e  $b_2$  - Coeficiente de regressão linear de P e Ca respectivamente.

$b_3$  e  $b_4$  - Coeficiente de regressão quadrática de P e Ca respectivamente.

$b_5$  - Coeficiente de regressão de interação P e Ca.

QUADRO 5. - Produtos Físico e Econômico Máximos e Respectivas Quantidades de Fósforo e Calcário  
(kg/ha)

Município	Máximo físico			Máximo econômico		
	Produção	Fósforo	Calcário	Produção	Fósforo	Calcário
Araguari-SR	1.894	821	11.510	1.334	177,578	7.161
Araguari-IAC-2	2.232	604	10.355	2.062	346,2739	8.892
Patrocínio-SR	1.355	589	10.890	948	220,467	2.497
Sacramento-SR	3.372	552	8.986	3.106	208,375	9.019
Sete Lagoas-SR	1.258	1.033	25.914	-	-1.529,114	8
Uberaba-SR	2.397	582	4.122	2.062	347,227	4.114
Uberaba-IAC-2	2.083	634	4.941	1.860	351,476	4.732

Os resultados de Sete Lagoas apresentaram, para o máximo econômico, valor negativo para o fósforo. Além disso, os níveis encontrados para o fósforo e calcário para obtenção de produção física máxima, foram superiores àqueles empregados pelo experimentador. Diante do exposto, não foram analisados os seus resultados.

É válido ressaltar que os níveis de fósforo e calcário utilizados para obtenção das produções físicas máximas dos demais experimentos enquadraram-se dentro dos limites testados. Somente para o caso da variedade Santa Rosa no município de Araguari, a quantidade de fósforo (821kg) é 2,6% superior ao maior nível utilizado (800kg).

#### 4.3 - Variação Esperada em Torno das Produções Ótimas

Os limites dos intervalos de confiança para as estimativas das produções ótimas, ao nível de 95% de probabilidade, encontram-se a seguir (quadro 6).

QUADRO 6. - Intervalos de Confiança, para as Produções Ótimas Estimadas, Dados em kg/ha, Minas Gerais, 1973/74<sup>(1)</sup>

Município	Produção ótima ( $\bar{y}_0$ )	Limite inferior	Limite superior
Araguari - SR	1.334	973	1.695
Araguari - IAC-2	2.062	1.710	2.412
Patrocínio	948	618	1.285
Sacramento	3.106	2.532	3.679
Uberaba - SR	2.062	1.442	2.681
Uberaba - IAC-2	1.860	1.515	2.204

<sup>(1)</sup> O valor de t foi tomado com 95% de probabilidade e 14 graus de liberdade.

#### 4.4 - Variação Esperada em Torno do Preço Médio da Soja

Para definir o intervalo de variação para o preço da soja considerou-se:

- limite inferior: o menor preço a que o produtor está sujeito a vender o seu produto é o equivalente ao preço mínimo garantido pelo Governo. Para a safra 1974/75 foi estabelecido Cr\$ 60,00 por saco de 60kg, livre de embalagem.
- limite superior: estimou-se uma variação de 20% acima do preço médio da soja, a nível de produtor, esperado para o período de sua comercialização, isto é: junho, julho e agosto de 1975. O intervalo de variação ficou assim definido:

limite inferior - Cr\$ 60,00

limite superior - Cr\$ 84,00

#### 4.5 - Taxa Interna de Retorno ao Fósforo e Calcário

Obtidos os intervalos de confiança para  $\bar{Y}_{0i}$  e  $\bar{P}_{yi}$ , foram simulados, simultaneamente, n valores nestes dois espaços amostrais, formando-se n pares  $\bar{Y}_{0i}$ ,  $\bar{P}_{yi}$ . para cada experimento.

O número de sorteio (n) considerado em cada experimento variou conforme o valor das médias e respectivos desvios padrão. As médias no caso, coincidem exatamente com os valores da produção ótima.

Esses valores de n foram calculados para  $t (>120) = 2,33$  e com um erro admissível de 2,00% em torno da média (quadro 7).<sup>0,02</sup>

QUADRO 7. - Número de Sorteios por Experimento

Município	Nº de sorteios
Araguari-SR	320
Araguari-IAC-2	128
Patrocínio-SR	530
Sacramento-SR	150
Uberaba-SR	396
Uberaba-IAC-2	151

A partir então dos pares de valores de  $Y_{oi}$  e  $P_{yi}$  foram estimadas as taxas internas de retorno para cada experimento. A seguir, foram feitas as distribuições de frequências das TIR por experimento, segundo o método adotado.

As distribuições de frequências das TIR, indicam o nível de risco que os produtores assumem quando investem em fósforo e calcário. Ao produtor interessa saber a probabilidade de não perder dinheiro no seu investimento.

#### 4.5.1 - Araguari - Variedade Santa Rosa

Dentre os 320 casos observados, ocorrem taxas internas de retorno variando de - 25,00 a + 182,00%, o que equivale a dizer, que em alguns casos ocorrem TIR negativas. A probabilidade de ocorrer TIR negativas e até o limite de + 9,50% é de 15,3%. Assim sendo, a probabilidade de ocorrer TIR positivas e superiores a 9,50% é de 84,7%. Todavia, a maior concentração de ocorrências está entre - 2,00% a + 113,00%, com uma frequência relativa de 79,70%.

Observa-se ainda que há uma maior probabilidade (33,8%) de que a TIR esteja entre 44 e 90%, ou seja, um retorno de Cr\$ 0,44 a Cr\$ 0,90 por cada cruzeiro investido (quadro 8).

#### 4.5.2 - Araguari - Variedade IAC-2

As taxas internas de retorno em Araguari, para a variedade IAC-2 ocorreram entre 36,00 a 179,00% portanto todas positivas, o que equivale a dizer que para cada Cr\$ 1,00 haverá sempre retornos positivos entre Cr\$ 0,36 e Cr\$ 1,79. A probabilidade de ocorrer TIR compreendidas entre 75,00 a 140,00% é de 0,67 ou seja 67% (quadro 9).

#### 4.5.3 - Patrocínio - Variedade Santa Rosa

Dentre os 6 experimentos considerados o de Patrocínio foi o que apresentou menores taxas internas de retorno ao uso de fósforo e calcário. A amplitude total de variação ocorreu entre - 55,00 a + 140,00%. A probabilidade de ocorrer TIR inferior a - 4,50% é de 25,10%. Assim sendo, a probabilidade de ocorrer TIR superiores a - 4,5% até 140%, é de 74,90%.

A maior concentração de freqüências observadas, 66,60%, encontra-se entre os intervalos de - 13,00 a + 80,50% (quadro 10).

#### 4.5.4 - Sacramento - Variedade Santa Rosa

Dentre os 6 experimentos conduzidos, o de Sacramento, foi o que melhor resultado apresentou, não só pelo fato de mostrar todas as TIR positivas, como pelos maiores resultados alcançados, até 379%. Equivale a dizer que neste município para cada Cr\$ 1,00 investido em fósforo e calcário, na cultura de soja, há um retorno mínimo de Cr\$ 0,80 e máximo de Cr\$ 3,80. Por outro lado, existe uma probabilidade de 79% de ocorrerem taxas internas de retorno entre 126 a 287% (quadro 11).

#### 4.5.5 - Uberaba - Variedade Santa Rosa

As taxas internas de retorno calculadas em Uberaba, ocorreram entre 57,00 a 329,00%, o que equivale a dizer que para cada Cr\$ 1,00 investido em fósforo e calcário na cultura da soja ocorreriam retornos de Cr\$ 0,57 a Cr\$ 3,29. Todavia, em 82,58% dos casos a probabilidade é de ocorrerem retornos entre Cr\$ 0,97 a Cr\$ 2,61 (quadro 12).

#### 4.5.6 - Uberaba - Variedade IAC-2

Os cálculos demonstraram que todas as taxas internas de retorno apresentaram-se positivas e superiores a 70,00%, tendo como limite máximo 246,80%, o que equivale a dizer que para cada Cr\$ 1,00 investido em fósforo e calcário, ocorreriam retornos de um mínimo de Cr\$ 0,70 e um máximo de Cr\$ 2,47. Dentre os 151 sorteios, a maior concentração de TIR, ou seja, 72,20% dos casos, ocorreram entre os limites de 110,00 e 192,40% (quadro 13).

QUADRO 8. - Distribuição de Frequência da Taxa Interna de Retorno, Araguari  
Variedade Santa Rosa

TIR (%)		Frequência		Frequência acumulada	
		Absoluta	(%)	Absoluta	(%)
- 25,00	— - 13,50	4	1,3	4	1,3
- 13,50	— - 2,00	18	5,6	22	6,9
- 2,00	— + 9,50	27	8,4	49	15,3
+ 9,50	— + 21,00	27	8,4	76	23,7
+ 21,00	— + 32,50	23	7,2	99	30,9
+ 32,50	— + 44,00	23	7,2	122	38,1
+ 44,00	— + 55,50	27	8,4	149	46,5
+ 55,50	— + 67,00	28	8,8	177	55,3
+ 67,00	— + 78,50	22	6,9	199	62,2
+ 78,50	— + 90,00	31	9,7	230	71,9
+ 90,00	— + 101,50	24	7,5	254	79,4
+ 101,50	— + 113,00	23	7,2	277	86,6
+ 113,00	— + 124,50	16	5,0	293	91,6
+ 124,50	— + 136,00	9	2,8	302	94,4
+ 136,00	— + 147,50	9	2,8	311	97,2
+ 147,50	— + 159,00	6	1,9	317	99,1
+ 159,00	— + 170,50	2	0,6	319	99,7
+ 170,50	— + 182,00	1	0,3	320	100,0
<b>Total</b>		<b>320</b>	<b>100,0</b>	-	-

QUADRO 9. - Distribuição de Frequência da Taxa Interna de Retorno, Araguari  
Variedade IAC-2

TIR (%)	Frequência		Frequência acumulada	
	Absoluta	(%)	Absoluta	(%)
36  — 49	2	1,6	2	1,6
49  — 62	9	7,0	11	8,6
62  — 75	11	8,6	22	17,2
75  — 88	17	13,3	39	30,5
88  — 101	17	13,3	56	43,8
101  — 114	22	17,2	78	61,0
114  — 127	14	10,9	92	71,9
127  — 140	17	13,3	109	85,2
140  — 153	10	7,8	119	93,0
153  — 166	5	3,9	124	96,9
166  — 179	4	3,1	128	100,0
<b>Total</b>	<b>128</b>	<b>100,0</b>	-	-

QUADRO 10. - Distribuição de Frequência da Taxa Interna de Retorno, Patrocínio - Variedade Santa Rosa

TIR (%)	Frequência		Frequência acumulada	
	Absoluta	(%)	Absoluta	(%)
- 55,50  — - 47,00	5	0,9	5	0,9
- 47,00  — - 38,50	20	3,8	25	4,7
- 38,50  — - 30,00	22	4,2	47	8,9
- 30,00  — - 21,50	34	6,4	81	15,3
- 21,40  — - 13,00	22	4,2	103	19,4
- 13,00  — - 4,50	30	5,7	133	25,1
- 4,50  — + 4,00	31	5,8	164	30,9
+ 4,00  — + 12,50	29	5,5	193	36,4
+ 12,50  — + 21,00	36	6,8	229	43,2
+ 21,00  — + 29,50	36	6,8	265	50,0
+ 29,50  — + 38,00	30	5,7	295	55,7
+ 38,00  — + 46,50	35	6,6	330	62,6
+ 46,50  — + 55,00	32	6,0	362	68,3
+ 55,00  — + 63,50	29	5,5	391	73,8
+ 63,50  — + 72,00	26	4,9	417	78,7
+ 72,00  — + 80,50	39	7,4	456	86,0
+ 80,50  — + 89,00	18	3,3	474	89,4
+ 89,00  — + 97,50	16	3,0	490	92,5
+ 97,50  — + 106,00	17	3,2	507	95,7
+ 106,00  — + 114,50	8	1,5	515	97,2
+ 114,50  — + 123,00	6	1,1	521	98,3
+ 123,00  — + 131,50	7	1,3	528	99,6
+ 131,50  — + 140,00	2	0,4	530	100,0
<b>Total</b>	<b>530</b>	<b>100,0</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

QUADRO 11. - Distribuição de Frequência da Taxa Interna de Retorno, Uberaba,  
Variedade Santa Rosa

TIR (%)	Frequência		Frequência acumulada	
	Absoluta	(%)	Absoluta	(%)
57,00  —  70,60	4	1,0	4	1,0
70,60  —  84,20	11	2,8	15	3,8
84,20  —  97,80	15	3,8	30	7,6
97,80  —  111,40	22	5,6	52	13,1
111,40  —  125,00	30	7,6	82	20,7
125,00  —  138,60	19	4,8	101	25,5
138,60  —  152,20	27	6,8	128	32,3
152,20  —  165,80	30	7,6	158	39,9
165,80  —  179,40	32	8,1	190	48,0
179,40  —  193,00	27	6,8	217	54,8
193,00  —  206,60	40	10,0	257	64,9
206,60  —  220,20	38	9,5	295	74,5
220,20  —  233,80	19	4,8	314	69,3
233,80  —  247,40	24	6,1	338	85,4
247,40  —  261,00	19	4,8	357	90,2
261,00  —  274,60	10	2,5	367	92,7
274,60  —  288,20	9	2,3	376	94,9
288,20  —  301,80	7	1,8	383	96,7
301,80  —  315,80	11	2,8	394	99,5
315,80  —  329,00	2	0,5	396	100,0
<b>Total</b>	<b>396</b>	<b>100,0</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

QUADRO 12. - Distribuição de Frequência da Taxa Interna de Retorno, Uberaba, Variedade IAC-2

TIR (%)	Frequência		Frequência acumulada	
	Absoluta	(%)	Absoluta	(%)
70,00  — 83,60	1	0,7	1	0,7
83,60  — 97,20	6	4,0	7	4,6
97,20  — 110,80	8	5,3	15	9,9
110,80  — 124,40	17	11,3	32	21,2
124,40  — 138,00	18	11,9	50	33,1
138,00  — 151,60	20	13,2	70	46,4
151,60  — 165,20	22	14,6	92	60,9
165,20  — 178,80	13	8,6	105	69,6
178,80  — 192,40	19	12,6	124	82,1
192,40  — 206,00	11	7,3	135	89,4
206,00  — 219,60	10	6,6	145	96,0
219,60  — 233,20	4	2,6	149	98,7
233,20  — 246,80	2	1,3	151	100,0
<b>Total</b>	<b>151</b>	<b>100,0</b>	-	-

## 5 - CONCLUSÕES

A incorporação das terras sob vegetação de cerrados ao processo de produção das plantas cultivadas encontra, no Brasil Central, vantagens naturais de topografia altamente favorável à mecanização, boa localização em relação aos grandes mercados, acesso às vias de exportação e condições relativamente propícias de clima.

A baixa fertilidade dos solos é o principal fator limitante à exploração dos cerrados, havendo ainda problemas relativos à baixa capacidade de retenção de água destes solos e à ocorrência de períodos de seca, durante a estação chuvosa, afetando as produções.

O presente trabalho buscou definir, para a soja, os melhores índices de calagem e fosfatagem nos cerrados recém-desbravados. Os níveis de produções ótimas para o primeiro ano de plantio mostraram que há grande probabilidade de serem obtidos maiores retornos através de maiores investimentos em calagem e fosfatagem neste primeiro cultivo. Os dados deste experimento para o segundo ano, quando o calcário não foi utilizado e o nível de fósforo foi igual para todas as parcelas numa quantidade de apenas 80 kg/ha, embora não tenham sido ainda analisados, parecem confirmar as expectativas de retornos crescentes.

Estes resultados são de extrema importância quando comparados com a prática vigente na região, que tem sido a incorporação destes solos ao processo produtivo, de forma gradativa, obtendo-se, em geral, baixas produtividades no primeiro ano.

Considerando-se os incentivos dados através do POLOCENTRO, pode-se afirmar que, em 90% dos casos, os retornos à aplicação, em altos níveis, de corretivos de solo para a cultura da soja em cerrado, são positivos. Somente em Patrocínio e Araguari, com a variedade Santa Rosa, foram encontrados alguns resultados negativos. Nestes municípios os solos estudados foram do tipo Latossolo Vermelho Escuro. A taxa interna de retorno ao fósforo e calcário, em Patrocínio, onde foram encontrados os mais baixos retornos, apesar de apresentar resultados negativos a níveis de -55%, mostra ainda uma probabilidade de 70% de retornos positivos que atingem valores de até 140%. Para este experimento, quando não se usa o fósforo e calcário, a produção média por hectare é de 424 kg e, com o uso dos mesmos, aos níveis ótimos econômicos, a produção passa a ser de 948 kg/ha, ou seja, 123% superior.

As produções de soja em Araguari, sem fósforo e calcário, foram 578 kg/ha e 485 kg/ha, respectivamente para as variedades Santa Rosa e IAC-2. Aos níveis ótimos econômicos de utilização desses insumos, as produções passaram para 1.334 kg/ha e 2.062 kg/ha, o que corresponde a acréscimos de 130% e 325% na produção dessas variedades. Os retornos a cada cruzeiro investido em fósforo e calcário podem atingir valores de até Cr\$ 1,82 e Cr\$ 1,79, respectivamente para as variedades Santa Rosa e IAC-2.

As taxas internas de retorno praticamente estão acima de 100% nos experimentos de Uberaba e Sacramento. No primeiro município o solo estudado é Latossolo Vermelho Escuro, textura média, e, em Sacramento, Latossolo Roxo Distrófico. Os resultados para Sacramento apresentaram as mais altas taxas internas de retorno, atingindo até 379%. Aí a produção sem utilização do fósforo e calcário é de 1.301 kg/ha e atinge, no ponto ótimo econômico, 3.106 kg/ha. Este acréscimo é da ordem de 139%. Cada cruzeiro investido em fósforo e calcário pode proporcionar retornos de até Cr\$ 3,79.

Deve-se ressaltar a resposta da produção de soja ao uso de fósforo e calcário em Uberaba, onde as produções sem adubação foram de apenas 270 kg/ha e 163 kg/ha e sofreram acréscimos de 664% e 941%, respectivamente para as variedades Santa Rosa e IAC-2. As produções ótimas econômicas foram, nessa ordem, de 2.062 kg/ha e 1.960 kg/ha e proporcionaram retornos de até Cr\$ 3,29 e Cr\$ 2,47 para cada cruzeiro investido em fósforo e calcário.

Porém, quando não se considera os efeitos dos empréstimos especiais para cerrado, a correção dos solos aos níveis recomendados não é economicamente viável aos atuais níveis de preços. Observando-se os resultados das taxas internas de retorno, pode-se concluir que pequenas variações nas relações de preços fator/produto acarretam grandes variações nas TIR, o que pode assegurar grandes efeitos de políticas de preços.

Os resultados aqui analisados servem de base para especulações sobre algumas formas de investimento no cerrado dentro das condições de financiamento do POLOCENTRO. Com altos níveis iniciais de fósforo e calcário, a soja foi usada, com grande rentabilidade, como cultura "desbravadora" de novas áreas. Além do aspecto econômico pode-se citar como vantagens desta cultura, ligadas ao seu próprio desenvolvimento, a produção de maior volume de massa, que vai enriquecendo o solo dando-lhe maior capacidade de retenção de água e menor susceptibilidade às estiagens próprias dessas regiões (veranicos). Deve-se salientar, também, o fato da soja ser poupadora de adubos nitrogenados e de não ter apresentado limitações aparentes de fixação de nitrogênio quando o solo foi devidamente corrigido em termos de calagem e fosfatagem.

## LITERATURA CITADA

1. HAWTHORNE, G.B. "Digital Simulation and Modeling". Datramation. October, 1964 F.D. Thompson Publication, Inc. New York. p. 45-87.
2. HEADY, E.O. "Agricultural Production Function". Ames, Iowa State University Press, 1966. 667p.
3. JANVRY, Alain de. "Optimal Levels of Fertilization Under Risk. The Potential for Corn and Wheat Fertilization under Alternative Price Policies in Argentina". Am. Jr. Econ. Vol. 54 nº 1, 1972.
4. LESSINGER, Egídio. "Análise Econômica do Efeito Residual do Fósforo e Calcário num Experimento com Pastagem e Trigo Através de Funções de Produção. Vacaria, 1965/1970". Porto Alegre. IEPE, 1972. 100 p. (Tese MS).
5. MENDES, Luiz Gonzaga. "Análise do Custo de Decisões Erradas sob Condições de Incerteza de Preço: O Caso da Batatinha no Estado da Bahia". Viçosa, UFV. Minas Gerais, 1974, 46 p.
6. MONTELLO, Jessê. Estatística para Economistas. APEC Editora S.A. Rio de Janeiro, 1970.
7. MORENO, Fernando. "Avaliação de Riscos na Fertilização da Cana-Soca". Viçosa, UFV. Minas Gerais, 1974. 75 p. (Tese MS).
8. SILVA, Paulo Roberto. "Análise Econômica do Emprego de Fertilizantes na Cultura do Feijoeiro, Através da Função de Produção - Zona da Mata - M.G.". Viçosa, UFV. Minas Gerais. 1967. (Tese MS).
9. TEIXEIRA, Filho, A. R. "An Attempt to Evaluate Risks of Fertilizers Use in the Brazilian Semi-Arid Northeast. A Study of Corn in Pernambuco". Apresentado no Farming Systems Workshop. Hyderabad, Índia. Novembro 1974.
10. TEIXEIRA, Teotonio D. "Superfície Quadrática e suas Aplicações na Análise Econômica de Experimentos". Viçosa, UFV. Minas Gerais, 1970. 164 p. (Tese MS).