RECOMENDAÇÕES PARA ADUBAÇÃO DO MILHO NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

ANTONIO LOURENÇO GUIDONI
Engenheiro-Agrônomo

Orientador: Dr. Frederico Pimentel Gomes

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Experimentação e Estatística.

P I R A C I C A B A
Estado de São Paulo - Brasil
Agosto, 1 9 7 8

A meu pai *(in memoriam)*

À minha mãe Rosa e meus irmãos

D E D I C O

AGRADECIMENTOS

. Ao Professor Dr. Frederico Pimentel Gomes.

. Aos professores do Departamento de Matemática e Estatística da ESALQ.

. À Escola Superior de Agronomia do Espírito Santo (ESAES).

. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

. À Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA).

. Aos colegas José Altino Scárdua e Henry Even Bajungu.

. Aos colegas da ESAES.

. Aos colegas do Curso de Experimentação e Estatística.

. À Maria Izalina Ferreira Alves e Rosa Maria Alves.

. Aos funcionários do Departamento de Matemática e Estatística da ESALQ.

. A todos que contribuiram para a realização do curso e deste trabalho.

I N D I C E

Pág.

1. RESUMO 1

2. INTRODUÇÃO 3

3. REVISÃO DE LITERATURA 5

3.1 - Introdução 5

3.2 - A Estimação dos Parâmetros: Equação de Mitscherlich e Trinômio do Segundo Grau 6

3.3 - A Estimação da Dose Econômica 13

3.4 - O Intervalo de Confiança 16

4. MATERIAL E MÉTODOS 18

4.1 - Material 18

4.2 - Métodos 19

4.2.1 - Agrupamento dos ensaios 19

4.2.2 - Análise de variância 21

4.2.3 - Ajustamento das equações 22

4.2.3.1 - Equação de Mitscherlich 22

4.2.3.2 - Trinômio do segundo grau 23

4.2.4 - Dose econômica 25

4.2.4.1 - Equação de Mitscherlich 25

4.2.4.2 - Trinômio do segundo grau 26

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO 31

5.1 - Análise de Variância e Médias de Produção 32

5.1.1 - Nitrogênio 32

Pág.

5.1.1.1 - Grupo II 33

5.1.1.2 - Grupo III 34

5.1.1.3 - Grupo IV 35

5.1.1.4 - Grupo V 37

5.1.2 - Fósforo 39

5.1.2.1 - Grupo II 39

5.1.2.2 - Grupo III 41

5.1.2.3 - Grupo IV 42

5.1.2.4 - Grupo V 44

5.1.3 - Potássio 45

5.1.4 - Calcário 47

5.2 - Ajustamento das Equações 48

5.2.1 - Trinômio do segundo grau 48

5.2.1.1 - Nitrogênio 48

5.2.1.2 - Fósforo 48

5.2.1.3 - Potássio 49

5.2.2 - Equação de Mitscherlich 49

5.3 - Dose Econômica 50

5.3.1 - Trinômio do Segundo Grau 50

5.3.1.1 - Nitrogênio 50

5.3.1.2 - Fósforo 51

5.3.1.3 - Potássio 52

Pág.

5.3.2 - Equação de Mitscherlich 53

5.3.2.1 - Nitrogênio 53

5.3.2.2 - Fósforo 54

5.3.2.3 - Potássio 54

5.4 - Recomendação Econômica 55

6. CONCLUSÕES 58

7. SUMMARY 60

8. BIBLIOGRAFIA 62

9. APÊNDICE 67

1. RESUMO

As pesquisas realizadas com a cultura do milho no Estado do Espírito Santo, são carentes de informações de caráter científi co sobre a adubação econômica. A fim de contribuir nesse sentido, foi realizado este trabalho, tomando por base 58 ensaios fatoriais 3^3 incompletos do projeto FAO-ANDA-EMBRATER, com a adubação N, P, K e Calcário, instalados em fazendas particulares de 16 municípios das regiões fisiográficas Interior Norte e Interior Sul do Estado durante os anos agrícolas de 1973/74 a 1975/76.

Os objetivos propostos foram:

(a) Interpretar a adubação com N, P e K;

(b) Estudar o comportamento das funções de produção, trinômio do segundo grau e equação de Mitscherlich, quando ajustadas aos da dos experimentais;

(c) Comparar os intervalos de confiança da dose econômica, obtida através do trinômio do segundo grau, determinados pelos métodos da variância assintótica e do teorema de Fieller;

(d) Fazer recomendações econômicas de N, P e K.

As principais conclusões foram:

(a) A cultura do milho forneceu melhores respostas para o nitrogênio e o fósforo do que para o potássio;

(b) A equação de Mitscherlich não se revelou satisfatória para interpretar a adubação potássica;

(c) Os intervalos de confiança da dose econômica, determinados pelo método da variância assintótica são mais curtos do que os obtidos através do teorema de Fieller;

(d) Recomenda-se adubar economicamente com nitrogênio e fósforo; o potássio pode ser usado, mas em pequenas doses.

2. INTRODUÇÃO

O milho ocupa uma importante posição no Estado do Espírito Santo, quanto aos aspectos econômico e social, utilizando uma área correspondente a 32,2% das lavouras no Estado (MAGALHÃES e VIEIRA, 1974).

A cultura do milho no Estado é feita, na sua maior parte, por processos rudimentares. Por isso, a produtividade de 1060 kg/ha (média dos anos de 1973 a 1976, conforme o ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL, 1975 a 1976), é baixa quando comparada com a de alguns dos Estados produtores, que utilizam uma tecnologia mais sofisticada.

Visando a aumentar a produtividade, diversas técnicas estão sendo estudadas e, dentre elas, a adubação química tem se evidenciado como um importante fator de produção. Nesse aspecto, a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Espírito Santo(EMATER-

ES), incentivada pelo projeto FAO-ANDA-EMBRATER, vem se empenhando, através de numerosos ensaios demonstrativos instalados em fazendas particulares, com a meta principal de fazer sentir ao agricultor que suas colheitas ou rendimentos só poderão ser aumentados com o uso de técnicas apropriadas.

No entanto, o que interessa mesmo ao agricultor é aumentar a sua receita líquida.

A fim de contribuir para a solução de tais problemas, o presente trabalho teve como objetivo principal interpretar a adubação com N, P e K e, quando possível, fazer recomendações econômicas, utilizando dados experimentais de 58 ensaios demonstrativos de milho instalados nas regiões propícias ao seu cultivo, durante os anos de 1973/74 a 1975/76.

A interpretação econômica foi feita através das funções de produção:

. Trinômio do segundo grau, $Y_i = a + bx_i + cx_i^2$;

. Equação de Mitscherlich, $Y_i = A \left[1 - 10^{-c(X_i+b)} \right]$;

ambas de uso bastante indicado, quando não se consideram as interações entre os nutrientes ou fatores.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 - Introdução

HEADY (1956) discutiu problemas sobre o ajustamento de funções de produção aos ensaios de adubação, opinando que a determinação do modelo matemático é o problema fundamental. "Não há prova biológica de que a função de resposta à adubação se restrinja a uma função de forma algébrica particular, devido às variações de cultura, solo, clima, ano e outras variáveis".

ZAGATTO e PIMENTEL GOMES (1960) preocupados com o problema econômico da adubação, discutiram o uso de funções de produção a uma variável independente, dando ênfase ao uso do trinômio do 2º grau e à equação de Mitscherlich. Citaram as vantagens e desvantagens de um modelo em relação ao outro, mostrando que nenhum é plenamente satisfatório.

ZAGATTO-e PIMENTEL GOMES (1967) fizeram um estudo completo sobre funções de produção, a uma, duas e três variáveis independentes, quanto ao aspecto econômico. Os autores salientaram algumas dificuldades que podem ocorrer e recomendaram:

- Usar sempre grupo de ensaios numerosos, ou ensaios isolados com diversas repetições e boa precisão;

- Não confiar em doses ótimas obtidas a partir de polinômios de coeficientes para termos do 2º grau que não sejam significativamente diferentes de zero;

- Verificar sempre se os valores obtidos correspondem realmente a um máximo;

- Calcular intervalos de confiança para as doses ótimas encontradas, para poder julgar qual o seu real valor.

3.2 - A Estimação dos Parâmetros: Equação de Mitscherlich e Trinômio do Segundo Grau.

MITSCHERLICH (1909), partindo da equação diferencial $dY = K(A-Y)dX$, determinou a equação que rege a "Lei dos Acréscimos Não-Proporcionais",

$$Y = A\left[1 - 10^{-c(X+b)}\right] \quad , \qquad (1)$$

onde: A = parâmetro representativo da produção máxima assintótica;

c = coeficiente de eficácia (típico para cada nutriente);

b = quantidade do nutriente existente no solo;

X = quantidade ou dose do nutriente adicionado ao solo;

Y = variável de produção.

No entanto, o referido autor não discutiu métodos estatísticos capazes de estimar os parâmetros.

PIMENTEL GOMES e MALAVOLTA (1949b) aplicaram pela primeira vez o método dos quadrados mínimos a (1), para estimação dos parâmetros A, b e c. Obtiveram as equações normais:

$$\begin{cases} \Sigma Y_i - n\hat{A} + \hat{A}\,10^{-6\hat{c}} \Sigma 10^{-\hat{c}X_i} = 0 \\ \Sigma Y_i\, 10^{-\hat{c}X_i} - \hat{A}\Sigma 10^{-\hat{c}X_i} + \hat{A}\,10^{-6\hat{c}} \Sigma 10^{-2\hat{c}X_i} = 0 \\ \Sigma X_i Y_i\, 10^{-\hat{c}X_i} - \hat{A}\Sigma X_i\, 10^{-\hat{c}X_i} + \hat{A}\,10^{-6\hat{c}} \Sigma X_i\, 10^{-2\hat{c}X_i} = 0 \end{cases} \quad (2)$$

De acordo com eles, pelo teorema de Rouché-Capelli, obtém-se a seguinte equação em z:

$$\begin{vmatrix} \Sigma Y_i & n & \Sigma z^{m_i} \\ \Sigma Y_i z^{m_i} & \Sigma z^{m_i} & \Sigma z^{2m_i} \\ \Sigma X_i Y_i z^{m_i} & \Sigma X_i z^{m_i} & \Sigma X_i z^{2m_i} \end{vmatrix} = 0 \quad , \quad (3)$$

onde $z = 10^{-\hat{c}q}$; $X_i = m_i q$; q é uma dose padrão; e $m_i = 0,1,\ldots,n$. Como ĉ e q são necessariamente positivos, o valor de z, que convém à solução do problema, é tal que seja $0 < z < 1$.

NOGUEIRA (1950) demonstrou que a equação (3) é divisível por $z(z-1)^3$.

Desenvolvendo convenientemente (3), obtém-se:

$$P_1(z) \Sigma Y_i + P_2(z) \Sigma X_i Y_i z^{m_i} + P_3(z) \Sigma Y_i z^{m_i} = 0 \quad , \quad (4)$$

onde, $P_1(z)$, $P_2(z)$ e $P_3(z)$ são polinômios em z. Se for admitido o uso de diferentes níveis X_1, X_2, ... , X_p, com r repetições, de modo que $n = rp$, então pode-se escrever (4) do seguinte modo:

$$\bar{Y}_1 \left[P_1(z)+X_1 z^{m_1} P_2(z)+z^{m_1} P_3(z)\right] + \ldots + \bar{Y}_p \left[P_1(z)+X_p z^{m_p} P_2(z)+z^{m_p} P_3(z)\right] = 0,$$

onde, $\bar{Y}_1$, ... , $\bar{Y}_p$, representam médias de produção nos diferentes níveis. Dividindo cada termo por $z(z-1)^3$, a equação anterior ficará transformada na seguinte expressão:

$$\bar{Y}_1 J_{p1}(z) + \ldots + \bar{Y}_p J_{pp}(z) = 0 \quad .$$

Os polinômios $J_{p1}(z)$, ... , $J_{pp}(z)$, podem ser tabelados em função de p e z (com z compreendido entre 0 e 1).

PIMENTEL GOMES e NOGUEIRA (1951) construíram tabelas para 5 níveis equidistantes; PIMENTEL GOMES (1953) publicou tabelas para 4 níveis; TOMLINSON e ABRAMSON (1961) construíram tabelas para $p = 4, \ldots, 18$. Para níveis não equidistantes, NOGUEIRA *et alii* (1963) publicaram tabelas quando $m_i = 0, 1, 2, 4$.

Determinado o valor de z, o cálculo de $\hat{c}$ é feito pela fórmula

$$\hat{c} = \frac{1}{q} \log \left(\frac{1}{z}\right) \quad .$$

Uma vez obtido $\hat{c}$, o cálculo de $\hat{A}$ e $\hat{b}$ torna-se fácil, como mostraram PIMENTEL GOMES e MALAVOLTA (1949b).

Para o caso de 3 níveis equidistantes ($X_1 = 0$, $X_2 = q$, $X_3 = 2q$), a estimação dos parâmetros de(1) torna-se simples. O cálculo das estimativas pode ser feito pelas fórmulas a seguir, demonstradas por PIMENTEL GOMES e MALAVOLTA (1949a):

$$\hat{c} = \frac{1}{q} \log \frac{\bar{Y}_1 - \bar{Y}_0}{\bar{Y}_2 - \bar{Y}_1} \quad ,$$

$$\hat{A} = \frac{\bar{Y}_1^2 - \bar{Y}_0 \bar{Y}_2}{2\bar{Y}_1 - (\bar{Y}_0 + \bar{Y}_2)} \quad ,$$

$$\hat{b} = \frac{1}{\hat{c}} \log \frac{\bar{Y}_1^2 - \bar{Y}_0 \bar{Y}_2}{(\bar{Y}_1 - \bar{Y}_0)^2} \quad .$$

O ajustamento só será possível se tivermos $\bar{Y}_0 < \bar{Y}_1 < \bar{Y}_2$, e $2\bar{Y}_1 > (\bar{Y}_0 + \bar{Y}_2)$.

STEVENS (1951) apresentou um novo método para estimar os parâmetros da equação de Mitscherlich, bem como fórmulas que estimam as variâncias e covariâncias das estimativas dos parâmetros. Usou a referida equação na forma:

$$Y = \alpha + \beta \rho^X \quad , \qquad (6)$$

onde, $X = 0, 1, \ldots, p-1$.

Comparando as equações (1) e (6) verifica-se que:

$$\alpha = A \quad , \qquad \beta = -A\, 10^{-bc} \quad , \qquad \rho = 10^{-cq} \quad .$$

O autor aplicou o método dos quadrados mínimos e chegou a um sistema de equações normais equivalente a (2).

Para estimação das variâncias e covariâncias das estimativas dos parâmetros obteve:

$$\hat{V}(\hat{A}) = (F_{aa})\, s^2 \quad , \qquad \hat{V}(\hat{\beta}) = (F_{bb})\, s^2 \quad ,$$

$$\hat{V}(\hat{\rho}) = \frac{F_{rr}}{(\hat{\beta})^2} \cdot s^2 \quad , \qquad \hat{COV}(\hat{A},\hat{\beta}) = (F_{ab})\, s^2 \quad ,$$

$$\hat{COV}(\hat{A},\hat{\rho}) = \frac{F_{ar}}{\hat{\beta}} \cdot s^2 \quad , \qquad \hat{COV}(\hat{\beta},\hat{\rho}) = \frac{F_{br}}{\hat{\beta}} \cdot s^2 \quad ,$$

onde s^2 representa a estimativa da variância residual na análise da variância e F_{aa}, F_{ab}, ... , são funções racionais em $\tilde{\rho}$ tabeladas por ele. Não tabelou, entretanto, funções para o caso de 3 níveis.

PIMENTEL GOMES (1953) demonstrou que, para o caso particular de nutriente com 3 níveis equidistantes, os valores das funções F_{aa}, F_{bb}, ..., são os seguintes:

$$F_{aa} = (1-r)^{-4}\,(1+4r^2+r^4);$$

$$F_{ab} = -(1-r)^{-4}\,(1+3r^2+2r^3);$$

$$F_{ar} = -(1-r)^{-3}\,(1+r)(1+r+r^2);$$

$$F_{bb} = (1-r)^{-4}\,(2-4r+8r^2);$$

$$F_{br} = (1-r)^{-3}\,(1+r+4r^2);$$

$$F_{rr} = 2(1-r)^{-2}\,(1+r+r^2);$$

onde $r = 10^{-\hat{c}q}$. Demonstrou ainda que as estimativas das variâncias das estimativas dos parâmetros b e c, definidos na equação (1), são

determinadas por:

$$\hat{V}(\hat{b}) = \frac{q^2 s^2}{(\log r)^2} \left[\begin{array}{l} (1/\hat{A})^2 F_{aa} + (1/\hat{\beta})^2 F_{bb} + (\mu/\hat{\beta})^2 F_{rr} - \\ - (2/\hat{A}\hat{\beta}) F_{ab} - (2\mu/\hat{A}\hat{\beta}) F_{ar} + (2\mu/\hat{\beta}^2) F_{br} \end{array} \right] ;$$

$$\hat{V}(\hat{c}) = \frac{F_{rr} \cdot s^2}{(2{,}3\ r\ q\ \hat{\beta})^2} , \qquad (7)$$

onde, $\mu = \dfrac{\log (\hat{A}/-\hat{\beta})}{r \log r}$.

NOGUEIRA (1960), partindo dos níveis 0 - x - 3, e baseando-se nos pontos de mínimo das funções racionais F_{aa}, F_{bb}, ..., provou que os parâmetros da equação de Mitscherlich serão mais bem estimados se for adotado nos ensaios o valor x = 1. Nesse mesmo trabalho ele cita e discute um método semelhante, desenvolvido por BOX e LUCAS (1959).

D'AULÍSIO (1973) demonstrou que, no caso de 3 níveis equidistantes, pode-se estimar a variância da estimativa do coeficiente de eficácia (c) da equação (1), pela fórmula

$$\hat{V}(\hat{c}) = \left[\frac{1}{2{,}3\ q\ u_1 (u_2 - 1)} \right]^2 \cdot \left[\begin{array}{l} \bar{Y}_0^2 + \bar{Y}_1^2 + \bar{Y}_2^2 - \\ -\bar{Y}_0\bar{Y}_1 - \bar{Y}_0\bar{Y}_2 - \bar{Y}_1\bar{Y}_2 \end{array} \right] \cdot \frac{2\ s^2}{J} ,$$

onde $u_1 = \bar{Y}_1 - \bar{Y}_0$, $u_2 = \bar{Y}_2 - \bar{Y}_0$ e J refere-se ao número de repetições. A autora confrontou os resultados obtidos por esta fórmula com a (7) e concluiu que ambas possuem a mesma eficiência.

Quanto ao modelo quadrático,

$$Y_i = a + bx_i + cx_i^2 \quad , \qquad (8)$$

a estimação dos parâmetros a, b e c se faz com relativa facilidade, por ser este um modelo linear nos parâmetros.

De acordo com a teoria geral da regressão, sabe-se que o método dos quadrados mínimos permite estimar os parâmetros de um modelo linear através da equação matricial

$$\beta = S^{-1} X'Y \quad ,$$

onde β = vetor coluna das estimativas;

Y = vetor coluna das observações;

S = X'X, sendo X' a matriz transporta de X;

X = matriz cujo número de colunas é dado pelo número de parâmetros;do modelo;

S^{-1} = matriz inversa de S.

A matriz de dispersão $D = S^{-1} \sigma^2$, permite obter as variâncias e covariâncias das estimativas dos parâmetros, com σ^2 representando a variância residual. O problema estará solucionado desde que se obtenha S^{-1}.

Para o caso particular da equação (8) a matriz S de dimensões 3x3 é invertida facilmente, o que equivale à resolução de um sistema linear de 3 equações a 3 incógnitas.

3.3 - A Estimação da Dose Econômica

Um aspecto importante das funções de produção é a estimação da dose econômica.

PIMENTEL GOMES (1953), dando continuidade aos trabalhos iniciados por PIMENTEL GOMES e MALAVOLTA (1949a,b), referentes à equação (1), determinou uma fórmula exata para o cálculo da dose X* economicamente aconselhável.

$$X^* = \frac{1}{\hat{c}} \log \left[\frac{w \hat{A} \hat{c}}{t \log e} \right] - \hat{B} \quad , \qquad (9)$$

onde w/t é a relação de preços entre o produto agrícola e o nutriente utilizado; $\hat{A}$, $\hat{B}$, $\hat{c}$, são as estimativas dos parâmetros já definidos na equação (1).

PIMENTEL GOMES e ABREU (1959), partindo da fórmula

$$X^* = \frac{1}{\hat{c}} \log \frac{\hat{c} X_u L 10}{1 - 10^{-cX_u}} + \frac{1}{\hat{c}} \log \frac{w u}{t X_u} \quad ,$$

introduzida por Carey e Robinson, mostraram que a dose econômica pode ser determinada pela expressão aproximada:

$$X^* = \frac{1}{2} X_u + \frac{1}{\hat{c}} \log \frac{w u}{t X_u} \quad ,$$

onde, X_u = a quantidade ou dose de nutriente utilizada no ensaio;

u = diferença entre as médias de produtividade ($\bar{Y}_u - \bar{Y}_0$).

Os autores discutiram a sua aplicabilidade e mostraram que, embora aproximada, fornece resultados concordantes com as fórmulas exatas. Esta fórmula tem a grande vantagem de depender apenas da estimativa $\hat{c}$, de sorte que, no caso de ser conhecido o seu valor por experimentos anteriores, é possível determinar a dose econômica sem o ajustamento da curva assintótica, conforme está discutido em PIMENTEL GOMES (1973).

A dose economicamente aconselhável, determinada a partir do modelo quadrático (equação 8), é sempre exata:

$$X^{+} = \frac{\Theta - \hat{b}}{2\hat{c}} \quad , \qquad \text{para } \hat{c} < 0 \ , \quad (11)$$

onde $\hat{b}$ e $\hat{c}$ são as estimativas dos coeficientes linear e quadrático respectivamente; Θ é uma constante cujo valor depende da relação de preços w/t e da forma como a variável x_i da equação (8) é usada.

Para estimação da variância da dose econômica, o método utilizado se baseia fundamentalmente numa aplicação da fórmula de Taylor, conforme está discutido de maneira bastante geral em THEIL (1971).

PIMENTEL GOMES (1961) foi o primeiro a publicar fórmulas para a variância da dose X* (determinada a partir da equação de Mitscherlich). Nesse trabalho foram obtidas duas fórmulas:

$$\hat{V}(X^*) = \left(\frac{\log e}{\hat{c}}\right)^2 \hat{V}(u) + \left(\frac{1}{\hat{c}}\right)^4 \left(\log \frac{W u}{t X_u}\right)^2 \hat{V}(\hat{c}) - 2\left(\frac{\log e}{u \hat{c}^3}\right)\left(\log \frac{W u}{t X_u}\right) \hat{COV}(u,\hat{c}) \quad (12)$$

$$\hat{V}(X^*) = \left(\frac{\log e}{\hat{c}}\right)^2 \frac{2\, s^2}{r\, u^2} \quad , \qquad (13)$$

onde e = 2,718 ...; r refere-se ao número de repetições. A fórmula (12) é recomendável quando o $\hat{c}$ é obtido em função dos dados observados no ensaio, e a (13) quando se baseia no valor de c determinado anteriormente, ou obtido da literatura.

VIEIRA (1970), baseando-se no método proposto por STEVENS (1951) (equação 6), apresentou uma fórmula para o cálculo da $\hat{V}(X^*)$. Segundo a autora, essa fórmula é recomendada quando os parâmetros são estimados com dados do próprio ensaio.

D'AULÍSIO (1973), ao publicar trabalhos sobre a Lei de Mitscherlich, apresentou também uma fórmula para o cálculo da $\hat{V}(X^*)$, no caso de três níveis equidistantes. Comparou sua fórmula com a (12) e com a de VIEIRA (1970), concluindo que a primeira fornece valores bem maiores que a sua e a de VIEIRA. Nesse mesmo trabalho a autora aconselha que, se forem usadas as fórmulas (10) e (13) para o cálculo de X^* e $\hat{V}(X^*)$, respectivamente, quando o ensaio usa 3 níveis equidistantes de nutriente, então a recomendação econômica deve ser feita através da fórmula

$$\bar{X}^* = \frac{X_1^* + X_2^*}{2} \quad , \qquad (14)$$

onde X_1^* e X_2^* são doses econômicas obtidas referentes aos aumentos de produtividade $u_1 = \bar{Y}_1 - \bar{Y}_0$ e $u_2 = \bar{Y}_2 - \bar{Y}_0$, respectivamente.

No que se refere ao modelo quadrático, embora o método se baseie também na aplicação da fórmula de Taylor, a determina-

ção da $\hat{V}(X^+)$ é mais simples.

Partindo de (11) e usando a fórmula de Taylor, chega-se à seguinte expressão:

$$\hat{V}(X^+) = \left[\frac{\theta - \hat{b}}{2\hat{c}^2}\right]^2 \hat{V}(\hat{c}) + \frac{1}{4\hat{c}} \hat{V}(\hat{b}) + \left[\frac{\theta - \hat{b}}{2\hat{c}^2}\right]^2 \hat{COV}(\hat{b},\hat{c}) \qquad (15)$$

3.4 - O Intervalo de Confiança

Um problema importante é a determinação do intervalo de confiança de um quociente de duas variáveis aleatórias normalmente distribuídas. Fieller (1940), citado em FINNEY (1964), demonstrou uma fórmula para obter tal tipo de intervalo, no caso geral, em que considera a dependência entre as variáveis.

FINNEY (1975), baseando-se no teorema de Fieller, abordou a sua aplicabilidade no caso geral, em que o numerador e o denominador podem ser médias, diferenças entre médias, coeficientes de regressão, etc. Discutiu os possíveis resultados e interpretações a que esse tipo de intervalo de confiança pode levar, conforme o caso de incluir ou não a variável aleatória X^+.

D'AULÍSIO (1976), partindo do modelo $y = a + bx + cx^2$, estudou, discutiu e procurou determinar o método mais eficiente para obter intervalos de confiança de

$$X = \frac{-b}{2c} \quad ,$$

onde X é um ponto de máximo ou de mínimo do trinômio, dependendo do

sinal de c (negativo ou positivo, respectivamente). Entre os diversos métodos, estudou o que se baseia no teorema de Fieller. Usou a equação sob a forma

$$y = a + bP_1(x) + cP_2(x) \quad ,$$

a fim de eliminar a covariância entre b e c, o que simplifica bastante a fórmula do intervalo de confiança para X; $P_1(x)$ e $P_2(x)$ são polinômios ortogonais de 1º e 2º graus respectivamente. A autora salientou que, às vezes, o uso deste método é impróprio, uma vez que a amplitude do intervalo foi, na maioria dos casos, infinita.

HOFFMAN e VIEIRA (1976) usaram as seguintes funções de produção para interpretar a adubação em N, P e K:

$$Y = A + BX + CX^2 \quad , \quad Y = A + B\sqrt{X} + CX \quad , \quad Y = A\left[1 - 10^{-c(X+b)}\right].$$

Aplicaram o teorema de Fieller na determinação do intervalo de confiança da dose econômica, para cada modelo, e compararam oom o método baseado na variância assintótica. Salientaram que, para o caso da equação de Mitscherlich, o método é aproximado, uma vez que nem o numerador e nem o denominador satisfazem às condições de um bom estimador. Concluiram que o método de Fieller é o mais apropriado no que se refere a mostrar a indeterminação estatística da dose econômica quando, no respectivo estimador (da dose), que é uma fração, o denominador não é significativamente diferente de zero.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 - Material

Os dados utilizados, que se encontram na Tabela 1 do Apêndice, foram cedidos pela Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA). Correspondem a um conjunto de 58 ensaios demonstrativos de adubação mineral do Projeto FAO/ANDA/EMBRATER, instalados nas regiões fisiográficas Interior Norte e Interior Sul do Estado do Espírito Santo, com a cultura do milho, durante os anos 1973/74 a 1975/76.

Os ensaios utilizados incluem os tratamentos:

	011	101	110	
000		111		111+calcário
	211	121	112	

arranjados em um só bloco, com três níveis de nitrogênio (011, 111, 211), três níveis de fósforo (101, 111, 121) e três níveis de potássio (110, 111,112).Os tratamentos 000 e 111+calcário não foram usados nas análises estatísticas.

As doses dos nutrientes, em kg/ha, e respectivos tipos de adubos foram:

Nitrogênio: sulfato de amônio (20% de N) 0-45-90 ;

Fósforo: superfosfato simples (20% de P_2O_5) 0-45-90 ;

Potássio: cloreto de potássio (60% de K_2O) 0-30-60 ;

Calcário: calcário dolomítico (18% de MgO) 0-2000 .

O calcário foi aplicado pelo menos um mês antes do plantio; 1/3 do nitrogênio foi aplicado com o fósforo e o potássio, em sulcos, por ocasião do plantio; e os 2/3 restantes, 40 a 60 dias após o plantio, em cobertura.

Os ensaios foram instalados em várias propriedades agrícolas, sempre no mês de outubro ou primeira quinzena de novembro, tendo cada parcela uma área de 100 m^2 (10 m x 10 m). As variedades utilizadas foram Ag-152 ou Ag-259.

4.2 - Métodos

4.2.1 - Agrupamento dos ensaios

De acordo com as informações disponíveis, e para fins de estudo, foram considerados os seguintes agrupamentos dos dados.

GRUPO I

Caso 1 — Um conjunto formado dos 58 ensaios.

GRUPO II — Dois conjuntos formados de acordo com as regiões fisiográficas:

Caso 2.1 — 24 ensaios instalados na região fisiográfica Interior Norte;

Caso 2.2 — 34 ensaios instalados na região fisiográfica Interior Sul.

GRUPO III — Dois conjuntos formados de acordo com a topografia:

Caso 3.1 — 30 ensaios instalados em topografia plana;

Caso 3.2 — 28 ensaios instalados em topografia ondulada.

GRUPO IV — Quatro conjuntos formados por municípios situados numa mesma microrregião:

Caso 4.1 — 15 ensaios instalados na RNIN (microrregião Norte - região fisiográfica Interior Norte) constituída pelos municípios: Ecoporanga, Barra de São Francisco, Mantenópolis e São Gabriel da Palha;

Caso 4.2 — 13 ensaios instalados na RSIN (microrregião Sul - região fisiográfica Interior Norte) constituída pelos municípios: Pancas, Baixo Guandu, Colatina e Itaguaçu;

Caso 4.3 — 16 ensaios instalados na RNIS (microrregião Norte - região fisiográfica Interior Sul) constituída pelos municípios: Santa Teresa, Afonso Cláudio, Conceição de Castelo e Domingos Martins;

Caso 4.4 — 14 ensaios instalados na RSIS (microrregião Sul - região fisiográfica Interior Sul) constituída pelos municípios: Iuna, Muniz Freire, Alegre e Jerônimo Monteiro.

GRUPO V — Três conjuntos formados por anos agrícolas:

Caso 5.1 — 14 ensaios instalados no ano agrícola 1973/74;

Caso 5.2 — 23 ensaios instalados no ano agrícola 1974/75;

Caso 5.3 — 21 ensaios instalados no ano agrícola 1975/76.

As regiões fisiográficas Interior Norte e Interior Sul possuem características bastante semelhantes, principalmente quanto aos aspectos relativos à topografia e ao solo. Quanto ao aspecto climático, a situação já não é a mesma, como mostram os resultados de precipitação aquosa obtidos durante os anos de 1948 a 1966:

Valores médios (mm)

Regiões fisiográficas	Época seca abril-setembro	Época chuvosa outubro-março	Anual
Interior Norte	243	760	1.003
Interior Sul	313	1.010	1.323

4.2.2 - Análise de Variância

As análises seguiram o esquema seguinte.

Causa de Variação	G.L.
Efeito linear	1
Efeito quadrático	1
Níveis do Nutriente (Nu)	2
Locais (L)	L-1
Interação (Nu x L)	2(L-1)

O teste F foi calculado em relação à interação (NuxL) e os níveis de significância adotados foram 5% ou 1% de probabilidade.

Tendo em vista o uso de 3 níveis e as equações de regressão com 3 parâmetros cada uma, não há desvio de regressão, e consequentemente SQ Tratamentos = SQ Regressão.

4.2.3 - Ajustamento das Equações

4.2.3.1 - Equação de Mitscherlich

Os cálculos das estimativas dos parâmetros foram feitos pelas fórmulas mencionadas por PIMENTEL GOMES (1973):

$$\hat{A} = \frac{\bar{Y}_1^2 - \bar{Y}_0\,\bar{Y}_2}{2\,\bar{Y}_1 - (\bar{Y}_0 + \bar{Y}_2)} \quad ;$$

$$\hat{c} = \frac{1}{q} \log \frac{\bar{Y}_1 - \bar{Y}_0}{\bar{Y}_2 - \bar{Y}_1} \quad ;$$

$$\hat{b} = \frac{1}{\hat{c}} \log \frac{\bar{Y}_1^2 - \bar{Y}_0\,\bar{Y}_2}{(\bar{Y}_1 - \bar{Y}_0)^2} \quad ,$$

onde $\bar{Y}_0$, $\bar{Y}_1$ e $\bar{Y}_2$ são as médias de produtividade para os três níveis; e q é a dose ou quantidade intermediária do nutriente. O ajustamento foi realizado quando as médias atenderam às restrições:

a) $\bar{Y}_0 < \bar{Y}_1 < \bar{Y}_2$,

b) $2\bar{Y}_1 > (\bar{Y}_0 + \bar{Y}_2)$.

Na determinação da estimativa da variância de $\hat{c}$ empregou-se a fórmula determinada por PIMENTEL GOMES (1953):

$$\hat{V}(\hat{c}) = \frac{F_{rr}}{(2{,}3\ r\ q\ \hat{\beta})^2} \cdot \frac{s^2}{L} \quad ,$$

onde s^2 = quadrado médio do resíduo;

L = número de repetições;

$r = 10^{-\hat{c}q}$;

$\hat{\beta} = - \hat{A}\ 10^{-6\hat{c}}$;

$$F_{rr} = \frac{2(1 + r + r^2)}{(1 - r)^2} \quad .$$

O intervalo de confiança, ao nível de 5% de probabilidade para c (dada a suposição de seguir uma distribuição aproximadamente normal), foi determinado pela expressão:

$$\hat{c} \pm t_0 \sqrt{\hat{V}(\hat{c})} \quad ,$$

onde t_0 variou de acordo com o número de graus de liberdade do resíduo.

4.2.3.2 - Trinômio do segundo grau

Para facilitar foi usada a transformação de variável

$$x_i = \frac{X_i - \bar{X}}{q} \quad ,$$

onde X_i = 0, q e 2q ;

$\bar{X} = q$;

x_i = -1, 0 e 1.

A estimação dos parâmetros, feita pelo método dos quadrados mínimos, fornece a expressão:

$$\beta = S^{-1} X'Y \quad ,$$

onde,

$$S^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{1}{L} & 0 & \frac{-1}{L} \\ 0 & \frac{1}{2L} & 0 \\ \frac{-1}{L} & 0 & \frac{3}{2L} \end{bmatrix} \quad ;$$

$$X'Y = \begin{bmatrix} Y_0 + Y_1 + Y_2 \\ Y_2 - Y_0 \\ Y_2 + Y_0 \end{bmatrix} \quad .$$

Efetuando o produto obtém-se:

$$\hat{a} = \bar{Y}_1 \quad , \quad \hat{b} = \frac{\bar{Y}_2 - \bar{Y}_0}{2} \quad , \quad \hat{c} = \frac{\bar{Y}_0 + \bar{Y}_2 - 2\bar{Y}_1}{2} \quad .$$

A matriz de variâncias e covariâncias $D = S^{-1} \sigma^2$, fornece as variâncias e covariâncias das estimativas dos parâmetros a, b e c. Para $\hat{b}$ e $\hat{c}$ foram usadas as fórmulas:

$$\hat{V}(\hat{b}) = \frac{s^2}{2L} \quad , \quad \hat{V}(\hat{c}) = \frac{3s^2}{2L} \quad , \quad \hat{COV}(\hat{b},\hat{c}) = 0 \quad .$$

Os testes de significância para $\hat{b}$ e $\hat{c}$ foram feitos indiretamente pelos componentes linear e quadrático respectivamente, e para cada nutriente. Sabe-se da Estatística Matemática que, ao mesmo nível de probabilidade, $t^2_{(n)} = F_{(1,n)}$, onde n representa o número de graus de liberdade do resíduo.

4.2.4 - Dose Econômica

4.2.4.1 - Equação de Mitscherlich

No cálculo da dose economicamente recomendável foi utilizada a fórmula:

$$\bar{X}^* = \frac{X_1^* + X_2^*}{2} \quad ,$$

sugerida por D'AULÍSIO (1973). As doses econômicas X_1^* e X_2^* foram calculadas através da fórmula de PIMENTEL GOMES e ABREU (1959):

$$X^* = \frac{X_u}{2} + \frac{1}{c} \log \frac{W\,u}{t\,X_u} \quad ,$$

onde X_1^* corresponde a $X_u = q$, $u = \bar{Y}_1 - \bar{Y}_0$;

X_2^* corresponde a $X_u = 2q$, $u = \bar{Y}_2 - \bar{Y}_0$.

Foram utilizadas 5 relações de preços (w/t), indicadas a seguir:

Nutriente	w/t
Nitrogênio	0,08 ; 0,10 ; 0,12 ; 0,14 ; 0,16
Fósforo	0,10 ; 0,12 ; 0,14 ; 0,16 ; 0,18
Potássio	0,25 ; 0,30 ; 0,35 ; 0,40 ; 0,45

Foi utilizado o c da literatura conforme está indicado em PIMENTEL GOMES (1973):

Nitrogênio: 0,0049 ;

Fósforo: 0,0088 ;

Potássio: 0,0088 .

Como foi usado o c da literatura, os cálculos $\hat{V}(X_1^*)$ e $\hat{V}(X_2^*)$ foram feitos pela fórmula deduzida por PIMENTEL GOMES (1961):

$$\hat{V}(X^*) = \left(\frac{\log e}{u\, c}\right)^2 \frac{2s^2}{L} \quad ,$$

onde L é o número de repetições (Locais).

O intervalo de confiança para X_1^* e X_2^* foi calculado pela fórmula:

$$X^* \pm t_0 \sqrt{\hat{V}(X^*)} \quad ,$$

com o nível de probabilidade de 5%, e t_0 variando de acordo com o número de graus de liberdade do resíduo.

4.2.4.2 - Trinômio do segundo grau

Neste modelo o cálculo da dose economicamente aconselhável foi feito pela fórmula:

$$x^+ = \frac{\frac{qt}{w} - b}{2\hat{c}} \quad , \qquad \text{para } \hat{c} < 0 \quad ,$$

determinada através da maximização da equação da receita líquida:

$$L(x) = w\hat{Y} - qtx - m \quad ,$$

onde q é a dose padrão do adubo (45 kg/ha para o N e o P_2O_5 e 30 kg/ha para o K_2O); $\hat{b}$ e $\hat{c}$ são valores calculados pelas fórmulas já indicadas no ítem 4.2.3.2; t/w são as relações de preços equivalentes às indicadas no ítem 4.2.4.1.

Para se obter a dose em kg/ha deve-se usar a transformação

$$X^+ = (1 + x^+)\, q \quad .$$

O cálculo da $\hat{V}(x^+)$ foi feito pela fórmula cuja dedução está indicada a seguir. A discussão geral deste método pode ser vista em THEIL (1971).

Seja

$$x^+ = \frac{q\,\frac{t}{w} - \hat{b}}{2\hat{c}} \quad .$$

Por diferenciação, em relação a $\hat{b}$ e $\hat{c}$, esta expressão se transforma em:

$$dx^+ = -\frac{1}{2\hat{c}}\, d\hat{b} - \left[\frac{\frac{qt}{w} - \hat{b}}{2\hat{c}^2}\right] d\hat{c} \quad .$$

Aplicando a definição de variância a ambos os membros, e usando os resultados obtidos em 4.2.3.2, determina-se:

$$\hat{V}(x^+) = \frac{1}{\hat{c}^2}\left[\frac{\hat{V}(\hat{b})}{4} + \left(\frac{q\,\frac{t}{w} - \hat{b}}{2\hat{c}}\right)^2 \hat{V}(\hat{c})\right] \quad .$$

Os cálculos dos intervalos de confiança para x^+ foram feitos por 2 métodos. O primeiro quando se utiliza a variância assintótica, determinada pela fórmula indicada no ítem 4.2.4.2, é dado pela expressão $x^+ \pm t_0 \sqrt{V(x^+)}$. O segundo se baseia na aplicação do teorema de Fieller, cuja demonstração é indicada a seguir.

Se $\mu = \frac{\alpha}{\beta}$, tais que d_1 e d_2 sejam variáveis aleatórias normalmente distribuídas e $E(d_1) = \alpha$ e $E(d_2) = \beta$, então:

$$\frac{d_1 - \mu\, d_2}{\sqrt{V(d_1 - \mu\, d_2)}}$$

segue uma distribuição de t com n graus de liberdade. Para um nível de probabilidade fixado, pode-se escrever:

$$\left| \frac{d_1 - \mu\, d_2}{\sqrt{V(d_1 - \mu\, d_2)}} \right| \leq t_0 \quad . \qquad (17)$$

A solução desta inequação corresponde ao intervalo de confiança para μ.

Este resultado foi adaptado no presente trabalho, onde:

$$d_1 = q \frac{t}{w} - 6 \quad ;$$

$$d_2 = 2\hat{c} \quad ;$$

e t_0 é o valor tabelado, ao nível de 5% de probabilidade, em função do número de graus de liberdade do resíduo.

Usando a definição de variância e os resultados do ítem 4.2.3.2, obtém-se:

$$\hat{V}(d_1) = \hat{V}(\hat{b}) = \frac{s^2}{2L} \quad ;$$

$$\hat{V}(d_2) = 4\hat{V}(\hat{c}) = 4 \cdot \frac{3}{2L} s^2 = \frac{6s^2}{L} \quad ;$$

$$\hat{COV}(d_1, d_2) = -2\hat{COV}(\hat{b}, \hat{c}) = 0 \quad .$$

Fazendo as devidas substituições e simplificações, a inequação (17) fica transformada em:

$$\left[(1 - g)\, \mu^2 - 2x^+ \mu + (x^+)^2 - \frac{g}{12} \right] \leq 0 \quad , \qquad (18)$$

onde: $g = \dfrac{6t_0^2\, s^2}{L\, d_2^2}$;

$$x^+ = \frac{d_1}{d_2} = \frac{q\,\frac{t}{w} - \hat{b}}{2\hat{c}} \quad .$$

Igualando a expressão (18) a zero e resolvendo em relação a μ, obtêm-se os limites inferior (LI) e superior (LS) do intervalo de confiança para a dose econômica:

$$LI = \frac{x^+ - \sqrt{g\left[(x^+)^2 + \frac{1}{12} - \frac{g}{12}\right]}}{1 - g} \quad ,$$

$$LS = \frac{x^+ + \sqrt{g\left[(x^+) + \frac{1}{12} - \frac{g}{12}\right]}}{1 - g} \quad .$$

Esta solução satisfaz sempre que se tenha $g < 1$, e neste caso, o intervalo de confiança é dado por: $[LI\ ;\ LS]$. Para o caso de $g > 1$ e

$$\Delta = g\left[(x^{+})^2 + \frac{1}{12} - \frac{g}{12}\right] > 0 \quad ,$$

não se obtêm intervalos propriamente ditos, pois, $\mu \notin [LI ; LS]$, onde $\notin$ indica "não pertence". Se $\Delta < 0$, o intervalo de confiança é infinito $(-\infty < \mu < \infty)$.

Segundo Fieller (1940), conforme está discutido em FINNEY (1964), só se conseguem construir intervalos de confiança propriamente ditos quando o denominador (d_2) for significativamente diferente de zero. Discussões mais completas a respeito da aplicação desse método podem ser encontradas em: FINNEY (1964, 1975); D'AULÍSIO (1976); HOFFMAN e VIEIRA (1976).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a metodologia descrita no Capítulo 4, foram considerados vários agrupamentos, feitos por: ano, região fisiográfica, topografia e microrregião, num total de 12 casos.

Na discussão agronômica dos resultados é bom salientar que, das possíveis explicações de um fato, muitas têm uma flexibilidade bastante ampla, podendo inclusive sofrer alterações no futuro, uma vez que as informações sobre os locais onde os ensaios foram instalados ainda são insuficientes. A análise química do solo, mesmo incompleta, não se processou em todos os ensaios. Os dados mensais de precipitação aquosa, os quais também foram utilizados, são resultados gerais do município ou da microrregião e nunca do local onde o ensaio foi instalado. Outro fator não observado, foi a população de plantas por parcela na época da colheita.

A discussão a seguir é feita para o nitrogênio,o fósforo e o potássio. O calcário e a testemunha são apresentados nos quadros apenas para complementar, pois não entraram nas análises estatísticas.

As Tabelas citadas constam do Apêndice. Todos os quadros são resumos das Tabelas.

5.1 - Análise de Variância e Médias de Produção

5.1.1 - Nitrogênio

Dos agrupamentos estudados (Tabelas de 2 a 13) a análise de variância, através do teste F, mostrou que houve resposta significativa em 8 casos, ou seja, 66,7% do total, e somente através do componente linear.

Embora os teores de matéria orgânica não tenham sido determinados, sabe-se que os solos do Estado do Espírito Santo, em geral, são pobres de nitrogênio. Essa comprovação, geral, foi feita quando o agrupamento envolveu ensaios de diversos locais durante os três anos agrícolas, conforme os resultados da Tabela 2, em que houve resposta altamente significativa para os níveis de nitrogênio.

A fim de se obterem informações mais detalhadas, a discussão é feita por agrupamento, a partir do grupo II.

5.1.1.1 - Grupo II (Tabelas 3 e 4)

Em ambas as regiões fisiográficas, Interior Norte e Sul, a cultura do milho forneceu resposta, conforme mostram os quadros I e II.

Quadro I - Análise de variância (Teste F).

Caso	Região Fisiográfica	Nº de Ensaios	N'	N"	Níveis de N
2.1	Interior Norte	24	5,34*	2,36	3,85*
2.2	Interior Sul	34	8,09*	1,30	4,70*

Quadro II - Médias de produção, em kg/ha.

Caso	Testemunha	Calcário	N_0	N_{45}	N_{90}	$N_{90} - N_0$
2.1	3.313	4.452	3.860	4.596	4.544	684
2.2	3.484	4.453	4.017	4.576	4.666	649

Pelos quadros I e II, verificam-se respostas relativamente concordantes para as duas regiões, pois nesses anos elas tiveram praticamente a mesma quantidade de chuva (Tabela 23), já que este fator é o principal responsável pela diferença entre o Interior Norte e o Interior Sul, conforme descrição feita em 4.2.1, de Métodos.

5.1.1.2 - Grupo III (Tabelas 5 e 6)

Houve resposta significativa ao nível de 1% de probabilidade, para o conjunto de ensaios instalados em solos de topografia ondulada. Os solos de topografia plana não apresentaram efeito significativo ao nível de 5% de probabilidade. Os quadros III e IV ilustram melhor a situação.

Quadro III - Análise de variância (Teste F).

Caso	Topografia	Nº de Ensaios	N'	N"	Níveis de N
3.1	Plana	30	3,44	1,13	2,29
3.2	Ondulada	28	13,33**	2,98	8,16**

Quadro IV - Médias de produção, em kg/ha.

Caso	Testemunha	Calcário	N_0	N_{45}	N_{90}	$N_{90} - N_0$
3.1	3.816	4.675	4.502	5.020	5.021	519
3.2	2.981	4.192	3.364	4.106	4.180	816
Diferença	835	483	1.138	914	841	

Pelo quadro III, observa-se que o componente linear para o caso de topografia plana é significativo ao nível de 10% de probabilidade, o que corresponde a um aumento de produtividade de

519 kg/ha (quadro IV), e mostra a necessidade do uso de adubação nitrogenada, mesmo onde o teor de matéria orgânica possivelmente seja maior.

É necessário frisar que a denominação topografia plana ou ondulada, usada neste trabalho, refere-se somente ao local dos ensaios e não à topografia geral do Interior Norte e Sul. Estas regiões, consideradas como um todo, são caracterizadas por uma topografia montanhosa. Assim, dentre as possíveis explicações da maior produtividade nos solos de topografia plana (quadro IV), pode-se citar, conforme MALAVOLTA (1976):

- Maior disponibilidade de água para a cultura;
- Melhor solo, pois, em geral, são os aluviais, cujo material erodido dos morros e encostas próximos, constituem a sua camada superficial, enriquecida de matéria orgânica.

5.1.1.3 - Grupo IV (Tabelas de 7 a 10)

Este grupo foi dividido em 4 casos, os quais envolvem ensaios de uma mesma microrregião, onde as características edafo-climáticas são mais específicas.

O resumo da análise de variância permite organizar o seguinte quadro.

Quadro V - Análise de variância (Teste F).

Caso	Região	Nº de Ensaios	N'	N"	Níveis de N
4.1	RNIN	15	13,39**	1,02	7,21**
4.2	RSIN	13	0,58	0,72	0,65
4.3	RNIS	16	15,62**	1,72	8,70**
4.4	RSIS	14	0,07	0,61	0,34

Comparando os quadros I e V, verifica-se que, quando os ensaios foram estudados por região fisiográfica (ítem 5.1.1.1), em ambas houve resposta significativa para o nitrogênio; já com a divisão em 4 microrregiões não aconteceu o mesmo (quadro V). No caso 4.2 houve resposta negativa para o componente linear e praticamente nula no caso 4.4, conforme mostra o quadro VI.

Quadro VI - Médias de produção, em kg/ha.

Caso	Testemunha	Calcário	N_0	N_{45}	N_{90}	$N_{90} - N_0$
4.1	3.334	4.776	3.579	4.471	4.785	1.206
4.2	4.179	5.013	5.108	5.252	4.798	-310
4.3	3.347	4.393	3.512	4.676	4.984	1.472
4.4	2.861	3.611	3.784	3.958	3.843	59

A ocorrência deste fato não era esperada, uma vez que os resultados da análise química (Tabela 24) dos solos das 4 microrregiões foram, em geral, homogêneos (pH, $Ca^{++} + Mg^{++}$, Al^{+++}, K, P). A distribuição de chuva (Tabela 23) durante os meses de setembro a fevereiro se comportou de maneira também homogênea entre as 4 microrregiões. Pelo que consta dos relatórios anuais da EMATER-ES(anos de 1973/74 a 1975/76), não houve ataque prejudicial de pragas e doenças, o que também foi controlado. Restariam outras possíveis explicações, mas devido à falta de controle, não passam de hipóteses apenas.

5.1.1.4 - Grupo V (Tabelas de 11 a 13)

Este agrupamento refere-se aos ensaios instalados num mesmo ano agrícola.

Salienta-se resposta não significativa, apenas no ano 1973/74. Nos anos 1974/75 e 1975/76 houve resposta para o nitrogênio, ao nível de 5% de probabilidade, conforme mostra o quadro VII.

Quadro VII - Análise de variância (Teste F).

Caso	Ano Agrícola	Nº de Ensaios	N'	N"	Níveis de N
5.1	1973/74	14	1,96	1,79	1,88
5.2	1974/75	23	5,13*	0,93	3,03
5.3	1975/76	21	7,25*	0,94	4,09*

Um fato bastante interessante e lamentável observado, foi a queda de produtividade no Estado, de um ano para outro, conforme indicam os resultados a seguir.

Quadro VIII - Médias de produção, em kg/ha.

Caso	Testemunha	Calcário	N_0	N_{45}	N_{90}	$N_{90} - N_0$
5.1	4.352	5.874	5.601	6.375	6.184	583
5.2	3.977	4.768	4.101	4.709	4.802	701
5.3	2.170	3.130	2.691	3.239	3.366	675

Poder-se-ia pensar, à primeira vista, na escassez ou má distribuição de chuva nos últimos anos,porém tal ocorrência só se verificou no caso 5.3, e nos meses de janeiro e fevereiro (Tabela 23); outro fator seria quanto ao uso das sementes, mas em todos os anos foi semente melhorada; outro, seria a população de plantas, porém o espaçamento foi o mesmo em todos os anos. Embora seja possível a hipótese de ter havido influência negativa de um conjunto de fatores, o fato é que em todos os anos os aumentos de produtividade (quadro VIII) foram relativamente satisfatórios, com a aplicação de nitrogênio em forma de adubo mineral.

5.1.2 - Fósforo

A cultura do milho respondeu à adubação fosfatada em 11 casos, ou seja, 91,7% do total, sendo o componente linear significativo em todos e o componente quadrático em 4 casos. Essa resposta já era esperada, pois, em quase todos os ensaios a análise química revelou teores de fósforo abaixo de 10,3 ppm (Tabela 24), considerados baixos conforme a classificação de diversos autores, citados em MALAVOLTA (1976).

O caso 1, que reune os 58 ensaios, apresentou efeitos significativos ao nível de 1% de probabilidade, tanto para o componente linear como para o quadrático, conforme mostra a Tabela 2. As médias de produção, em kg/ha, nos diferentes níveis foram:

$$P_0 = 3.853 \quad ; \quad P_{45} = 4.579 \quad ; \quad P_{90} = 4.597 \quad .$$

Verifica-se, pois, um aumento de produtividade da dose de 90 kg/ha de P_2O_5 em relação à dose zero, de 744 kg/ha, o que é relativamente bom, principalmente em se tratando de experimentação ao nível de agricultura extensiva.

5.1.2.1 - Grupo II (Tabelas 3 e 4)

Em ambas as regiões fisiográficas, Interior Norte e Sul, houve resposta altamente significativa para os níveis de fósforo, conforme mostram os quadros IX e X.

Quadro IX - Análise de variância (Teste F).

Caso	Região Fisiográfica	Nº de Ensaios	P'	P"	Níveis de P
2.1	Interior Norte	24	15,97**	4,01*	9,99**
2.2	Interior Sul	34	9,91**	3,81	6,86**

Quadro X - Médias de produção, em kg/ha.

Caso	Testemunha	Calcário	P_0	P_{45}	P_{90}	$P_{90} - P_0$
2.1	3.313	4.452	3.588	4.596	4.667	1.079
2.2	3.484	4.453	4.040	4.567	4.548	508

Do quadro IX, observa-se que na região Norte o componente linear foi significativo ao nível de 1% de probabilidade e o quadrático ao nível de 5%. Na região Sul, apenas o componente linear foi significativo, ao nível de 1% de probabilidade.

Do quadro X, verifica-se que o aumento da produtividade foi maior na região Norte, pois, de um modo geral, os resultados da análise química, e em especial o teor de fósforo, foram mais favoráveis nesta região (Tabela 24, Casos 2.1 e 2.2).

5.1.2.2 - Grupo III (Tabelas 5 e 6)

Este grupo envolve ensaios instalados em solos de topografia Plana ou Ondulada. Nos dois casos houve resposta altamente significativa para os níveis de fósforo, conforme mostram os resultados seguintes.

Quadro XI - Análise de variância (Teste F).

Caso	Topografia	Nº de Ensaios	P'	P"	Níveis de P
3.1	Plana	30	6,52*	4,30*	5,41**
3.2	Ondulada	28	22,15**	3,36.	12,76**

Quadro XII - Médias de produção, em kg/ha.

Caso	Testemunha	Calcário	P_0	P_{45}	P_{90}	$P_{90} - P_0$
3.1	3.816	4.675	4.367	5.020	4.910	543
3.2	2.981	4.192	3.302	4.106	4.262	960
Diferença	835	483	1.065	914	648	

Pelo quadro XII, verifica-se que o aumento de produtividade da dose de 90 kg/ha de P_2O_5 em relação à dose zero ainda foi maior no caso 3.2, se bem que a produtividade no caso 3.1 tenha sido bastante elevada. A maior produtividade e, consequentemente, me

nor resposta, possivelmente seja devido ao maior teor de matéria orgânica e de umidade; já que os teores de fósforo e os dos demais fatores (pH, Al^{+++}, Ca^{++} + Mg^{++},K),foram praticamente iguais (Tabela 24, casos 3.1 e 3.2). Resultados equivalentes também se verificaram para o nitrogênio.

5.1.2.3 - Grupo IV (Tabelas de 7 a 10)

Este grupo envolve as microrregiões no interior do Estado. As respostas ao fósforo nos diversos casos e as respectivas produtividades podem ser resumidas nos quadros XIII e XIV.

Quadro XIII - Análise de variância (Teste F).

Caso	Região	Nº de Ensaios	P'	P"	Níveis de P
4.1	RNIN	15	11,96**	0,11	6,03**
4.2	RSIN	13	2,22	3,99	3,11
4.3	RNIS	16	9,98**	2,92	6,45**
4.4	RSIS	14	4,34*	4,23(a)	4,29*

(a) Está no limite, pois $F_{5\%}$ (1 ; 26) = 4,23.

Quadro XIV - Médias de produção, em kg/ha.

Caso	Testemunha	Calcário	P_0	P_{45}	P_{90}	$P_{90} - P_0$
4.1	3.334	4.776	3.760	4.471	4.980	1.220
4.2	4.179	5.013	4.343	5.252	4.890	547
4.3	3.347	4.393	3.971	4.676	4.699	728
4.4	2.861	3.611	3.348	3.958	3.798	450

De acordo com o quadro XIII, apenas o caso 4.2 não revelou resposta significativa ao nível de 5% de probabilidade, mas se for adotado o nível de 10% será significativo. Estes resultados concordam até certo ponto com os fornecidos pela análise química do solo (Tabela 24, casos de 4.1 a 4.4), pois, em todos os fatores analisados (pH, Al^{+++}, $Ca^{++} + Mg^{++}$, K e, principalmente, o fósforo) o caso 4.2 foi o mais favorecido.

Pelo quadro XIV (casos 4.2 e 4.4), verifica-se que houve decréscimo de produtividade da dose de 45 em relação à de 90 kg/ha de P_2O_5. Observa-se ainda no caso 4.2, que a produtividade correspondente, em todos os níveis, com exceção do de 90 kg/ha de P_2O_5, foi superior à dos demais casos, o que também ocorreu para o nitrogênio. De posse de todos os resultados obtidos para as 4 microrregiões, o caso 4.2 parece oferecer melhores condições para o cultivo do milho.

5.1.2.4 - Grupo V (Tabelas de 11 a 13)

A análise de variância indicou resposta significativa para os níveis de fósforo, nos três anos agrícolas, conforme mostra o quadro a seguir.

Quadro XV - Análise de variância (Teste F).

Caso	Ano Agrícola	Nº de Ensaios	P'	P"	Níveis de P
5.1	1973/74	14	5,89*	10,74**	8,31**
5.2	1974/75	23	7,65**	1,10	4,37*
5.3	1975/76	21	12,59**	0,90	6,74**

De acordo com o quadro XV, observa-se que o componente linear foi significativo ao nível de 5% de probabilidade no primeiro ano e ao nível de 1% de probabilidade nos anos seguintes. O componente quadrático foi significativo ao nível de 1% de probabilidade, mas apenas no ano 1973/74; este foi o único caso em que houve queda de produtividade da dose de 45 para a de 90 kg/ha de P_2O_5, conforme pode ser visto no quadro XVI.

Quadro XVI - Médias de produção, em kg/ha.

Caso	Testemunha	Calcário	P_0	P_{45}	P_{90}	$P_{90} - P_0$
5.1	4.352	5.874	5.230	6.375	5.916	686
5.2	3.977	4.768	4.145	4.709	4.825	680
5.3	2.170	3.130	2.614	3.239	3.468	854

Com relação a este nutriente, também houve queda de produtividade de um ano para outro (quadro XVI) e em proporções equivalentes ao ocorrido com o nitrogênio.

5.1.3 - Potássio (Tabelas 2 a 13)

A resposta obtida para este nutriente divergiu bastante em relação ao nitrogênio e ao fósforo, resultados estes até concordantes com os obtidos por PIMENTEL GOMES e CAMPOS (1966), quando fizeram um estudo de resultados de adubação com N, P e K, no milho, em diversos Estados brasileiros.

A cultura respondeu à adubação potássica em apenas 4 casos, ou seja, 33,3% do total, se for adotado o nível de 5% de probabilidade. Esse fato já era esperado (o teor médio no Estado foi de 107 ppm, Tabela 24, caso 1), pois, segundo MALAVOLTA (1976), os solos brasileiros ainda possuem, de maneira geral, altas reservas de potássio; entretanto, o seu uso como adubo se faz necessário, mais no sentido de manter o equilíbrio do solo. Ainda de acordo com esse

autor, outro fato responsável pela baixa resposta ao potássio pode ser atribuída à interação existente com o Ca + Mg.

As respostas, quando presentes, se revelaram através do componente quadrático, conforme mostra o quadro XVII.

Quadro XVII - Análise de variância (Teste F).

Caso	Região	Nº de Ensaios	K'	K"	Níveis de K
1	Estado	58	1,64	6,53*	4,09*
2.1	Interior Norte	24	1,45	10,40**	5,92*
3.1	Interior Sul	30	0,49	5,00*	2,75
4.4	RSIS	14	0,16	4,25*	2,21

Em 75% dos casos (Tabelas de 2 a 13), houve resposta negativa para o efeito linear, embora não significativa ao nível de 5% de probabilidade, conforme ilustram os 3 primeiros casos (quadro XVIII) em que o componente quadrático foi significativo. Verifica-se, ainda, o decréscimo de produtividade da dose de 30 para a dose de 60 kg/ha de K_2O em todos os 12 casos (Tabelas de 2 a 13).

Quadro XVIII - Médias de produção, em kg/ha.

Caso	Testemunha	Calcário	K_0	K_{30}	K_{60}	$K_{60} - K_0$
1	3.413	4.442	4.378	4.579	4.215	-163
2.1	3.313	4.452	4.268	4.596	4.088	-180
3.1	3.816	4.675	4.732	5.020	4.606	-126
4.4	2.861	3.611	3.525	3.958	3.612	87

Diante de todos estes resultados, fica evidenciado que o uso de potássio se torna inconveniente, uma vez que a queda de produtividade da dose zero em relação à de 60 kg/ha de K_2O ocorreu em 75% dos casos.

5.1.4 - Calcário

Embora não tenha sido realizada análise estatística para o calcário, observa-se na maioria dos casos e inclusive no caso 1, constituído dos 58 ensaios, que a aplicação de 2.000 kg/ha de calcário é desnecessária, uma vez que o aumento de produtividade é negativo ou praticamente nulo. Se forem observados o pH e o Al^{+++} (Tabela 24), principais fatores responsáveis pela indicação do calcário, verifica-se que estão na faixa ideal para o cultivo do milho.

5.2 - Ajustamento das Equações

5.2.1 - Trinômio do segundo grau

5.2.1.1 - Nitrogênio (Tabela 14)

O coeficiente de regressão linear ($\hat{b}$) variou de 259,7 a 736,19, com exceção dos casos 4.2 e 4.4, cujos valores foram: -155,12 e 29,64, respectivamente. O valor -155,12 refere-se ao único caso de resposta negativa para este nutriente e o valor 29,64 ao aumento de produtividade mais baixo. Nos 8 casos (1; 2.1; 2.2; 3.2; 4.1; 4.3; 5.2; 5.3), em que $\hat{b}$ diferiu significativamente de zero, aos níveis de 5% ou de 1% de probabilidade, o menor valor foi $\hat{b}$ = = 324,18.

Em todos os casos, o coeficiente quadrático ($\hat{c}$) não diferiu de zero ao nível de 5% de probabilidade e foi sempre negativo, o que aliás é esperado.

5.2.1.2 - Fósforo (Tabela 15)

O coeficiente linear ($\hat{b}$) variou de 225,32 a 609,67; apenas o caso 4.2, com $\hat{b}$ = 273,69, não diferiu de zero ao nível de 5% de probabilidade.

O coeficiente quadrático ($\hat{c}$) diferiu significativamente de zero apenas nos casos: 1; 2.1; 3.1; 5.1, com os respectivos valores: -354,03**; -468,62*; -381,82*; 802,50**.

5.2.1.3 - Potássio (Tabela 16)

O coeficiente linear ($\hat{b}$) foi positivo apenas nos casos: 4.3; 4.4 e 5.1, com os respectivos valores: 23,25; 43,54 e 72,22, que correspondem a baixas respostas.

O coeficiente quadrático ($\hat{c}$) diferiu significativamente de zero nos casos: 1; 2.1; 3.1; 4.4, com valores respectivamente iguais a: -282,22**; -418,02**; -350,97*; -390,04*.

5.2.2 - Equação de Mitscherlich

As estimativas $\hat{A}$, $\hat{b}$ e $\hat{c}$ foram calculadas pelas fórmulas indicadas em 4.2.3.1 de Métodos, cujos resultados encontram-se nas Tabelas de 14 a 16.

O ajustamento só foi possível, para o fósforo (em 7 casos) e para o nitrogênio (em 8 casos).

Para o nitrogênio (N), nos casos em que houve ajustamento (Tabela 14), os valores dos coeficientes de eficácia ($\hat{c}$) são altos, quando comparados com o da literatura, 0,0049 ha/kg (PIMENTEL GOMES, 1973). Com relação ao fósforo (P_2O_5) não aconteceu o mesmo, pois há valores maiores e menores do que o da literatura (0,0088 ha/kg), conforme mostram os resultados da Tabela 15. Para o caso 1, que reune os 58 ensaios, obtiveram-se os valores seguintes: 0,0274 ha/kg para o nitrogênio e 0,0356 ha/kg para o fósforo.

Em todos os casos e nutrientes, os intervalos de confiança dos coeficientes de eficácia (c), calculados ao nível de 5%

de probabilidade, têm os seus limites inferiores negativos (Tabelas 14 e 15). Este fato possivelmente seja devido ao baixo número de ensaios, de pequena precisão para tal finalidade.

5.3 - Dose Econômica

Os cálculos para a suposta dose econômica, nas diversas relações de preços, se processaram nos 12 casos e modelos (quando possível), com a finalidade também de um estudo estatístico.

5.3.1 - Trinômio do segundo grau

5.3.1.1 - Nitrogênio (Tabela 20)

Dos 12 casos, apenas os de número 4.2 e 4.4 correspondem,nas primeiras relações de preços, à dose econômica negativa. Resultados absurdos como estes, podem ser evitados se for seguida a orientação da análise de variância, pois, nem aos níveis maiores que 10% de probabilidade houve significância (Tabela 8 e 9).

Observando as relações de preços (w/t = 0,08; 0,10; 0,12; 0,14; 0,16), verifica-se que, a partir da terceira (0,12), há uma certa tendência à homogeneização da dose econômica e inclusive entre casos: 1, 2.1 e 2.2; 4.1 e 4.3; 5.1, 5.2 e 5.3. Nas relações 0,08 e 0,10, a baixa precisão da dose econômica é traduzida pela elevada amplitude relativa de seu intervalo de confiança, determinado através da variância assintótica, embora, nesses casos, tenha sido prevista uma colheita da ordem de 90% da produtividade má-

xima, ou seja, quando a relação de preços w/t tende ao infinito,conforme Tabela 20.

Com a aplicação do teorema de Fieller não foi possível obter intervalos de confiança propriamente ditos para a dose(Tabela 20), pois, em nenhum caso o coeficiente quadrático (ĉ), correspondente ao denominador da fração que determina a dose econômica,diferiu de zero ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 14).

5.3.1.2 - Fósforo (Tabela 21)

Devido à ótima resposta encontrada para este nutriente (análise de variância, Tabelas de 2 a 13), em todos os casos a dose econômica correspondeu a valores positivos, mesmo nas relações de preços mais baixas. O único caso de extrapolação seria o 4.1,mas se for observada a Tabela 21, verifica-se que, com a aplicação de 81 kg/ha de P_2O_5 (dose determinada para w/t = 0,10), corresponde a uma produtividade prevista da ordem de 91% da produtividade máxima (Tabela 21, caso 4.1).

O método de Fieller permitiu construir intervalos de confiança propriamente ditos apenas nos casos: 1, 2.1, 3.1 e 5.1, pois estes foram os casos em que o coeficiente quadrático (ĉ) diferiu significativamente de zero (Tabela 15). Nos casos 2.1 e 3.1 as amplitudes relativas dos intervalos de confiança de X^+ são altas quando comparadas com as dos casos 1 e 5.1.

Pelo método da variância assintótica, apenas o caso 4.1 teve os intervalos de confiança para as doses econômicas com os

limites inferiores negativos. Isto se deve ao fato de $\hat{b}$ ser altamente significativo e $\hat{c}$ ser praticamente nulo, não diferindo de zero nem aos níveis altos de probabilidade.

Comparando-se os 2 métodos, verifica-se que os intervalos de confiança determinados pelo teorema de Fieller são de amplitudes maiores do que as dos intervalos determinados através da variância assintótica (Tabela 21, casos: 1, 2.1, 3.1 e 5.1).

5.3.1.3 - Potássio (Tabela 22)

Devido à fraca resposta a este nutriente, a dose econômica, em geral, teve valores abaixo de 30 kg/ha (dose padrão de potássio aplicada), mesmo com a variação das relações de preços(w/t = = 0,25; 0,30; 0,35; 0,40; 0,45).

Em 42% dos casos, os intervalos de confiança determinados pelo método da variância assintótica correspondem a uma amplitude relativa alta, refletindo consequentemente a fraca caracterização da dose econômica, o que, aliás, já foi salientado no ítem 5.1.3 da análise de variância.

O método de Fieller permitiu construir intervalos de confiança propriamente ditos, nos 4 casos em que o coeficiente quadrático (c) diferiu significativamente de zero, ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 16), sendo que em 3 casos os limites inferiores dos intervalos de confiança correspondem a valores negativos. Nestes mesmos três casos, quando foi aplicado o método da variância assintótica tal fato não ocorreu, mostrando mais uma vez que o teo-

rema de Fieller leva à obtenção de intervalos com amplitudes mais extensas, mesmo quando as exigências do modelo, pelo menos as principais, são satisfeitas pelo fenômeno.

5.3.2 - Equação de Mitscherlich

5.3.2.1 - Nitrogênio (Tabela 17)

Dos 12 casos, apenas o 4.2 não possibilitou o cálculo de $\bar{X}^*$. No caso 4.4, $\bar{X}^*$ teve sempre valores negativos. Nestes casos o indicado por este modelo é não usar adubo nitrogenado, o que concorda com a indicação feita pelo trinômio do segundo grau (compare Tabelas 17 e 20, casos 4.2 e 4.4, respectivamente).

Considerando as relações de preços (w/t = 0,08; 0,10; 0,12; 0,14; 0,16), verifica-se que a variação de $\bar{X}^*$ é bastante acentuada com tendência de ser negativa para valores de w/t menores ou iguais a 0,10. Esta variação é bem menor quando comparada com o modelo quadrático. Para valores de w/t maiores ou iguais a 0,12, em geral, os valores de $\bar{X}^*$ (Mitscherlich) são maiores que os valores de X^+ determinados pelo trinômio, pois, em geral X_1^* é maior do que X_2^* e, no mínimo de 30%.

Para as doses X_1^* e X_2^* foram determinados os intervalos de confiança, com base na variância assintótica, sendo que a amplitude relativa do intervalo tende a ser menor para a dose X_1^*, caracterizada fundamentalmente pelo fato de ser $X_1^* > X_2^*$.

5.3.2.2 - Fósforo (Tabela 18)

Em todos os casos foi possível o cálculo de $\bar{X}^*$, que sempre assumiu valores positivos. Com a variação das relações de preços, verifica-se que as oscilações de $\bar{X}^*$ foram mais brandas quando feita a comparação com o nitrogênio.

Apenas nos casos 4.1 e 5.3, temos a dose $\bar{X}^* < X^+$ (determinada pelo trinômio) e $X_1^* < X_2^*$. Entretanto, se forem observadas as Tabelas 7 e 13 (casos 4.1 e 5.3 respectivamente), verifica-se que o efeito linear de fósforo é altamente significativo, enquanto que o efeito quadrático é praticamente nulo.

Com relação aos intervalos de confiança, as observações feitas para o nitrogênio também são válidas para o fósforo, com exceção dos casos 4.1 e 5.3, em que a amplitude relativa do intervalo de confiança de X_1^* foi maior do que a determinada para X_2^*.

5.3.2.3 - Potássio (Tabela 19)

Embora não tenha sido possível o ajustamento da equação em nenhum caso (Tabela 16), matematicamente foi determinado o valor de $\bar{X}^*$ nos casos 4.3, 4.4 e 5.1, pois estes foram os únicos casos em que o efeito linear foi positivo. Em todos eles os intervalos de confiança para X_2^* têm seus limites inferiores negativos.

Se se desejasse fazer recomendação, a única seria para o caso 5.1.

Observando-se os resultados para este nutriente (Tabelas 2 a 13), verifica-se que o efeito linear foi negativo em 75% dos casos e o quadrático, de modo geral, significativo ao nível de 10% de probabilidade. Em situações como estas não se deve usar a equação de Mitscherlich.

5.4 - Recomendação Econômica

A metodologia empregada neste trabalho permitiu realizar um estudo, que inclui, ao todo, 12 casos. Para fins de recomendações, são utilizados dois grupos, o 1 e o 4, pelas seguintes razões:

- o grupo 1 é constituído dos 58 ensaios, instalados nos diversos municípios do Estado durante os três anos agrícolas, portanto, representa uma situação mais geral;
- o grupo 4 é constituído das 4 microrregiões, conforme algumas comprovações obtidas neste trabalho, representa uma situação mais particular.

Levando em consideração os resultados obtidos (Tabelas de 17 a 22, casos: 1, 4.1, 4.2, 4.3 e 4.4)e a discussão realizada no ítem 5.3, verifica-se que, em alguns casos e/ou nutrientes, houve uma certa discordância entre os modelos trinômio do segundo grau e a equação de Mitscherlich.

Tomando por base os trabalhos de HEADY (1956), ZAGATTO e PIMENTEL GOMES (1960 e 1967), D'AULÍSIO (1973), PIMENTEL GOMES e NOGUEIRA (1975) e MALAVOLTA (1976), foram adotados os seguintes critérios para a recomendação econômica, que se encontra no quadro XIX:

1 - Nível de significância de 10% de probabilidade, pois,além de se tratar de experimentação extensiva deve ser levada em conta a conservação do solo.

2 - As relações de preços w/t foram: nitrogênio = 0,14, fósforo = 0,16; potássio = 0,40. Conforme a discussão do ítem 5.3, verifica-se que as 3 últimas relações (w/t) para cada nutriente não alteram muito o valor da dose econômica, com uma oscilação de uns 5 kg/ha de nutriente e as escolhidas anteriormente satisfazem às relações atuais do mercado.

3 - Para o potássio a recomendação foi indicada através do trinômio do segundo grau, pois a equação de Mitscherlich não se revelou satisfatória, devido às restrições que possui.

4 - Para o nitrogênio e o fósforo, a recomendação se processou pelos 2 modelos, levando em consideração os seguintes fatos:

- Equação de Mitscherlich, usando a fórmula $\bar{X}^* = \frac{X_1^* + X_2^*}{2}$ se o efeito linear do nutriente foi significativo e o efeito quadrático não significativo;

- Se ambos os componentes, linear e quadrático, foram do mesmo grau de significância, o modelo usado foi aquele em que o intervalo de confiança da dose econômica teve menor amplitude relativa.

5 - Em casos de extrapolação elevada, foi observada a vantagem que ela poderá trazer, caso contrário foi recomendada a dose máxima de nutriente aplicada ao solo.

Quadro XIX - Doses econômicas aconselháveis, em kg/ha.

Caso		Nitrogênio (N)	Fósforo (P_2O_5)	Potássio (K_2O)
1	GERAL	48	51	22
4.1	RNIN	90	76	-
4.2	RSIN	-	45	-
4.3	RNIS	90	58	-
4.4	RSIS	-	42	29

— Não houve resposta significativa ao nível de 10% de probabilidade para o nutriente.

6. CONCLUSÕES

Tendo em vista os resultados obtidos, através da metodologia empregada, tiram-se as seguintes conclusões, consideradas mais importantes:

6.1 - Em termos de Estado, a cultura do milho forneceu melhores respostas para o nitrogênio e o fósforo do que para o potássio.

6.2 - A equação de Mitscherlich não se revelou satisfatória para interpretar a adubação potássica no Estado, com a aplicação das doses 0-30-60 kg/ha de K_2O.

6.3 - O método baseado no teorema de Fieller comprovou a obtenção de intervalos de confiança propriamente ditos para a dose econômica, apenas nos casos em que o coeficiente quadrático (denominador da fração que determina a dose) dife-

re significativamente de zero, mas com amplitudes maiores do que os determinados pelo método da variância assintótica.

6.4 - Com o uso da equação de Mitscherlich para interpretar a adubação, a dose econômica determinada pela fórmula

$$\bar{X}^* = \frac{X_1^* + X_2^*}{2}$$

é de boa precisão, desde que o componente quadrático do nutriente não seja significativo.

6.5 - Com a variação das relações de preços, em geral as doses econômicas obtidas através do trinômio do segundo grau tendem a ser mais homogêneas do que as obtidas através da equação de Mitscherlich.

6.6 - As recomendações de adubação, para o Estado e para as suas microrregiões, são as seguintes:

Dose econômica, em kg/ha

LOCAL	Nitrogênio (N)	Fósforo (P_2O_5)	Potássio (K_2O)
ESTADO (GERAL)	48	51	22
RNIN	90	76	0
RSIN	0	45	0
RNIS	90	58	0
RSIS	0	42	29

7. SUMMARY

Research work done on corn (maize) production in the State of Espírito Santo, Brasil, is mainly concerned with obtaining scientific information on fertilizer applications that are economically viable. The present work is supplementary to others that have been done previousily. It is based on incomplete factorial 3^3 experiments of a FAO-ANDA-EMBRATER project for fertilizer application of N, P, K and Limestone.

The data were obtained from 58 trials installed in 16 different counties of the Southern and Northern interior regions of the State on private farms during the agricultural years 1973/74 through 1975/76.

The principal objectives of this research were:

(a) to interpret the responses to N, P and K fertilizers;

(b) to investigate the behavior of the production functions, the second degree polynomial and Mitscherlich's, equation;

(c) to compare the confidence intervals of the economic dressing obtained by the second degree polynomial determined by the methods of the asymptotic variance and Fieller's theorem;

(d) to make economic recommendations for the fertilizer applications of N, P and K.

The main conclusions arrived at were:

(a) Corn (maize) responds better to the applications of nitrogen and phosphorus than it does to potassium;

(b) Mitscherlich's law was not adequate to interpret the effects of potassium fertilizer;

(c) The confidence intervals of the economic dressing obtained by the method of asymptotic variance are shorter than those obtained by Fieller's theorem;

(d) It is hereby recommended that economic fertilizer application be done with nitrogen and phosphorus; potassium may be applied in small quantities.

8. BIBLIOGRAFIA

D'AULÍSIO, M. de B.G., 1973. Influência dos Erros Experimentais Sobre as Recomendações de Adubação Obtidas pela Lei de Mitscherlich. Piracicaba, FCMBB. 71 pp. (Tese de Doutoramento).

D'AULÍSIO, M. de B.G., 1976. A Variância dos Pontos de Máximo ou de Mínimo de Equações de Regressão de Segundo Grau. Piracicaba. ESALQ/USP. 61 pp. (Dissertação de Mestrado).

EMBRATER-FAO-MA, 1974. Informe de Resultados dos Anos Agrícolas 1973/74. Projeto referente ao Estado do Espírito Santo.

EMBRATER-FAO-MA, 1975. Informe de Resultados dos Anos Agrícolas 1974/75. Projeto referente ao Estado do Espírito Santo.

EMBRATER-FAO-MA, 1976. Informe de Resultados dos Anos Agrícolas 1975/76. Projeto referente ao Estado do Espírito Santo.

FINNEY, D.J., 1964. Statistical Method in Biological Assay. London, Griffin. 668 pp.

FINNEY, D.J., 1975. Bioassay. Trabalho apresentado na Reunião Internacional Comemorativa do 20º Aniversário de Fundação da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria ("The Biometric Society"), realizada em Piracicaba, de 22 a 27 de setembro de 1975.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 1975. Anuário Estatístico do Brasil. Rio de Janeiro.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 1976. Anuário Estatístico de Brasil. Rio de Janeiro.

HEADY, E.O., 1956. Methodological Problems in Fertilizers Use. In: Methodological Procedures in the Economic Analysis of Fertilizer Innovations and Resourche Use. Ames, Iowa. Iowa State Univ.Press. 218 pp.

HOFFMAN, R. e S. VIEIRA, 1976. Determinação do Intervalo de Confiança para a Dose Econômica de Nutriente com Base em Experimentos de Adubação. Dep. de Ciências Sociais Aplicadas, E.S.A. "Luiz de Queiroz". Piracicaba, 35, 61 pp.

MAGALHÃES, C.A. de e J.E. VIEIRA, 1974. Estudo e Diagnóstico da Economia Agropecuária no Estado do Espírito Santo. Vitória, Secretaria de Agricultura. 179 pp.

MALAVOLTA, E., 1976. Manual de Química Agrícola. São Paulo, Editora Agronômica Ceres. 528 pp.

MITSCHERLICH, E.A., 1909. Das Gesetz des Minumums und das Gesetz des Abnehmenden Bodenertrages. Landwirtschaftliche Jahrbücher. Berlim, 38:537-552.

NOGUEIRA, I.R., 1950a. Sobre Uma Propriedade da Equação Utilizada para a Interpolação da Lei de Mitscherlich. Anais E.S.A."Luiz de Queiroz". Piracicaba, 7:105-108.

NOGUEIRA, I.R., 1950b. A Técnica da Resolução das Equaçõrs Relativas à Interpolação da Lei de Mitscherlich pelo Método dos Quadra dos Mínimos. Anais E.S.A. "Luiz de Queiroz". Piracicaba, 7: 109-113.

NOGUEIRA, I.R., 1960. Pesquisa Sobre o Planejamento Experimental de Ensaios de Adubação. Piracicaba, ESALQ/USP. 44 pp. (Tese).

NOGUEIRA, I.R.; H. CAMPOS; C.P. ABREU e F. PIMENTEL GOMES, 1963. Tabelas de Polinômios para Interpolação da Equação de Mitscherlich Num Caso de Quatro Doses Não-Equidistantes. Boletim Técnico Científico, E.S.A. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 16.

PIMENTEL GOMES, F. e E. MALAVOLTA, 1949a. Considerações Matemáticas Sobre a Lei de Mitscherlich. Boletim nº 3, E.S.A. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 24 pp.

PIMENTEL GOMES, F. e E. MALAVOLTA, 1949b. Aspectos Matemáticos e Estatísticos da Lei de Mitscherlich. Anais E.S.A. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 6:198-229.

PIMENTEL GOMES, F. e I.R. NOGUEIRA, 1951. Tabelas de Polinômios Para a Interpolação da Equação de Mitscherlich. Anais E.S.A. "Luiz de Queiroz". Piracicaba, 8:57-67.

PIMENTEL GOMES, F., 1953. The Use of Mitscherlich's Regression Law in the Analysis of Experiments with Fertilizers. Biometrics. Carolina do Norte, 9:498-516.

PIMENTEL GOMES, F. e C.P. ABREU, 1959. Sobre Uma Fórmula para o Cálculo da Dose Mais Econômica de Adubo. Anais E.S.A."Luiz de Queiroz". Piracicaba, 16:191-198.

PIMENTEL GOMES, F., 1961. On a Formula for the Estimation of the Optimum Dressing of a Fertilizer. Biometrics. Carolina do Norte, 17:492-494.

PIMENTEL GOMES, F. e I.R. NOGUEIRA, 1964. Regressão e Covariância. (mimeografado). Piracicaba. 45 pp.

PIMENTEL GOMES, F. e H. CAMPOS, 1966. Resultados de Ensaios de Adubação de Milho. In: Cultura e Adubação do Milho. Instituto Brasileiro da Potassa. São Paulo.

PIMENTEL GOMES, F., 1973. Curso de Estatística Experimental. 5ª Edição. Piracicaba. 430 pp.

PIMENTEL GOMES, F. e I.R. NOGUEIRA, 1975. Extrapolação ou Projeção: Uma Técnica Difícil e Perigosa. Ciência e Cultura, 29:1386-1389.

SILVA LEME, R.A. da, 1965. Curso de Estatística. Rio de Janeiro. Ao Livro Técnico S.A. 292 pp.

STEVENS, W.L., 1951. Asymptotic Regression. Biometrics. Carolina do Norte, 7:247-267.

THEIL, N., 1971. Principles of Econometrics. Nova York. John Wiley. 736 pp.

TOMLINSON, P.K. e N.J. ABRAMSON, 1691. Fitting a von Bertalanffy Growth Curve by Least Squares. Dep. of Fish and Game. Califórnia.

VIEIRA, S., 1970. Aspectos das Funções de Produção Ajustadas aos Ensaios Fatoriais 3^3 de Adubação. Piracicaba, ESALQ/USP. 165 pp. (Tese de Doutoramento).

ZAGATTO, A.G. e PIMENTEL GOMES, F., 1960. O Problema Técnico-Econômico da Adubação. Anais E.S.A. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 17:149-164.

ZAGATTO, A.G. e PIMENTEL GOMES, F., 1967. Aspectos Econômicos da Adubação. Capítulo 25 do livro Manual de Química Agrícola. 2ª edição, Ed. Agronômica Ceres, São Paulo, pp. 560-586.

9. APÊNDICE

Tabela 1 - Produções, em kg/ha, referentes aos 58 ensaios de adubação de milho com N, P e K, no período 1973/74 a 1975/76.

Nº do Ensaio	000	011	111	211	101	121	110	112	111 + Calcário
1	5.438	5.398	6.125	5.938	5.250	5.781	4.188	6.250	5.313
2	2.688	4.500	5.250	5.094	4.406	5.281	3.913	5.281	4.016
3	3.766	4.703	5.859	5.313	4.516	4.234	4.984	4.656	5.188
4	6.562	7.640	8.125	8.875	7.250	9.375	8.000	9.000	6.015
5	3.765	4.062	7.656	7.953	6.406	6.562	6.531	6.875	6.734
6	6.750	7.375	7.625	7.031	6.719	7.730	7.438	7.594	7.188
7	6.250	6.125	6.938	6.813	7.375	7.125	7.188	6.094	7.938
8	5.000	6.563	7.344	2.500	4.063	5.000	5.313	6.875	3.750
9	5.531	8.313	7.600	7.125	4.750	7.125	6.650	5.938	6.578
10	1.875	2.406	4.125	4.844	2.188	2.781	4.281	3.375	3.906
11	1.328	3.758	6.109	6.906	6.264	6.047	6.359	5.617	6.644
12	3.969	5.625	5.563	5.844	5.906	6.563	5.781	5.750	6.313
13	3.000	5.934	4.843	5.468	1.875	3.593	5.188	5.000	6.406
14	5.000	5.468	6.093	6.875	6.250	5.625	7.187	6.718	6.250
15	6.313	6.938	6.125	6.547	6.438	5.813	5.875	6.531	4.563
16	2.938	4.438	3.428	3.438	3.563	2.875	2.500	2.313	3.813
17	4.625	5.469	5.094	4.656	4.375	4.625	6.000	5.281	5.438
18	3.031	2.656	5.250	5.781	3.938	4.594	4.875	4.438	5.031
19	3.906	4.436	6.375	5.125	5.688	5.438	5.781	5.625	3.969
20	2.375	1.906	3.938	5.344	4.094	3.781	2.844	3.469	4.563
21	3.894	4.750	3.912	3.397	3.609	2.850	3.728	3.584	2.659
22	7.000	7.063	4.781	4.531	6.250	7.188	9.844	6.563	8.938
23	4.843	6.875	5.688	6.719	6.406	4.219	6.656	3.750	5.906
24	2.250	890	2.875	2.765	2.437	2.578	1.719	1.953	1.850
25	3.096	3.300	5.838	5.838	2.284	4.981	4.188	4.565	6.600
26	4.500	4.768	5.687	5.437	4.265	5.421	4.968	4.484	4.968
27	5.500	3.625	5.675	5.950	4.250	6.375	5.950	4.875	5.175
28	3.563	2.188	3.688	3.656	3.188	6.563	3.063	4.219	3.594
29	5.750	5.782	4.500	3.578	5.296	6.045	4.250	4.594	5.766
30	2.075	2.438	2.413	2.695	1.925	2.720	2.363	1.975	2.200
31	2.281	2.813	2.688	4.344	2.719	3.406	2.563	3.219	3.625
32	5.500	2.500	5.094	7.438	4.375	6.906	7.344	7.563	7.375
33	1.500	3.156	4.688	3.000	3.625	3.250	3.969	2.750	4.125
34	3.563	4.625	5.000	4.750	4.313	6.500	4.625	5.094	4.938
35	4.594	4.062	5.969	6.688	4.681	5.875	4.000	4.375	5.844
36	3.438	4.875	5.000	5.000	4.375	4.375	4.375	3.750	5.063
37	4.940	4.780	4.594	3.750	3.250	4.594	5.100	4.280	3.656
38	3.281	4.062	3.125	4.531	3.750	2.344	3.125	4.062	2.187
39	4.038	3.400	4.900	3.338	3.113	5.025	5.500	4.588	3.188
40	4.843	4.062	6.281	5.000	3.437	6.281	5.000	5.312	5.312

(continuação Tabela 1)

Nº do Ensaio	000	011	111	211	101	121	110	112	111 + Calcário
41	2.188	3.594	3.438	3.594	3.625	2.813	3.281	2.500	3.438
42	1.375	2.562	4.844	3.937	1.687	5.437	3.937	3.500	5.250
43	1.218	1.875	2.375	1.859	1.734	2.343	1.968	1.578	2.078
44	4.156	2.125	3.968	5.218	3.000	4.218	4.093	3.500	4.031
45	1.562	1.094	1.875	2.187	2.969	3.125	1.562	2.656	2.656
46	3.750	4.687	3.125	6.250	5.000	5.781	4.687	3.437	4.062
47	1.125	2.450	1.750	1.500	1.250	1.725	1.375	925	1.375
48	453	1.813	2.984	1.719	1.188	2.219	2.688	1.984	3.031
49	2.031	2.500	3.156	3.313	2.094	3.641	2.453	2.359	2.813
50	3.125	4.250	2.750	3.188	3.500	5.313	4.438	3.750	3.750
51	1.709	1.690	2.600	4.046	1.593	2.715	1.403	1.556	3.462
52	1.250	2.344	2.406	2.188	1.719	2.344	2.344	1.563	2.594
53	813	1.775	2.088	1.250	1.688	1.750	1.750	2.000	913
54	2.343	2.375	4.687	4.906	4.343	3.859	3.656	4.468	3.812
55	688	1.844	1.344	1.250	969	1.469	1.844	1.782	1.875
56	1.531	1.156	2.188	3.281	2.125	2.688	2.344	2.563	2.563
57	2.000	3.750	3.800	4.000	2.600	3.200	3.000	2.800	2.400
58	2.081	3.093	4.331	4.125	3.506	4.537	3.918	3.300	4.950

Tabela 2 - Análise de variância, para grupo de 58 ensaios, instalados nas regiões fisiográficas: Interior Norte e Sul, referente aos anos 1973/74 a 1975/76.

CASO 1

Causa da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Nitrogênio linear	1	12.739.546,24	12.739.546,24	13,60**
Nitrogênio quadrático	1	3.363.000,28	3.363.000,28	3,59
Níveis de nitrogênio(N)	2	16.102.546,52	8.051.273,26	8,59**
Locais (L)	57	424.972.899,45	7.455.664,90	7,96**
Interação (NxL)	114	106.748.320,14	936.388,77	

C.V. = 22,08%

Causa da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Fósforo linear	1	16.065.194,49	16.065.194,49	25,40**
Fósforo quadrático	1	4.846.260,02	4.846.260,02	7,66**
Níveis de fósforo (P)	2	20.911.454,51	10.455.727,25	16,53**
Locais (L)	57	426.834.579,59	7.488.325,95	11,84**
Interação (PxL)	114	72.080.864,16	632.288,28	

C.V. = 18,30%

Causa da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Potássio linear	1	776.543,80	776.543,80	1,64
Potássio quadrático	1	3.079.629,79	3.079.629,79	6,53*
Níveis de potássio (K)	2	3.856.173,59	1.928.086,80	4,09*
Locais (L)	57	490.702.134,95	8.608.809,38	18,27**
Interação (KxL)	114	53.696.239,07	471.019,64	

C.V. = 15,63%

Médias de produção (kg/ha)

N_0 = 3.952	P_0 = 3.853	K_0 = 4.378
N_{45} = 4.579	P_{45} = 4.579	K_{30} = 4.579
N_{90} = 4.615	P_{90} = 4.597	K_{60} = 4.215

Testemunha = 3.413 Calcário = 4.442

Tabela 3 - Análise de variância, para grupo de 24 ensaios, instalados na região fisiográfica Interior Norte, referente aos anos 1973/74 a 1975/76.

CASO 2.1

Causa da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Nitrogênio linear	1	5.601.966,75	5.601.966,75	5,34*
Nitrogênio quadrático	1	2.482.200,25	2.482.200,25	2,36
Níveis de nitrogênio(N)	2	8.084.167,00	4.042.083,50	3,85*
Locais (L)	23	139.748.703,33	6.076.030,57	5,79**
Interação (NxL)	46	48.238.869,67	1.048.671,07	

C.V. = 23,63%

Causa da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Fósforo linear	1	13.968.734,08	13.968.734,08	15,97**
Fósforo quadrático	1	3.513.750,25	3.513.750,25	4,01*
Níveis de fósforo (P)	2	17.482.484,33	8.741.242,16	9,99**
Locais (L)	23	117.352.897,33	5.102.299,88	5,83**
Interação (PxL)	46	40.213.518,34	874.206,92	

C.V. = 21,82%

Causa da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Potássio linear	1	390.421,68	390.421,68	1,45
Potássio quadrático	1	2.795.862,68	2.795.862,68	10,40**
Níveis de potássio (K)	2	3.186.284,36	1.593.142,18	5,92*
Locais (L)	23	147.754.730,99	6.424.118,73	23,90**
Interação (KxL)	46	12.360.933,64	268.715,94	

C.V. = 12,00%

Médias de produção (kg/ha)

N_o = 3.860	P_o = 3.588	K_o = 4.268
N_{45} = 4.596	P_{45} = 4.596	K_{30} = 4.596
N_{90} = 4.544	P_{90} = 4.667	K_{60} = 4.088

Testemunha = 3.313 Calcário = 4.452

Tabela 4 - Análise de variância, para grupo de 34 ensaios, instalados na região fisiográfica Interior Sul, referente aos anos 1973/74 a 1975/76.

CASO 2.2

Causa da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Nitrogênio linear	1	7.146.146,11	7.146.146,11	8,09**
Nitrogênio quadrático	1	1.148.100,08	1.148.100,08	1,30
Níveis de nitrogênio(N)	2	8.294.246,19	4.147.123,90	4,70*
Locais (L)	33	284.931.092,67	8.634.275,53	9,78**
Interação (NxL)	66	58.233.583,81	882.327,02	

C.V. = 21,26%

Causa da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Fósforo linear	1	4.388.612,14	4.388.612,14	9,91*
Fósforo quadrático	1	1.690.962,39	1.690.962,39	3,81
Níveis de fósforo (P)	2	6.079.574,53	3.039.787,26	6,86**
Locais (L)	33	309.050.126,09	9.365.155,33	21,15**
Interação (PxL)	66	29.216.741,47	442.677,90	

C.V. = 15,17%

Causa da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Potássio linear	1	391.856,53	391.856,53	0,63
Potássio quadrático	1	787.154,83	787.154,83	1,27
Níveis de potássio (K)	2	1.179.011,36	589.505,68	0,95
Locais (L)	33	342.285.444,75	10.372.286,20	16,76**
Interação (KxL)	66	40.826.183,31	618.578,53	

C.V. = 17,70%

Médias de produção (kg/ha)

N_o = 4.017
N_{45} = 4.567
N_{90} = 4.666

P_o = 4.040
P_{45} = 4.567
P_{90} = 4.548

K_o = 4.456
K_{30} = 4.567
K_{60} = 4.304

Testemunha = 3.484

Calcário = 4.453

Tabela 5 - Análise de variância, para grupo de 30 ensaios, instalados em regiões de topografia plana, referente aos anos 1973/74 a 1975/76.

CASO 3.1

Causa da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Nitrogênio linear	1	4.048.723,27	4.048.723,27	3,44
Nitrogênio quadrático	1	1.334.722,21	1.334.722,21	1,13
Níveis de nitrogênio(N)	2	5.383.445,48	2.691.722,74	2,29
Locais (L)	29	196.144.839,76	6.763.615,16	5,74**
Interação (NxL)	58	68.273.191,25	1.177.123,99	

C.V. = 22,38%

Causa da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Fósforo linear	1	4.420.020,42	4.420.020,42	6,52*
Fósforo quadrático	1	2.915.679,33	2.915.679,33	4,30*
Níveis de fósforo (P)	2	7.335.699,75	3.667.849,88	5,41**
Locais (L)	29	208.192.351,33	7.179.046,60	10,58**
Interação (PxL)	58	39.327.734,31	678.064,38	

C.V. = 17,27%

Causa da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Potássio linear	1	240.160,27	240.160,27	0,49
Potássio quadrático	1	2.463.552,01	2.463.552,01	5,00*
Níveis de potássio (K)	2	2.703.712,28	1.351.856,14	2,75
Locais (L)	29	228.701.665,77	7.886.264,34	16,03**
Interação (KxL)	58	28.532.859,77	491.945,86	

C.V. = 14,65%

Médias de produção (kg/ha)

N_o = 4.502
N_{45} = 5.020
N_{90} = 5.021

P_o = 4.367
P_{45} = 5.020
P_{90} = 4.910

K_o = 4.732
K_{30} = 5.020
K_{60} = 4.606

Testemunha = 3.816

Calcário = 4.675

Tabela 6 - Análise de variância, para grupo de 28 ensaios, instalados em regiões de topografia ondulada, referente aos anos 1973/74 a 1975/76.

CASO 3.2

Causa da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Nitrogênio linear	1	9.328.513,14	9.328.513,14	13,33**
Nitrogênio quadrático	1	2.083.714,88	2.083.714,88	2,98
Níveis de nitrogênio(N)	2	11.412.228,02	5.706.114,01	8,16**
Locais (L)	27	188.426.084,17	6.978.743,86	9,97*
Interação (NxL)	54	37.782.002,05	699.666,70	

C.V. = 21,53%

Causa da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Fósforo linear	1	12.906.240,29	12.906.240,29	22,15**
Fósforo quadrático	1	1.962.577,16	1.962.577,16	3,36
Níveis de fósforo (P)	2	14.868.817,45	7.434.408,73	12,76**
Locais (L)	27	185.345.755,22	6.864.657,60	11,78**
Interação (PxL)	54	31.460.067,28	582.593,84	

C.V. = 19,62%

Causa da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Potássio linear	1	579.161,16	579.161,16	1,25
Potássio quadrático	1	811.899,06	811.899,06	1,76
Níveis de potássio (K)	2	1.391.060,22	695.530,11	1,51
Locais (L)	27	232.867.847,32	8.624.735,09	18,68*
Interação (KxL)	54	24.924.780,50	461.570,01	

C.V. = 17,12%

Médias de produção (kg/ha)

N_o = 3.364	P_o = 3.302	K_o = 3.999
N_{45} = 4.106	P_{45} = 4.106	K_{30} = 4.106
N_{90} = 4.180	P_{90} = 4.262	K_{60} = 3.796

Testemunha = 2.981 Calcário = 4.192

Tabela 7 - Análise de variância, para grupo de 15 ensaios, instalados na microrregião Norte - região fisiográfica Interior Norte (RNIN), constituída pelos municípios Ecoporanga, Barra de São Francisco, Mantenópolis e São Gabriel da Palha, referente aos anos 1973/74 a 1975/76.

CASO 4.1

Causa da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Nitrogênio linear	1	10.904.652,31	10.904.652,31	13,39**
Nitrogênio quadrático	1	834.632,10	834.632,10	1,02
Níveis de nitrogênio(N)	2	11.739.284,41	5.689.642,31	7,21**
Locais (L)	14	85.952.344,10	6.139.453,15	7,53**
Interação (NxL)	28	22.808.356,29	814.584,15	

C.V. = 21,09%

Causa da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Fósforo linear	1	11.150.803,33	11.150.803,33	11,96**
Fósforo quadrático	1	101.069,52	101.069,52	0,11
Níveis de fósforo (P)	2	11.251.872,85	5.625.936,43	6,03**
Locais (L)	14	70.071.955,20	5.005.139,66	5,37**
Interação (PxL)	28	26.109.545,19	932.483,76	

C.V. = 21,93%

Causa da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Potássio linear	1	200.737,20	200.737,20	0,69
Potássio quadrático	1	509.254,45	509.254,45	1,77
Níveis de potássio (K)	2	709.991,65	354.995,83	1,23
Locais (L)	14	88.133.654,94	6.295.261,07	21,89**
Interação (KxL)	28	8.051.105,05	287.539,47	

C.V. = 12,41%

Médias de produção (kg/ha)

N_o = 3.579
N_{45} = 4.471
N_{90} = 4.785

P_o = 3.760
P_{45} = 4.471
P_{90} = 4.980

K_o = 4.327
K_{30} = 4.471
K_{60} = 4.163

Testemunha = 3.334

Calcário = 4.776

Tabela 8 - Análise de variância, para grupo de 13 ensaios, instalados na microrregião Sul - região fisiográfica Interior Norte (RSIN), constituída pelos municípios Pancas, Baixo Guandu, Colatina e Itaguaçu, referente aos anos 1973/74 a 1975/76.

CASO 4.2

Causa da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Nitrogênio linear	1	625.580.35	625.580,35	0,58
Nitrogênio quadrático	1	774.210,78	774.210,78	0,72
Níveis de nitrogênio(N)	2	1.399.791,13	699.895,57	0,65
Locais (L)	12	93.371.248,74	7.780.937,40	7,27**
Interação (NxL)	24	25.662.579,57	1.069.274,15	

C.V. = 20,46%

Causa da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Fósforo linear	1	1.947.594,47	1.947.594,47	2,22
Fósforo quadrático	1	3.503.088,46	3.503.088,46	3,99
Níveis de fósforo (P)	2	5.450.682,93	2.725.341,47	3,11
Locais (L)	12	101.606.159,73	8.467.179,98	9,66**
Interação (PxL)	24	21.027.344,42	876.139,35	

C.V. = 19,38%

Causa da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Potássio linear	1	3.115.384,61	3.115.384,61	3,55
Potássio quadrático	1	868.792,62	868.792,62	0,99
Níveis de potássio (K)	2	3.984.177,23	1.992.088,62	2,27
Locais (L)	12	114.105.935,41	9.508.827,95	10,84**
Interação (KxL)	24	21.049.976,13	877.082,34	

C.V. = 18,57%

Médias de produção (kg/ha)

N_o = 5.108
N_{45} = 5.252
N_{90} = 4.798

P_o = 4.343
P_{45} = 5.252
P_{90} = 4.890

K_o = 5.282
K_{30} = 5.252
K_{60} = 4.589

Testemunha = 4.179

Calcário = 5.013

Tabela 9 - Análise de variância, para grupo de 16 ensaios, instalados na microrregião Norte - região fisiográfica Interior Sul (RNIS) constituída pelos municípios Santa Teresa, Afonso Cláudio, Conceição de Castelo e Domingos Martins, referente aos anos 1973/74 a 1975/76.

CASO 4.3

Causa da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Nitrogênio linear	1	17.343.105,13	17.343.105,13	15,62**
Nitrogênio quadrático	1	1.959.102,03	1.959.102,03	1,75
Níveis de nitrogênio(N)	2	19.302.207,16	9.651.103,58	8,70**
Locais (L)	15	127.023.848,78	8.468.256,59	7,63**
Interação(NxL)	30	33.293.989,54	1.109.799,65	

C.V. = 23,99%

Causa da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Fósforo linear	1	4.244.241,13	4.244.241,13	9,98**
Fósforo quadrático	1	1.245.337,03	1.245.337,03	2,92
Níveis de fósforo (P)	2	5.489.578,16	2.744.789,08	6,45**
Locais (L)	15	141.737.680,28	9.449.178,69	22,21**
Interação (PxL)	30	12.757.766,54	425.258,88	

C.V. = 14,65%

Causa da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Potássio linear	1	17.298,00	17.298,00	0,04
Potássio quadrático	1	483.652,04	483.652,04	1,10
Níveis de potássio (K)	2	500.950,04	250.475,02	0,57
Locais (L)	15	174.341.669,29	11.622.777,95	26,59**
Interação (KxL)	30	13.110.912,65	437.030,42	

C.V. = 14,58%

Médias de produção (kg/ha)

N_o = 3.512
N_{45} = 4.676
N_{90} = 4.984

P_o = 3.971
P_{45} = 4.676
P_{90} = 4.699

K_o = 4.440
K_{30} = 4.676
K_{60} = 4.487

Testemunha = 3.347

Calcário = 4.393

Tabela 10 - Análise de variância, para grupo de 14 ensaios, instalados na microrregião Sul - região fisiográfica Interior Sul (RSIS), constituída pelos municípios Iuna, Muniz Freire, Alegre e Jerônimo Monteiro, referente aos anos 1973/74 a 1975/76.

CASO 4.4

Causa da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Nitrogênio linear	1	24.603,57	24.603,57	0,07
Nitrogênio quadrático	1	196.040,04	196.040,04	0,61
Níveis de nitrogênio(N)	2	220.643,61	110.321,81	0,34
Locais (L)	13	89.207.747,70	6.862.134,44	21,17**
Interação (NxL)	26	8.424.015,09	324.000,58	

C.V. = 14,74%

Causa da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Fósforo linear	1	1.421.552,89	1.421.552,89	4,34*
Fósforo quadrático	1	1.385.230,59	1.385.230,59	4,23*
Níveis de fósforo (P)	2	2.806.783,48	1.403.391,74	4,29*
Locais (L)	13	85.882.778,25	6.606.367,56	20,18**
Interação (PxL)	26	8.508.611,89	327.254,30	

C.V. = 15,45%

Causa da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Potássio linear	1	53.070,04	53.070,04	0,16
Potássio quadrático	1	1.419.860,00	1.419.860,00	4,25*
Níveis de potássio (K)	2	1.472.930,04	736.465,02	2,21
Locais (L)	13	76.265.191,88	5.866.553,22	17,58**
Interação (KxL)	26	8.672.369,98	333.552,69	

C.V. = 15,61%

Médias de produção (kg/ha)

N_o = 3.784	P_o = 3.348	K_o = 3.525
N_{45} = 3.958	P_{45} = 3.958	K_{30} = 3.958
N_{90} = 3.843	P_{90} = 3.798	K_{60} = 3.612

Testemunha = 2.861 Calcário = 3.611

Tabela 11 - Análise de variância, para grupo de 14 ensaios, instalados nas regiões fisiográficas: Interior Norte e Sul, referente ao ano agrícola 1973/74.

CASO 5.1

Causa da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Nitrogênio linear	1	2.383.305,75	2.383.305,75	1,96
Nitrogênio quadrático	1	2.176.398,11	2.176.398,11	1,79
Níveis de nitrogênio(N)	2	4.559.703,86	2.279.851,93	1,88
Locais (L)	13	52.762.950,29	4.058.688,48	3,34*
Interação (NxL)	26	31.538.282,14	1.213.010,85	

C.V. = 18,19%

Causa da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Fósforo linear	1	3.294.172,00	3.294.172,00	5,89*
Fósforo quadrático	1	6.010.725,00	6.010.725,00	10,74**
Níveis de fósforo (P)	2	9.304.897,00	4.652.248,50	8,31**
Locais (L)	13	80.858.814,98	6.219.908,84	11,12**
Interação (PxL)	26	14.547.121,67	559.504,67	

C.V. = 18,80%

Causa da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Potássio linear	1	146.017,28	146.017,28	0,37
Potássio quadrático	1	1.309.002,34	1.309.002,34	3,32
Níveis de potássio (K)	2	1.455.019,62	727.509,81	1,85
Locais (L)	13	55.059.139,64	4.235.318,43	10,84**
Interação (KxL)	26	10.243.669,72	393.987,29	

C.V. = 10,25%

Médias de produção (kg/ha)

N_o = 5.601
N_{45} = 6.375
N_{90} = 6.184

P_o = 5.230
P_{45} = 6.375
P_{90} = 5.916

K_o = 5.929
K_{30} = 6.375
K_{60} = 6.073

Testemunha = 4.352

Calcário = 5.874

Tabela 12 - Análise de variância, para grupo de 23 ensaios, instalados nas regiões fisiográficas: Interior Norte e Sul, referente ao ano agrícola 1974/75.

CASO 5.2

Causa da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Nitrogênio linear	1	5.630.800,78	5.630.800,78	5,13*
Nitrogênio quadrático	1	1.015.837,68	1.015.837,68	0,93
Níveis de nitrogênio(N)	2	6.646.638,46	3.323.319,23	3,03
Locais (L)	22	82.233.642,95	3.737.892,86	3,40*
Interação (NxL)	44	48.289.918,88	1.097.498,15	

C.V. = 23,08%

Causa da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Fósforo linear	1	5.309.443,13	5.309.443,13	7,65*
Fósforo quadrático	1	766.381,56	766.381,56	1,10
Níveis de fósforo (P)	2	6.075.824,69	3.037.912,35	4,37*
Locais (L)	22	78.380.450,99	3.562.747,77	5,13**
Interação (PxL)	44	30.520.863,97	693.655,99	

C.V. = 18,26%

Causa da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Potássio linear	1	1.168.019,56	1.168.019,56	1,60
Potássio quadrático	1	840.528,27	840.528,27	1,15
Níveis de potássio (K)	2	2.008.547,83	1.004.273,91	1,37
Locais (L)	22	116.463.747,10	5.293.806,68	7,27*
Interação (KxL)	44	32.029.255,51	727.937,62	

C.V. = 18,74%

Médias de produção (kg/ha)

N_{o} = 4.101	P_{o} = 4.145	K_{o} = 4.634
N_{45} = 4.709	P_{45} = 4.709	K_{30} = 4.709
N_{90} = 4.802	P_{90} = 4.825	K_{60} = 4.315

Testemunha = 3.977 Calcário = 4.768

Tabela 13 - Análise de variância, para grupo de 21 ensaios, instalados nas regiões fisiográficas: Interior Norte e Sul, referente ao ano agrícola 1975/76.

CASO 5.3

Causa da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Nitrogênio linear	1	4.786.762,88	4.786.762,88	7,25**
Nitrogênio quadrático	1	621.466,67	621.466,67	0,94
Níveis de nitrogênio(N)	2	5.408.229,55	2.704.114,77	4,09*
Locais (L)	20	67.173.290,98	3.358.664,54	5,08**
Interação (NxL)	40	26.408.093,79	660.202,34	

C.V. = 26,22%

Causa da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Fósforo linear	1	7.660.380,22	7.660.380,22	12,59**
Fósforo quadrático	1	548.460,07	548.460,07	0,90
Níveis de fósforo (P)	2	8.208.840,29	4.104.420,14	6,74*
Locais (L)	20	73.922.198,38	3.969.109,91	6,07**
Interação (PxL)	40	24.334.771,05	608.369,27	

C.V. = 25,1%

Causa da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Potássio linear	1	416.606,88	416.606,88	1,60
Potássio quadrático	1	1.046.137,78	1.046.137,78	4,04
Níveis de potássio (K)	2	1.462.744,66	731.372,33	2,82
Locais (L)	20	78.800.751,43	3.940.437,57	15,22**
Interação (KxL)	40	10.353.175,34	258.829,38	

C.V. = 16,64%

Médias de produção (kg/ha)

$N_{}$ = 2.691	$P_{}$ = 2.614	$K_{}$ = 3.065
N^{o} = 3.239	P^{o} = 3.239	K^{o} = 3.239
N_{90} = 3.366	P_{90} = 3.468	K_{60} = 2.866
N_{45} = 3.239	P_{45} = 3.239	K_{30} = 3.239

Testemunha = 2.170 Calcário = 3.130

Tabela 14 - Estimativas dos parâmetros das equações de regressão para o nitrogênio (N).

$$\hat{Y}_i = \hat{a} + \hat{b}x_i + \hat{c}x_i^2$$

Caso	$\hat{a}$	$\hat{b}$	$\hat{c}$
1	4.579	331,40**	-294,92
2.1	4.596	341,18*	-393,88
2.2	4.567	324,18*	-225,06
3.1	5.020	259,77	-258,34
3.2	4.106	408,15**	-334,11
4.1	4.471	602,90**	-288,90
4.2	5.252	-155,12	-298,89
4.3	4.676	736,19**	-428,57
4.4	3.958	29,64	-144,93
5.1	6.375	291,75	-482,89
5.2	4.709	350,13*	-257,13
5.3	3.239	337,60*	-210,69

$$\hat{Y}_i = \hat{A}\left[1 - 10^{-c(X_i+\hat{b})}\right]$$

Caso	$\hat{A}$	$\hat{b}$	$\hat{c}$	Intervalo de confiança para c	
				L.I.	L.S.
1	4.617,53	30,67	0,02743	-0,07029	0,12509
2.1	...	...	...	...	...
2.2	4.687,64	51,13	0,01652	-0,03232	0,06532
3.1	5.021,36	17,32	0,05686	-3,70468	3,81828
3.2	4.188,38	31,73	0,02224	-0,03899	0,08339
4.1	4.955,17	55,57	0,01001	-0,01517	0,03537
4.2	...	...	...	...	...
4.3	5.094,46	39,51	0,01285	-0,01489	0,04029
4.4	...	...	...	...	...
5.1	...	...	...	...	...
5.2	4.818,50	45,38	0,01811	-0,05111	0,08711
5.3	3.403,93	48,06	0,01412	-0,02944	0,05764

Tabela 15 - Estimativas dos parâmetros das equações de regressão para o fósforo (P_2O_5).

$$\hat{Y}_i = \hat{a} + \hat{b}x_i + \hat{c}x_i^2$$

Caso	$\hat{a}$	$\hat{b}$	$\hat{c}$
1	4.579	372,15**	-354,03**
2.1	4.596	539,46**	-468,62*
2.2	4.567	254,05**	-273,14
3.1	5,020	271,42*	-381,82*
3.2	4.106	480,07**	-324,25
4.1	4.471	609,67**	-100,53
4.2	5.252	273,69	-635,77
4.3	4.676	364,19**	-341,69
4.4	3.958	225,32**	-385,25
5.1	6.375	343,00*	-802,50*
5.2	4.709	339,74**	-223,57
5.3	3.239	427,08**	-197,93

$$\hat{Y}_i = \hat{A}\left[1 - 10^{-\hat{c}(X_i+\hat{b})}\right]$$

Caso	$\hat{A}$	$\hat{b}$	$\hat{c}$	Intervalo de confiança para c	
				L.I.	L.S.
1	4.597,37	22,20	0,03561	-0,12349	0,19469
2.1	4.672,10	24,76	0,02562	-0,05055	0,10175
2.2	...	...	...	...	...
3.1	...	...	...	...	...
3.2	4.299,40	40,05	0,01584	-0,01208	0,04368
4.1	6.268,95	123,91	0,00321	-0,01733	0,02373
4.2	...	...	...	...	...
4.3	4.699,68	24,33	0,03325	-0,17280	0,23940
4.4	...	...	...	...	...
5.1	...	...	...	...	...
5.2	4.855,04	54,83	0,01523	-0,03033	0,06074
5.3	3.600,60	58,07	0,00968	-0,01546	0,03466

Tabela 16 - Estimativas dos parâmetros das equações de regressão para o potássio (K_2O).

$$\hat{Y}_i = \hat{a} + \hat{b}x_i + \hat{c}x_i^2$$

Caso	$\hat{a}$	$\hat{b}$	$\hat{c}$
1	4.579	-81,82	-282,22*
2.1	4.596	-90,19	-418,02**
2.2	4.567	-75,91	-186,35
3.1	5.020	-63,27	-350,97*
3.2	4.106	-101,70	-208,56
4.1	4.471	-81,80	-225,66
4.2	5.252	-346,16	-316,62
4.3	4.676	23,25	-212,94
4.4	3.958	43,54	-390,04*
5.1	6.375	72,22	-374,50
5.2	4.709	-159,35	-234,13
5.3	3.239	-99,60	-273,36

$$\hat{Y}_i = \hat{A}\left[1 - 10^{-\hat{c}(X_i+\hat{b})}\right]$$

Caso	$\hat{A}$	$\hat{b}$	$\hat{c}$	Intervalo de confiança para c	
				L.I.	L.S.
1	...	...	...	...	...
2.1	...	...	...	...	...
2.2	...	...	...	...	...
3.1	...	...	...	...	...
3.2	...	...	...	...	...
4.1	...	...	...	...	...
4.2	...	...	...	...	...
4.3	...	...	...	...	...
4.4	...	...	...	...	...
5.1	...	...	...	...	...
5.2	...	...	...	...	...
5.3	...	...	...	...	...

Tabela 17 - Estimativas das doses econômicas X_1^*, X_2^* e $\bar{X}^*$, intervalos de confiança ao nível de 5% de probabilidade para X_1^* e X_2^*, através da variância assintótica, nas diversas relações de preços (w/t), referente à equação de Mitscherlich, para o nitrogênio (N).

Caso 1: Todo o Estado (58 ensaios).

w/t	L.I.	X_1^*	L.S.	L.I.	X_2^*	L.S.	$\bar{X}^*$
0,08	-18	32	82	-49	-1	47	15,5
0,10	2	52	102	-30	18	66	35,0
0,12	18	68	118	-14	34	82	51,0
0,14	32	82	132	0	48	96	65,0
0,16	43	93	143	12	60	108	76,5

Caso 2.1: Interior Norte (24 ensaios).

w/t	L.I.	X_1^*	L.S.	L.I.	X_2^*	L.S.	$\bar{X}^*$
0,08	-25	46	117	-89	-6	77	20,0
0,10	-5	66	137	-69	14	97	40,0
0,12	11	82	153	-53	30	113	56,0
0,14	25	96	167	-39	44	127	70,0
0,16	36	107	178	-27	56	139	81,5

Caso 2.2: Interior Sul (34 ensaios).

w/t	L.I.	X_1^*	L.S.	L.I.	X_2^*	L.S.	$\bar{X}^*$
0,08	-52	21	94	-66	-4	58	8,5
0,10	-33	40	113	-46	16	78	28,0
0,12	-17	56	129	-30	32	94	44,0
0,14	-3	70	143	-16	46	108	58,0
0,16	9	82	155	-4	58	120	70,0

Caso 3.1: Topografia plana (30 ensaios).

w/t	L.I.	X_1^*	L.S.	L.I.	X_2^*	L.S.	$\bar{X}^*$
0,08	-81	15	111	-120	-24	72	-4,5
0,10	-61	35	131	-100	-4	92	15,5
0,12	-45	51	147	-84	12	108	31,5
0,14	-31	65	161	-70	26	122	45,5
0,16	-19	77	173	-58	38	134	57,5

Caso 3.2: Topografia ondulada (28 ensaios).

w/t	L.I.	X_1^*	L.S.	L.I.	X_2^*	L.S.	$\bar{X}^*$
0,08	-6	47	100	-32	17	66	32,0
0,10	-14	67	120	-13	36	85	51,5
0,12	30	83	136	3	52	101	67,5
0,14	44	97	150	17	66	115	81,5
0,16	55	108	161	29	78	127	93,0

Caso 4.1: RNIN (15 ensaios).

w/t	L.I.	X_1^*	L.S.	L.I.	X_2^*	L.S.	$\bar{X}^*$
0,08	-4	63	130	1	51	101	57,0
0,10	16	83	150	21	71	121	77,0
0,12	32	99	166	37	87	137	93,0
0,14	46	113	180	51	101	151	107,0
0,16	58	125	192	63	113	163	119,0

Caso 4.3: RNIS (16 ensaios).

w/t	L.I.	X_1^*	L.S.	L.I.	X_2^*	L.S.	$\bar{X}^*$
0,08	29	87	145	23	69	115	78,0
0,10	49	107	165	43	89	135	98,0
0,12	65	123	181	59	105	151	114,0
0,14	79	137	195	72	118	164	127,5
0,16	90	148	206	84	130	176	139,0

Caso 4.4 - RSIS (14 ensaios).

w/t	L.I.	X_1^*	L.S.	L.I.	X_2^*	L.S.	$\bar{X}^*$
0,08	-307	-81	145	-882	-216	450	-148,5
0,10	-288	-62	164	-862	-196	470	-129,0
0,12	-271	-45	181	-846	-180	486	-112,5
0,14	-258	-32	194	-833	-167	499	-99,5
0,16	-246	-20	206	-821	-155	511	-87,5

Caso 5.1 - Ano agrícola 1973/74 (14 ensaios).

w/t	L.I.	X_1^*	L.S.	L.I.	X_2^*	L.S.	$\bar{X}^*$
0,08	-47	51	149	-143	-13	117	19,0
0,10	-27	71	169	-137	-7	123	32,0
0,12	-11	87	185	-108	22	152	54,5
0,14	2	100	198	-94	36	165	68,0
0,16	14	112	210	-82	48	178	80,0

Caso 5.2: Ano agrícola 1974/75 (23 ensaios).

w/t	L.I.	X_1^*	L.S.	L.I.	X_2^*	L.S.	$\bar{X}^*$
0,08	-61	29	119	-75	3	81	16,0
0,10	-41	49	139	-55	23	101	36,0
0,12	-25	65	155	-39	39	117	52,0
0,14	-11	79	169	-25	53	131	66,0
0,16	1	91	181	-14	64	142	77,5

Caso 5.3: Ano agrícola 1975/76 (21 ensaios).

w/t	L.I.	X_1^*	L.S.	L.I.	X_2^*	L.S.	$\bar{X}^*$
0,08	-62	20	102	-67	0	67	10,0
0,10	-42	40	122	-47	20	87	30,0
0,12	-26	56	138	-31	36	103	46,0
0,14	-12	70	152	-18	49	116	59,5
0,16	0	82	164	-6	61	128	71,5

Tabela 18 - Estimativas das doses econômicas X_1^*, X_2^* e $\bar{X}^*$, intervalos de confiança ao nível de 5% de probabilidade para X_1^* e X_2^*, através da variância assintótica, nas diferentes relações de preços (w/t), referente à equação de Mitscherlich, para o fósforo (P_2O_5).

Caso 1: Todo o Estado (58 ensaios).

w/t	L.I.	X_1^*	L.S.	L.I.	X_2^*	L.S.	$\bar{X}^*$
0,10	10	46	82	1	36	71	41,0
0,12	19	55	91	10	45	80	50,0
0,14	27	63	99	17	52	87	57,5
0,16	33	69	105	24	59	94	64,0
0,18	39	75	111	30	65	100	70,0

Caso 2.1: Interior Norte (24 ensaios).

w/t	L.I.	X_1^*	L.S.	L.I.	X_2^*	L.S.	$\bar{X}^*$
0,10	14	62	110	10	54	98	58,0
0,12	23	71	119	19	63	107	67,0
0,14	31	79	127	27	71	115	75,0
0,16	38	86	134	33	77	121	81,5
0,18	44	92	140	39	83	127	87,5

Caso 2.2: Interior Sul (34 ensaios).

w/t	L.I.	X_1^*	L.S.	L.I.	X_2^*	L.S.	$\bar{X}^*$
0,10	-24	30	84	-39	17	73	23,5
0,12	-15	39	93	-30	26	82	32,5
0,14	-7	47	101	-23	33	89	40,0
0,16	0	54	108	-16	40	96	47,0
0,18	5	59	113	-10	46	102	52,5

Caso 3.1: Topografia plana (30 ensaios).

w/t	L.I.	X_1^*	L.S.	L.I.	X_2^*	L.S.	$\bar{X}^*$
0,10	-17	41	99	-49	20	89	30,5
0,12	-8	50	108	-40	29	98	39,5
0,14	0	58	116	-32	37	106	47,5
0,16	6	64	122	-26	43	112	53,5
0,18	12	70	128	-20	49	118	59,5

Caso 3.2: Topografia ondulada (28 ensaios).

w/t	L.I.	X_1^*	L.S.	L.I.	X_2^*	L.S.	$\bar{X}^*$
0,10	6	51	96	10	48	86	49,5
0,12	15	60	105	19	57	95	58,5
0,14	23	68	113	27	65	103	66,5
0,16	30	75	120	33	71	109	73,0
0,18	35	80	125	39	77	115	78,5

Caso 4.1: RNIN (15 ensaios).

w/t	L.I.	X_1^*	L.S.	L.I.	X_2^*	L.S.	$\bar{X}^*$
0,10	-45	45	135	7	60	113	52,5
0,12	-36	54	144	16	69	122	61,5
0,14	-29	62	152	24	77	130	69,5
0,16	-22	68	158	30	83	136	75,5
0,18	-16	74	164	36	89	142	81,5

Caso 4.2: RSIN (13 ensaios).

w/t	L.I.	X_1^*	L.S.	L.I.	X_2^*	L.S.	$\bar{X}^*$
0,10	-17	57	131	-103	20	143	38,5
0,12	-8	66	140	-94	29	152	47,5
0,14	0	74	148	-86	37	160	55,5
0,16	7	81	155	-79	44	167	62,5
0,18	12	86	160	-74	49	172	67,5

Caso 4.3: RNIS (16 ensaios).

w/t	L.I.	X_1^*	L.S.	L.I.	X_2^*	L.S.	$\bar{X}^*$
0,10	-14	45	104	-23	34	91	39,5
0,12	-5	54	113	-13	44	101	49,0
0,14	2	61	120	-6	51	108	56,0
0,16	9	68	127	1	58	115	63,0
0,18	15	74	133	7	64	121	69,0

Caso 4.4: RSIS (14 ensaios).

w/t	L.I.	X_1^*	L.S.	L.I.	X_2^*	L.S.	$\bar{X}^*$
0,10	-27	38	103	-77	11	99	24,5
0,12	-18	47	112	-68	20	108	33,5
0,14	-11	54	119	-61	27	115	40,5
0,16	-4	61	126	-54	34	122	47,5
0,18	2	67	132	-48	40	128	53,5

Caso 5.1: Ano agrícola 1973/74 (14 ensaios).

w/t	L.I.	X_1^*	L.S.	L.I.	X_2^*	L.S.	$\bar{X}^*$
0,10	24	69	114	-43	32	107	50,5
0,12	33	78	123	-34	41	116	59,5
0,14	40	85	130	-27	48	123	66,5
0,16	47	92	137	-20	55	130	73,5
0,18	53	98	143	-14	61	136	79,5

Caso 5.2: Ano agrícola 1974/75 (23 ensaios).

w/t	L.I.	X_1^*	L.S.	L.I.	X_2^*	L.S.	$\bar{X}^*$
0,10	-43	34	111	-33	31	95	32,5
0,12	-34	43	120	-24	40	104	41,5
0,14	-27	50	127	-16	48	112	49,0
0,16	-20	57	134	-10	54	118	55,5
0,18	-14	63	140	-4	60	124	61,5

Caso 5.3: Ano agrícola 1975/76 (21 ensaios).

w/t	L.I.	X_1^*	L.S.	L.I.	X_2^*	L.S.	$\bar{X}$
0,10	-30	39	108	-9	42	93	40,5
0,12	-21	48	117	0	51	102	49,5
0,14	-14	55	124	8	59	110	57,0
0,16	-7	62	131	15	66	117	64,0
0,18	-1	68	137	21	72	123	70,0

Tabela 19 - Estimativas das doses econômicas X_1^*, X_2^* e $\bar{X}^*$, intervalos de confiança ao nível de 5% de probabilidade para X_1^* e X_2^*, através da variância assintótica, nas diferentes relações de preços (w/t), referente à equação de Mitscherlich, para o potássio (K_2O).

Caso 4.3: RNIS (16 ensaios)

w/t	L.I.	X_1^*	L.S.	L.I.	X_2^*	L.S.	$\bar{X}^*$
0,25	-131	48	227	-950	-51	848	-1,5
0,30	-122	57	236	-941	-42	857	7,5
0,35	-114	65	244	-933	-34	865	15,5
0,40	-107	72	251	-926	-27	872	22,5
0,45	-103	76	255	-922	-23	876	26,5

Caso 4.4: RSIS (14 ensaios)

w/t	L.I.	X_1^*	L.S.	L.I.	X_2^*	L.S.	$\bar{X}^*$
0,25	-13	79	171	-478	-20	438	29,5
0,30	-4	88	180	-469	-11	447	38,5
0,35	3	95	187	-462	-4	454	45,5
0,40	10	102	194	-455	3	461	52,5
0,45	15	107	199	-449	9	467	58,0

Caso 5.1: Ano agrícola 1973/74 (14 ensaios)

w/t	L.I.	X_1^*	L.S.	L.I.	X_2^*	L.S.	$\bar{X}^*$
0,25	-17	80	177	-296	5	306	42,5
0,30	-8	89	186	-287	14	315	51,5
0,35	0	97	194	-280	21	322	59,0
0,40	6	103	200	-273	28	329	65,5
0,45	12	109	206	-267	34	335	71,5

Tabela 20 - Estimativa da dose econômica de nitrogênio (N), respectivos intervalos de confiança e estimativa da produção, nas diversas relações de preços (w/t), referentes ao modelo quadrático.

Relações de preços (w/t)	Dose econômica (kg/ha)	Produção ótima (kg/ha)	Intervalos de confiança para a dose econômica, ao nível de 5% de probabilidade	
			Através da variância assintótica	Através do teorema de Fieller
Caso 1: Todo o Estado (58 ensaios)				
0,08	27	4.404	{ 4; 50}	$\mu_N \notin$ {45;434}
0,10	36	4.500	{19 52}	$\mu_N \notin$ {51;237}
0,12	42	4.553	{28; 56}	(-∞; ∞)
0,14	46	4.585	{32; 59}	(-∞; ∞)
0,16	49	4.605	{35; 63}	(-∞; ∞)
∞	70	4.672	{40;100}	$\mu_N \notin$ {-516; 54}
Caso 2.1: Interior Norte (24 ensaios)				
0,08	32	4.469	{ 9; 56}	$\mu_N \notin$ {51; 76}
0,10	39	4.541	{20; 57}	(-∞; ∞)
0,12	43	4.581	{26; 60}	(-∞; ∞)
0,14	46	4.604	{29; 63}	(-∞; ∞)
0,16	48	4.620	{31; 66}	(-∞; ∞)
∞	64	4.669	{33; 95}	$\mu_N \notin$ {-14; 47}
Caso 2.2: Interior Sul (34 ensaios)				
0,08	21	4.332	{-26; 69}	$\mu_N \notin$ {44; 70}
0,10	32	4.459	{ 1; 64}	(-∞; ∞)
0,12	40	4.528	{15; 64}	(-∞; ∞)
0,14	45	4.567	{22; 68}	(-∞; ∞)
0,16	49	4.596	{25; 73}	(-∞; ∞)
∞	77	4.684	{15;139}	$\mu_N \notin$ { 7; 52}
Caso 3.1: Topografia plana (30 ensaios)				
0,08	19	4.779	{-37; 74}	$\mu_N \notin$ {43; 68}
0,10	28	4.889	{-11; 68}	(-∞; ∞)
0,12	35	4.949	{ 4; 66}	(-∞; ∞)
0,14	40	4.985	{13; 66}	(-∞; ∞)
0,16	43	5.009	{18; 68}	(-∞; ∞)
∞	68	5.085	{19;117}	$\mu_N \notin$ {29; 43}

Relações de preços (w/t)	Dose econômica (kg/ha)	Produção ótima (kg/ha)	Intervalos de confiança para a dose econômica, ao nível de 5% de probabilidade	
			Através da variância assintótica	Através do teorema de Fieller
Caso 3.2: Topografia ondulada (28 ensaios)				
0,08	35	3.994	{15; 54}	$\mu_N \notin$ {51; 99}
0,10	42	4.079	{27; 58}	(-∞; ∞)
0,12	47	4.125	{32; 62}	(-∞; ∞)
0,14	51	4.153	{44; 57}	(-∞; ∞)
0,16	54	4.174	{36; 72}	$\mu_N \notin$ { 7; 33}
∞	72	4.231	{36;108}	$\mu_N \notin$ {-124; 54}
Caso 4.1: RNIN (15 ensaios)				
0,08	48	4.512	{21; 75}	(-∞; ∞)
0,10	57	4.610	{21; 93}	(-∞; ∞)
0,12	63	4.664	{18;107}	(-∞; ∞)
0,14	67	4.696	{15;119}	(-∞; ∞)
0,16	70	4.717	{13;127}	$\mu_N \notin$ {30; 44}
∞	92	4.786	{-8;192}	$\mu_N \notin$ { 3; 57}
Caso 4.2: RSIN (13 ensaios)				
0,08	-9	(a)	{-143;126}	$\mu_N \notin$ {33; 79}
0,10	-1	(a)	{-115;114}	$\mu_N \notin$ {37; 72}
0,12	5	5.155	{ -97;107}	$\mu_N \notin$ {39; 67}
0,14	9	5.186	{ -83; 98}	$\mu_N \notin$ {42; 63}
0,16	12	5.206	{ -73; 98}	$\mu_N \notin$ {44; 60}
∞	33	5.272	{ -10; 76}	(-∞; ∞)
Caso 4.3: RNIS (16 ensaios)				
0,08	54	4.808	{30; 78}	(-∞; ∞)
0,10	60	4.874	{30; 91}	(-∞; ∞)
0,12	64	4.910	{29; 99}	$\mu_N \notin$ {18; 44}
0,14	67	4.932	{28;106}	$\mu_N \notin$ {11; 47}
0,16	69	4.946	{27;111}	$\mu_N \notin$ { 7; 48}
∞	84	4.992	{20;148}	$\mu_N \notin$ {-23; 57}

Relações de preços (w/t)	Dose econômica (kg/ha)	Produção ótima (kg/ha)	Intervalos de confiança para a dose econômica, ao nível de 5% de probabilidade	
			Através da variância assintótica	Através do teorema de Fieller
Caso 4.4: RSIS (14 ensaios)				
0,08	-38	(a)	{-260;184}	$\mu_N \notin$ {25; 92}
0,10	-20	(a)	{-196;156}	$\mu_N \notin$ {31; 81}
0,12	-9	(a)	{-155;138}	$\mu_N \notin$ {35; 73}
0,14	0	3.512	{-125;125}	$\mu_N \notin$ {38; 67}
0,16	6	3.823	{-103;115}	$\mu_N \notin$ {42; 61}
∞	50	3.960	{13; 87}	(-∞; ∞)
Caso 5.1: Ano agrícola 1973/74 (14 ensaios)				
0,08	32	6.255	{12; 52}	(-∞; ∞)
0,10	38	6.314	{15; 61}	(-∞; ∞)
0,12	41	6.346	{20; 62}	(-∞; ∞)
0,14	44	6.366	{23; 64}	(-∞; ∞)
0,16	46	6.378	{25; 65}	(-∞; ∞)
∞	59	6.419	{30; 88}	(-∞; ∞)
Caso 5.2: Ano agrícola 1974/75 (23 ensaios)				
0,08	26	4.521	{-21; 74}	(-∞; ∞)
0,10	36	4.631	{ 4; 69}	(-∞; ∞)
0,12	43	4.691	{15; 70}	(-∞; ∞)
0,14	48	4.728	{20; 75}	(-∞; ∞)
0,16	51	4.751	{21; 81}	(-∞; ∞)
∞	76	4.828	{ 6;146}	$\mu_N \notin$ {24; 48}
Caso 5.3: Ano agrícola 1975/76 (21 ensaios)				
0,08	21	2.999	{-36; 78}	$\mu_N \notin$ {50; 55}
0,10	33	3.133	{-4; 70}	(-∞; ∞)
0,12	41	3.207	{13; 69}	(-∞; ∞)
0,14	47	3.252	{19; 74}	(-∞; ∞)
0,16	51	3.280	{21; 81}	(-∞; ∞)
∞	81	3.374	{ 0;162}	$\mu_N \notin$ {17; 51}

(a) = sem significado agronômico.

Tabela 21 - Estimativa da dose econômica de fósforo (P_2O_5), respectivos intervalos de confiança e estimativa da produção, nas diversas relações de preços (w/t), referentes ao modelo quadrático.

Relações de preços (w/t)	Dose econômica (kg/ha)	Produção ótima (kg/ha)	Intervalos de confiança para a dose econômica, ao nível de 5% de probabilidade	
			Através da variância assintótica	Através do teorema de Fieller
Caso 1: Todo o Estado (58 ensaios)				
0,10	40	4.534	{30; 50}	{20; 50}
0,12	45	4.578	{36; 54}	{31; 58}
0,14	48	4.604	{39; 58}	{38; 66}
0,16	51	4.621	{41; 61}	{41; 73}
0,18	53	4.633	{42; 64}	{43; 78}
∞	69	4.677	{49; 84}	{56;130}
Caso 2.1: Interior Norte (24 ensaios)				
0,10	49	4.643	{36; 63}	{28;1772}
0,12	53	4.676	{38; 68}	{38;3196}
0,14	56	4.696	{39; 72}	{42;4414}
0,16	57	4.709	{40; 76}	{44;4984}
0,18	59	4.718	{40; 78}	{46;5580}
∞	71	4.751	{41;101}	{55;10354}
Caso 2.2: Interior Sul (34 ensaios)				
0,10	29	4.441	{ 8; 50}	$\mu_P \notin$ {42;731}
0,12	35	4.497	{18; 52}	$\mu_P \notin$ {49;463}
0,14	39	4.532	{25; 54}	$\mu_P \notin$ {59;267}
0,16	43	4.554	{29; 56}	(-∞; ∞)
0,18	45	4.567	{32; 59}	(-∞; ∞)
∞	66	4.626	{40; 92}	$\mu_P \notin$ {-847; 51}
Caso 3.1: Topografia plana (30 ensaios)				
0,10	35	4.936	{18; 51}	{-259; 47}
0,12	39	4.976	{25; 53}	{-140; 54}
0,14	42	5.000	{29; 55}	{-60; 65}
0,16	44	5.016	{32; 57}	{-11; 85}
0,18	46	5.027	{34; 59}	{13;114}
∞	61	5.068	{41; 81}	{48;501}

Relações de preços (w/t)	Dose econômica (kg/ha)	Produção ótima (kg/ha)	Intervalos de confiança para a dose econômica, ao nível de 5% de probabilidade	
			Através da variância assintótica	Através do teorema de Fieller
Caso 3.2: Topografia ondulada (28 ensaios)				
0,10	47	4.441	{33; 61}	(-∞; ∞)
0,12	52	4.497	{36; 69}	$\mu_P \notin$ {-21; 33}
0,14	56	4.532	{37; 75}	$\mu_P \notin$ {-69; 41}
0,16	59	4.554	{38; 79}	$\mu_P \notin$ {-102; 45}
0,18	61	4.569	{39; 83}	$\mu_P \notin$ {-127; 47}
∞	78	4.626	{38;118}	$\mu_P \notin$ {-323; 58}
Caso 4.1: RNIN (15 ensaios)				
0,10	81	4.892	{-157;318}	(-∞; ∞)
0,12	97	5.046	{-239;434}	(-∞; ∞)
0,14	109	5.138	{-303;519}	(-∞; ∞)
0,16	118	5.199	{-346;583}	(-∞; ∞)
0,18	125	5.239	{-382;633}	$\mu_P \notin$ {41; 45}
∞	181	5.395	{-686;1048}	$\mu_P \notin$ {23; 60}
Caso 4.2: RSIN (13 ensaios)				
0,10	39	5.202	{24; 54}	$\mu_P \notin$ {47;237}
0,12	41	5.226	{27; 55}	$\mu_P \notin$ {77;130}
0,14	43	5.241	{30; 57}	(-∞; ∞)
0,16	45	5.250	{31; 58}	(-∞; ∞)
0,18	46	5.257	{32; 62}	(-∞; ∞)
∞	55	5.281	{38; 72}	$\mu_P \notin$ {-267; 40}
Caso 4.3: RNIS (16 ensaios)				
0,10	39	4.625	{22; 56}	(-∞; ∞)
0,12	44	4.645	{29; 60}	(-∞; ∞)
0,14	48	4.697	{32; 64}	(-∞; ∞)
0,16	51	4.715	{34; 67}	(-∞; ∞)
0,18	53	4.727	{35; 70}	(-∞; ∞)
∞	69	4.773	{36;102}	$\mu_P \notin$ {-76; 52}

Relações de preços (w/t)	Dose econômica (kg/ha)	Produção ótima (kg/ha)	Intervalos de confiança para a dose econômica, ao nível de 5% de probabilidade	
			Através da variância assintótica	Através do teorema de Fieller
Caso 4.4: RSIS (14 ensaios)				
0,10	32	3.860	{13; 50}	$\mu_P \notin$ {45;10156}
0,12	36	3.900	{21; 52}	$\mu_P \notin$ {50; 6773}
0,14	39	3.924	{25; 54}	$\mu_P \notin$ {57; 4468}
0,16	42	3.940	{28; 55}	$\mu_P \notin$ {70; 2534}
0,18	44	3.950	{31; 57}	$\mu_P \notin$ {106; 1093}
∞	58	3.991	{39; 77}	$\mu_P \notin$ {-10093; 45}
Caso 5.1: Ano agrícola 1973/74 (14 ensaios)				
0,10	42	6.349	{30; 50}	{29; 51}
0,12	44	6.368	{36; 52}	{33; 54}
0,14	46	6.379	{37; 54}	{36; 56}
0,16	47	6.387	{39; 55}	{37; 58}
0,18	48	6.392	{39; 56}	{39; 60}
∞	55	6.412	{45; 65}	{46; 75}
Caso 5.2: Ano agrícola 1974/75 (23 ensaios)				
0,10	34	4.612	{ 1; 66}	(-∞; ∞)
0,12	41	4.681	{16; 67}	(-∞; ∞)
0,14	47	4.723	{22; 72}	(-∞; ∞)
0,16	51	4.750	{24; 78}	(-∞; ∞)
0,18	54	4.768	{24; 84}	(-∞; ∞)
∞	79	4.838	{ 8;150}	$\mu_P \notin$ {12; 52}
Caso 5.3: Ano agrícola 1975/76 (21 ensaios)				
0,10	42	3.214	{14; 71}	(-∞; ∞)
0,12	51	3.292	{21; 81}	(-∞; ∞)
0,14	57	3.339	{19; 95}	(-∞; ∞)
0,16	62	3.369	{17;106}	(-∞; ∞)
0,18	65	3.390	{14;116}	(-∞; ∞)
∞	94	3.469	{-15;203}	$\mu_P \notin$ { 6; 57}

Tabela 22 - Estimativa da dose econômica de potássio (K_2O), respectivos intervalos de confiança e estimativa da produção, nas diversas relações de preços (w/t), referentes ao modelo quadrático.

Relações de preços (w/t)	Dose econômica (kg/ha)	Produção ótima (kg/ha)	Intervalos de confiança para a dose econômica, ao nível de 5% de probabilidade	
			Através da variância assintótica	Através do teorema de Fieller
Caso 1: Todo o Estado (58 ensaios)				
0,25	19	4.572	{ 9; 30}	{-20; 27}
0,30	20	4.576	{10; 30}	{-16; 27}
0,35	21	4.578	{11; 31}	{-12; 28}
0,40	22	4.580	{12; 31}	{-10; 28}
0,45	22	4.581	{13; 31}	{ -8; 29}
∞	26	4.585	{18; 34}	{ 6; 33}
Caso 2.1: Interior Norte (24 ensaios)				
0,25	22	4.592	{15; 30}	{ 8; 28}
0,30	23	4.595	{16; 30}	{ 9; 29}
0,35	24	4.596	{17; 30}	{10; 29}
0,40	24	4.597	{18; 31}	{11; 29}
0,45	24	4.598	{18; 31}	{12; 30}
∞	27	4.601	{21; 33}	{17; 32}
Caso 2.2: Interior Sul (34 ensaios)				
0,25	14	4.555	{-18; 46}	$\mu_K \notin$ {30; 45}
0,30	16	4.561	{-14; 45}	$\mu_K \notin$ {31; 42}
0,35	17	4.565	{-11; 45}	$\mu_K \notin$ {34; 39}
0,40	18	4.567	{ -9; 44}	(-∞; ∞)
0,45	19	4.569	{ -7; 44}	(-∞; ∞)
∞	24	4.575	{ 5; 43}	(-∞; ∞)
Caso 3.1: Topografia plana (30 ensaios)				
0,25	22	5.013	{12; 33}	{-48; 30}
0,30	23	5.016	{13; 33}	{-40; 31}
0,35	24	5.018	{14; 33}	{-35; 32}
0,40	24	5.019	{15; 34}	{-30; 32}
0,45	24	5.020	{15; 34}	{-28; 33}
∞	27	5.023	{ 5; 49}	{ -4; 38}

Relações de preços (w/t)	Dose econômica (kg/ha)	Produção ótima (kg/ha)	Intervalos de confiança para a dose econômica, ao nível de 5% de probabilidade	
			Através da variância assintótica	Através do teorema de Fieller
Caso 3.2: Topografia ondulada (28 ensaios)				
0,25	14	4.101	{-13; 41}	$\mu_K \notin$ {28; 57}
0,30	15	4.106	{-10; 41}	$\mu_K \notin$ {29; 54}
0,35	16	4.110	{ -8; 41}	$\mu_K \notin$ {30; 52}
0,40	17	4.112	{ -6; 40}	$\mu_K \notin$ {31; 50}
0,45	18	4.113	{ -4; 40}	$\mu_K \notin$ {31; 48}
∞	23	4.118	{ 6; 40}	(-∞; ∞)
Caso 4.1: RNIN (15 ensaios)				
0,25	17	4.462	{-8; 41}	$\mu_K \notin$ {30; 50}
0,30	18	4.467	{-5; 41}	$\mu_K \notin$ {31; 46}
0,35	19	4.470	{-3; 41}	$\mu_K \notin$ {33; 43}
0,40	20	4.472	{-1; 40}	$\mu_K \notin$ {35; 40}
0,45	20	4.473	{0; 40}	(-∞; ∞)
∞	25	4.478	{9; 41}	(-∞; ∞)
Caso 4.2: RSIN (13 ensaios)				
0,25	8	5.334	{-41; 57}	$\mu_K \notin$ {27; 47}
0,30	9	5.339	{-38; 56}	$\mu_K \notin$ {28; 45}
0,35	9	5.341	{-36; 55}	$\mu_K \notin$ {28; 45}
0,40	10	5.342	{-35; 55}	$\mu_K \notin$ {28; 44}
0,45	10	5.343	{-34; 55}	$\mu_K \notin$ {29; 43}
∞	14	5.347	{-25; 53}	$\mu_K \notin$ {32; 38}
Caso 4.3: RNIS (16 ensaios)				
0,25	23	4.660	{2; 44}	(-∞; ∞)
0,30	25	4.665	{5; 44}	(-∞; ∞)
0,35	26	4.668	{7; 44}	(-∞; ∞)
0,40	26	4.670	{8; 45}	(-∞; ∞)
0,45	27	4.671	{9; 45}	(-∞; ∞)
∞	32	4.677	{15; 49}	(-∞; ∞)

Relações de preços (w/t)	Dose econômica (kg/ha)	Produção ótima (kg/ha)	Intervalos de confiança para a dose econômica, ao nível de 5% de probabilidade	
			Através da variância assintótica	Através do teorema de Fieller
Caso 4.4: RSIS (14 ensaios)				
0,25	27	3.950	{18; 36}	{-2046; 41}
0,30	28	3.953	{19; 37}	{-1510; 46}
0,35	28	3.955	{20; 37}	{-1131; 52}
0,40	29	3.956	{20; 37}	{-849; 59}
0,45	29	3.956	{20; 38}	{-633; 69}
∞	32	3.959	{19; 45}	{17; 32}
Caso 5.1: Ano agrícola 1973/74 (14 ensaios)				
0,25	28	6.369	{18; 38}	(-∞; ∞)
0,30	29	6.372	{19; 39}	(-∞; ∞)
0,35	29	6.374	{20; 39}	(-∞; ∞)
0,40	30	6.375	{20; 40}	(-∞; ∞)
0,45	32	6.378	{20; 41}	(-∞; ∞)
∞	33	6.379	{23; 43}	(-∞; ∞)
Caso 5.2: Ano agrícola 1974/75 (23 ensaios)				
0,25	12	4.721	{-25; 49}	$\mu_K \notin$ {28; 46}
0,30	13	4.725	{-21; 48}	$\mu_K \notin$ {30; 44}
0,35	14	4.728	{-19; 48}	$\mu_K \notin$ {30; 42}
0,40	15	4.730	{-17; 47}	$\mu_K \notin$ {31; 41}
0,45	16	4.731	{-16; 47}	$\mu_K \notin$ {32; 40}
∞	20	4.736	{-5; 45}	(-∞; ∞)
Caso 5.3: Ano agrícola 1975/76 (21 ensaios)				
0,25	18	3.235	{3; 33}	$\mu_K \notin$ {27;2591}
0,30	19	3.239	{5; 33}	$\mu_K \notin$ {28;2357}
0,35	20	3.241	{6; 33}	$\mu_K \notin$ {29;2166}
0,40	20	3.243	{7; 33}	$\mu_K \notin$ {29;2065}
0,45	21	3.244	{8; 33}	$\mu_K \notin$ {30;1967}
∞	25	3.248	{15; 35}	$\mu_K \notin$ {34;1186}

Tabela 23 - Médias mensais de precipitação aquosa (em mm), referentes ao interior do Estado do Espírito Santo.

Caso	Região	Ano	Meses					
			set	out	nov	dez	jan	fev
2.1	Int.Norte (10 locais)	73/74	13	183	114	139	174	93
		74/75	19	118	117	163	217	82
		75/76	35	190	201	107	19	106
2.2	Int.Sul (15 locais)	73/74	47	248	134	201	224	119
		74/75	42	199	116	225	264	155
		75/76	86	212	236	102	72	94
4.1	RNIN (5 locais)	73/74	14	154	95	120	170	94
		74/75	26	116	102	125	198	77
		75/76	40	167	214	98	17	114
4.2	RSIN (5 locais)	73/74	12	212	134	159	178	92
		74/75	11	119	133	202	236	86
		75/76	30	212	188	116	20	97
4.3	RNIS (10 locais)	73/74	57	244	137	194	229	112
		74/75	55	197	134	213	268	162
		75/76	105	233	200	109	43	103
4.4	RSIS (5 locais)	73/74	28	255	128	214	214	131
		74/75	15	203	80	248	255	142
		75/76	47	170	308	90	59	77
5.1	ESTADO	73/74	33	222	126	176	204	108
5.2	ESTADO	74/75	33	166	116	200	245	126
5.3	ESTADO	75/76	66	203	222	104	36	99

Tabela 24 - Estimativas da média ($\hat{m}$), do desvio padrão (s) e do coeficiente de variação (C.V.), referente à análise química dos ensaios.

Estatísticas	pH	$Ca^{++} + Mg^{++}$ (meq/100 g de terra)	P (ppm)	K (ppm)	Al^{+++}
Caso 1: Todo o Estado (42 ensaios)					
$\hat{m}$	5,8	6,0	8,3	107	-
s	0,62	2,5	5,4	42	-
C.V.	10,7%	44%	65%	39%	-
Caso 2.1: Interior Norte (19 ensaios)					
$\hat{m}$	5,8	6,7	9,9	132	-
s	0,55	2,7	5,6	27	-
C.V.	9,5%	40%	57%	20%	-
Caso 2.2: Interior Sul (23 ensaios)					
$\hat{m}$	5,7	5,4	6,9	86	-
s	0,67	2,3	6,3	41	-
C.V.	11,8%	43%	91%	48%	-
Caso 3.1: Topografia plana (23 ensaios)					
$\hat{m}$	5,8	6,5	8,5	111	-
s	0,57	2,7	6,7	44	-
C.V.	21,6%	42%	79%	40%	-
Caso 3.2: Topografia ondulada (19 ensaios)					
$\hat{m}$	5,8	5,4	8,0	102	-
s	0,67	2,2	4,9	40	-
C.V.	11,5%	41%	61%	32%	-
Caso 4.1: RNIN (11 ensaios)					
$\hat{m}$	5,8	5,3	8,3	118	-
s	0,57	1,3	5,9	29	-
C.V.	9,8%	25%	71%	25%	-
Caso 4.2: RSIN (12 ensaios)					
$\hat{m}$	6,1	8,0	10,7	144	-
s	0,46	3,2	6,4	14	-
C.V.	7,5%	40%	60%	10%	-

Estatísticas	pH	$Ca^{++} + Mg^{++}$ (meq/100 g de terra)	P (ppm)	K (ppm)	Al^{+++}
Caso 4.3: RNIS (11 ensaios)					
$\hat{m}$	5,7	5,8	4,4	85	-
s	0,74	2,1	1,8	46	-
C.V.	13,0%	36%	41%	54%	-
Caso 4.4: RSIS (8 ensaios)					
$\hat{m}$	5,5	4,3	9,3	65	-
s	0,61	1,3	8,4	17	-
C.V.	11,1%	30%	90%	26%	-
Caso 5.1: Ano agrícola 1973/74 (10 ensaios)					
$\hat{m}$	6,4	8,3	9,1	134	-
s	0,57	2,6	6,2	24	-
C.V.	8,9%	31%	68%	18%	-
Caso 5.2: Ano agrícola 1974/75 (16 ensaios)					
$\hat{m}$	5,5	5,0	5,7	106	-
s	0,55	1,5	4,2	42	-
C.V.	10,0%	30%	74%	40%	-
Caso 5.3: Ano agrícola 1975/76 (16 ensaios)					
$\hat{m}$	5,7	6,0	10,3	107	-
s	0,48	2,5	7,0	42	-
C.V.	8,4%	44%	68%	39%	-

Tabela 25 - Distribuição dos ensaios para cada caso.

Caso	Nº dos ensaios
1	De números 1 a 58.
2.1	8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 21, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 57, 58; (24 ensaios).
2.2	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56; (34 ensaios).
3.1	1, 2, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 15, 16, 18, 19, 21, 23, 29, 30, 32, 33, 35, 37, 38, 40, 41, 46, 48, 50, 51, 54, 58; (30 ensaios).
3.2	3, 5, 12, 13, 14, 17, 20, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 31, 34, 36, 39, 42, 43, 44, 45, 47, 49, 52, 53, 55, 56, 57; (28 ensaios).
4.1	11, 12, 13, 14, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 42, 43, 44, 45, 46; (15 ensaios).
4.2	6, 7, 8, 9, 10, 21, 22, 23, 30, 40, 41, 57, 58; (13 ensaios).
4.3	3, 4, 5, 17, 18, 19, 20, 31, 32, 35, 39, 47, 50, 51, 53, 54; (16 ensaios).
4.4	1, 2, 15, 16, 33, 34, 36, 37, 38, 48, 49, 52, 55, 56; (14 ensaios).
5.1	De números 1 a 14 (14 ensaios).
5.2	De números 15 a 37 (23 ensaios).
5.3	De números 38 a 58 (21 ensaios).