

FUNÇÕES DE PRODUÇÃO AJUSTADAS A ENSAIOS FATORAIS 3³ DE ADUBAÇÃO DE ARROZ

RENATO ALVES DA COSTA

Pesquisador da EMBRAPA

Orientador: Humberto de Campos

Dissertação apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universi-
dade 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

Novembro, 1977

A VALDELÚCIA, minha esposa,

A RAFAEL, meu filho,

D E D I C O

AGRADECIMENTOS

Externamos aqui os nossos sinceros agradecimentos ao Professor Dr. HUMBERTO DE CAMPOS pela segura, firme e decidida colaboração na execução do presente trabalho.

À EMBRAPA pela oportunidade que nos ofereceu de realizar o curso.

À ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DE ANÁPOLIS (EMBRAPA) pelo fornecimento dos dados.

Ao colega LÚCIO JOSÉ VIVALDI pelas análises realizadas no computador da EMBRAPA, através do seu Departamento de Métodos Quantitativos.

Ao CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO, pelo fornecimento da Bolsa de Estudos.

À ESALQ, através do seu Departamento de Matemática e Estatística, que me permitiu concluir este curso.

À minha ESPOSA pelo incentivo e colaboração.

A todos que direta ou indiretamente colaboraram para o bom andamento dessa pesquisa.

Í N D I C E

| | Pág. |
|--|------|
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA | 4 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS | 16 |
| 3.1 - Material | 16 |
| 3.2 - Métodos | 19 |
| 3.2.1 - Variâncias, covariâncias e intervalos de con- fiança das estimativas dos parâmetros | 23 |
| 3.2.2 - Variâncias e intervalos de confiança das esti- mativas dos rendimentos | 24 |
| 3.2.3 - Níveis ótimos dos fatores X_1 , X_2 e X_3 das su- perfícies de resposta | 28 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 38 |
| 4.1 - Análises de Variância, Coeficientes de Determinação e de Variação | 38 |
| 4.2 - Estimativas dos Parâmetros e Seus Intervalos de Confi- ança | 40 |
| 4.3 - Níveis Ótimos de N, P e K | 40 |
| 4.4 - Diversificação e Detalhes do Grupo 5 | 42 |
| 4.4.1 - Estimativas e intervalos de confiança dos ren- dimentos | 42 |
| 4.4.2 - A dose de nutriente economicamente aconselhá- vel | 43 |

| | |
|---|----|
| 4.4.3 - Cortes na superfície de resposta referente ao grupo 5 | 46 |
| 5. CONCLUSÕES | 50 |
| 6. RESUMO | 52 |
| 7. SUMMARY | 56 |
| 8. BIBLIOGRAFIA | 60 |
| 9. APÊNDICE | 63 |

1. INTRODUÇÃO

Ao se fazer um estudo de função de produção, baseia-se na hipótese que existe uma relação funcional entre a quantidade de fatores de produção utilizados e o rendimento obtido.

Pode-se representar a função de produção pelo modelo:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$$

onde Y é a produção e X_1, X_2, \dots, X_n os fatores de produção expressos pelas suas respectivas medidas.

Estima-se a relação funcional entre a quantidade dos fatores empregados e a produção obtida, através de dados experimentais ou levantamento de dados.

Através do ajustamento de funções de produção aos dados experimentais é possível determinar os níveis de fatores que conduzem a uma resposta ótima, ou seja, aquela que nos fornece o mais alto retorno por cruzeiro empregado. Para tanto, serão ajustados aos dados, modelos de regressão polinomial.

HEADY e DILLON (1964) sugerem os modelos que se seguem:

Modelo

$$Y_i = a_0 + a_{14}X_1 + a_{24}X_2 + a_{34}X_3 + a_{11}X_1^2 + a_{22}X_2^2 + a_{33}X_3^2 + a_{12}X_1X_2 + a_{13}X_1X_3 + a_{23}X_2X_3 + e_i .$$

Modelo II

$$Y_i = a_0 + a_{11}X_1^{1/2} + a_{22}X_2^{1/2} + a_{33}X_3^{1/2} + a_{14}X_1 + a_{24}X_2 + a_{34}X_3 + a_{12}X_1^{1/2}X_2^{1/2} + a_{13}X_1^{1/2}X_3^{1/2} + a_{23}X_2^{1/2}X_3^{1/2} + e_i .$$

Modelo III

$$Y_i = a_0 + a_{14}X_1 + a_{24}X_2 + a_{34}X_3 + a_{11}X_1^{3/2} + a_{22}X_2^{3/2} + a_{33}X_3^{3/2} + a_{12}X_1X_2 + a_{13}X_1X_3 + a_{23}X_2X_3 + e_i .$$

Objetiva tal trabalho a aplicação desses modelos a dados experimentais de ensaios fatoriais de adubação, com a finalidade de obter:

- a) O ajustamento dos respectivos modelos aos dados experimentais, através da estimativa dos parâmetros e determinação de sua variância e intervalo de confiança;
- b) A comparação dos 3 modelos entre si, procurando verificar qual o que melhor se ajusta aos dados;
- c) As doses econômicas de nutrientes, obtidas pelos três modelos em estudo;

- d) Os cortes das superfícies, procurando verificar o comportamento de cada nutriente, quando se fixam os demais nas doses padrão;
- e) As estimativas e intervalos de confiança, ao nível de aproximadamente 95% de probabilidade das produções.

A elaboração do presente trabalho pode ser justificada através de:

- 1) A pouca informação a este respeito, com grupos homogêneos de ensaios de adubação, nas nossas condições ambientais;
- 2) A qualidade excelente do material disponível;
- 3) A confirmação para a cultura do arroz na região do Estado de Goiás, das conclusões obtidas para o Modelo I, por CAMPOS (1967), e para os Modelos II e III por VIEIRA (1970), na cultura do milho;
- 4) A grande versatilidade dos modelos a serem estudados, permitindo além da análise dos rendimentos físicos, a determinação dos níveis ótimos dos nutrientes, fator de grande importância frente às pesquisas agrícolas que se desenvolvem em todo o país.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

CAMPOS (1967) apresenta um estudo sobre regressão polinomial ajustada aos ensaios fatoriais 3^3 de adubação NPK em milho, trabalhando com um grupo de 50 ensaios, todos eles instalados na região de Ribeirão Preto, Estado de São Paulo. O modelo ajustado foi:

$$Y_i = a_0 + a_{11}N^2 + a_{22}P^2 + a_{33}K^2 + a_{12}NP + a_{13}NK + a_{23}PK + a_{14}N + a_{24}P + a_{34}K + e_i.$$

O autor apresenta, sob o ponto de vista teórico, a determinação das estimativas dos parâmetros da equação e seus respectivos intervalos de confiança, os níveis ótimos de N, P e K, as estimativas e os intervalos de confiança das produções.

O autor mostra, também, os cortes da superfície quando dois dos nutrientes são fixados nas suas doses padrão. Ao comparar o delineamento rotativo de Box ($\alpha = \sqrt{3}$), com o fatorial 3^3 , para um valor fixado de σ^2 procedeu à equiparação dos níveis de nutriente, através da redução à mesma escala, introduzindo um fator de

correção para a variância das estimativas dos parâmetros provenientes do delineamento de Box. Nestas condições o fatorial 3^3 apresentou menores variâncias, conforme se pode depreender dos resultados seguintes:

| Parâmetros | Delineamento | |
|------------|-------------------|-------------------|
| | Box | Fatorial |
| ii | 0,7804 σ^2 | 0,1667 σ^2 |
| ij | 0,6250 σ^2 | 0,0833 σ^2 |
| i4 | 0,1190 σ^2 | 0,0555 σ^2 |

As principais conclusões do autor são as seguintes:

a) Os parâmetros da equação da superfície de resposta apresentam intervalos de confiança muito amplos, traduzindo consequentemente uma imprecisão nas estimativas dos rendimentos, não sendo desprezível, inclusive, a possibilidade de obtenção de produções negativas.

b) Apesar da pouca precisão dos parâmetros, suas variâncias são menores do que as encontradas para o "delineamento rotativo" de Box (com $\alpha = \sqrt{3}$) quando se reduzem os níveis dos fatores dos dois delineamentos em questão, à mesma escala.

c) Nos ensaios individuais estudados, apenas sete deles deram de fato uma dose economicamente aconselhável de nutrientes, surgindo mesmo um caso em que a função de receita líquida possui um mínimo. Na maioria dos casos a função apresentou "ponto de sela".

d) Há maior tendência de aparecimento de ponto de máximo para

a função de receita líquida, à medida que se agrupam os ensaios.

e) Não há concordância dos resultados obtidos para as doses economicamente aconselháveis nos diversos casos estudados, o que não permite fazer recomendações de fórmulas de adubação.

f) Os resultados obtidos com os cortes da superfície, fixando-se 2 dos nutrientes em suas doses padrão, são plenamente concordantes com os encontrados no estudo do modelo completo. Esses cortes ilustram bem o comportamento da superfície, sob o ponto de vista da dose econômica.

g) Recomenda-se apenas para grupos de ensaios e de boa precisão a aplicação da regressão polinomial aos ensaios fatoriais 3^3 de adubação.

PIMENTEL GOMES e CAMPOS (1967) de posse de um número razoável de ensaios de adubação do milho de várias regiões do Brasil, procuram obter conclusões de âmbito geral, através da reunião de ensaios agronômicos e geograficamente afins.

O estudo das doses econômicas de nutrientes foi feito pela equação de Mitscherlich, mas tendo sempre a preocupação de confrontar os resultados obtidos com aqueles provenientes de uma regressão polinomial do 2º grau. Embora a regressão polinomial do 2º grau tenha vantagens no caso de interações de certo vulto, e de aplicação pouco aconselhável na maioria dos casos, em ensaios de adubação porque:

- a) Não permite extrapolação;
- b) Não permite teste de significância adequado no caso de grupos de ensaios;
- c) É de aplicação trabalhosa e mais restrita;
- d) Nos casos em que tem possibilidades de aplicação, conduz a resultados análogos aos de Mitscherlich.

ZAGATTO e PIMENTEL GOMES (1967) explicam as dificuldades mais comuns que podem ocorrer no estudo econômico de ensaios de adubação, a saber:

- a) A equação para receita líquida não tem máximo, mas sim um mínimo ou um ponto de sela.

Aqueles autores fazem referência a um ensaio fatorial 3^3 de adubação NPK em milho, realizado no Triângulo Mineiro onde a equação de produção foi:

$$Y = 4060 - 385,0 X_1^2 - 37,7 X_2^2 + 28,8 X_3^2 - 147,8 X_1 X_2 + 168,2 X_1 X_2 + 65,8 X_2 X_3 + 1736,8 X_1 + 23,0 X_2 + 191,9 X_3.$$

Neste caso ocorreu um ponto de sela, para $X_1 = 365,0$ kg/ha de N, $X_2 = -743,5$ kg/ha de P_2O_5 e $X_3 = 243,1$ kg/ha de K_2O , valores evidentemente absurdos. No entanto a testemunha sem adubo produziu em média apenas 553 kg/ha de milho, em comparação com 6096 kg/ha para as parcelas que receberam adubação completa com as doses duplas dos nutrientes (2-2-2).

b) O ajustamento da superfície de resposta aos dados observados para ensaios individuais é, muitas vezes, pouco satisfatório. No caso mencionado anteriormente, por exemplo, o polinômio ajustado nos dá para a testemunha uma produção esperada de 1801 kg/ha, quando o valor observado foi de 533 kg/ha de milho. Há casos até de produções esperadas negativas.

c) As doses ótimas obtidas, nos casos em que elas ocorrem, oferecem pouca segurança, pois têm erro padrão muito elevado.

PIMENTEL GOMES (1969) apresenta uma análise crítica do estudo da economia de adubação, dando ênfase ao problema da determinação do ponto de máximo da função de receita líquida. O autor lembra, ainda, que mesmo que essa função tenha um máximo, este será válido somente se estiver na região explorada pelo experimento.

FUZATO e outros (1970) fazem um estudo técnico-econômico da adubação do algodoeiro no Estado de São Paulo, no qual utilizam 172 experimentos executados no Estado e conduzidos pelo Instituto Agronômico de Campinas, nos anos agrícolas de 1957/58 a 1959/60.

O método escolhido para o estudo econômico e o de Mitscherlich, utilizando-se a fórmula de PIMENTEL GOMES e ABREU(1963), na qual a dose econômica é dada por:

$$X^* = \frac{1}{2} X_u + \frac{1}{2} \log \frac{W_u}{t X}$$

onde, X_u é a dose de nutriente aplicada, em kg/ha;

u é o aumento de produção observada, em decorrência da dose X_u empregada;
 t é o preço unitário do nutriente;
 W é o preço unitário de venda do produto; e
 c é o coeficiente de eficácia.

Os resultados demonstram que a aplicação da dose recomendável de fertilizantes, mesmo nas situações em que pequenos efeitos são esperados, constitui prática economicamente vantajosa, na cultura algodoeira do Estado de São Paulo. No caso do fósforo a estimativa dos efeitos provocados pela aplicação da dose mais econômica de nutriente prevê retornos pelo capital investido em fertilizantes, que variam de 19% a 317%, conforme a situação apresentada. A adubação potássica, embora tenha provocado menores aumentos na produção, mostra que maiores retornos pode provocar, isto é, de 47% até 96% do gasto em fertilizantes. Para o nitrogênio, embora não tenham sido calculados devido à forma essencialmente linear das respostas, são esperados lucros semelhantes aos apontados para os outros nutrientes.

VIEIRA (1970) ajusta 3 outros modelos aos dados utilizados por CAMPOS (1967) e fez uma comparação das 4 funções ajustadas a estes ensaios. Além do modelo ajustado por CAMPOS, são utilizadas a regressão polinomial modelos II e III, motivos do presente trabalho, e a regressão assintótica de Mitscherlich, cuja expressão é:

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

As principais conclusões obtidas são:

a) Os parâmetros das quatro regressões ajustadas possuem intervalos de confiança bastante amplos. Entretanto, a precisão das estimativas dos rendimentos depende da grandeza relativa das variâncias e covariâncias das estimativas dos parâmetros. Isto explica porque, apesar da grande amplitude dos intervalos de confiança dos parâmetros, obtemos estimativas razoáveis dos rendimentos.

b) As doses econômicas de nutrientes, oriundas das funções de receita líquida, obtidas a partir do ajustamento de qualquer um dos modelos de regressão, apresentam diversificação de tal ordem que não permitem recomendação de uma fórmula de adubação.

c) Dos 3 modelos de regressão polinomial ajustados, 2 revelam-se praticamente iguais nos resultados, que são: o modelo quadrático e o de grau 3/2. Indica-se o uso do modelo quadrático apenas, pois o modelo de grau 3/2 apresenta maior dificuldade nos cálculos, principalmente na solução do sistema de equações, oriundas da função de receita líquida.

d) O estudo pormenorizado deste grupo de ensaios permite concluir que, apesar deles terem recebido as mesmas doses de nutrientes e sido conduzidos por um único experimentador e, conseqüentemente, possuírem uma boa precisão, não conduzem a uma fórmula recomendável de adubação.

e) A aplicação de regressão polinomial aos ensaios fatoriais de adubação se recomenda apenas para grupos de ensaios, cuja análise estatística dos experimentos fatoriais mostre efeitos quadráticos significativos. Isto pode significar o uso de doses elevadas de nutrientes.

f) Para a determinação da dose econômica de nutrientes no caso de 3 níveis, e recomendável o uso da lei de Mitscherlich, porque leva a soluções satisfatórias através de métodos matemáticos simples. Entretanto, se existirem interações significativas de nutrientes ou se houver queda de produção devida a doses altas dos mesmos, recomenda-se a aplicação de regressão polinomial, preferencialmente a de raiz quadrada.

CAMPOS e ARAÚJO (1971) analisando aspectos econômicos da adubação em milho, ajustando a dados experimentais o modelo I e interpretando seus parâmetros, concluem que: embora os intervalos de confiança dos parâmetros sejam relativamente amplos, para os rendimentos culturais há um estreitamento muito acentuado desses intervalos.

Verificam que os valores estimados estão muito próximos dos observados, confirmando assim a boa precisão do método aplicado. Em decorrência da fórmula da estimativa da variância da estimativa dos rendimentos, os intervalos de confiança, sem as interações, são mais estreitos do que os seus correspondentes, incluindo-as. O importante, porém, é que nos dois casos a amplitude do intervalo é sempre inferior a 10% do rendimento estimado.

Ao se analisar os níveis "ótimos" dos fatores em cortes da superfície, constata-se que: quando são desprezadas as interações, as doses econômicas tornam-se independentes ao nível do nutriente fixado e com o surgimento de doses negativas, recomenda-se não adubar.

Nota-se ainda que as doses econômicas de nitrogênio e potássio mostram-se menos sensíveis às variações de preços do que as de fósforo, que são extremamente sensíveis. Assim sendo, uma possível implicação política é que, considerando a alternativa de subsidiar os preços de nutrientes básicos, atenção especial poderia ser dada ao P_2O_5 , principalmente se uma grande percentagem da variação na taxa de retorno do capital importado em adubação, for explicada por variações no preço deste nutriente.

Observa-se, também, que as doses econômicas obtidas nos cortes, foram bastante próximas das encontradas na superfície.

NAGAI e outros (1975) utilizam a função quadrática:

$$\hat{Y} = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_{11} X_1^2 + b_{22} X_2^2 + b_{12} X_1 X_2$$

no estudo econômico de resultados de experimentos de adubação com nitrogênio e potássio na cultura do algodoeiro.

As superfícies de resposta, as isoquantas, as taxas marginais de substituição de N por K_2O e as isoclinas são estimadas para um grupo de 8 experimentos localizados em solos considerados de alta resposta ao potássio. Posteriormente, essas mesmas estimativas

e a máxima eficiência econômica são determinadas, em separado, para as localidades de Campinas e Conchal (no Estado de São Paulo), a primeira constituída de experimentos realizados no período 70-73 e a segunda no período 71-73.

São determinadas as combinações dos fatores que minimizam os custos de produções específicas e os que maximizam a produção considerando diversas relações de preços de insumos e produto.

As maiores respostas para os elementos são obtidas nos experimentos de Campinas, onde o modelo quadrático explica 98% de variação de produção e as mais baixas em Conchal, onde o coeficiente de determinação é de 72%.

Os desvios da regressão não são significativos e em ambos os locais são encontrados pontos de máximo.

Em Campinas, observa-se tendências de maiores rendimentos nas combinações de níveis mais elevados dos elementos. Os retornos marginais com diferentes doses de potássio no nível mais elevado de N são positivos, ocorrendo o mesmo em relação ao nitrogênio nas doses 100 e 150 kg/ha de potássio. As combinações de doses de N e K estimadas para a receita líquida máxima, estão um pouco acima das utilizadas nos experimentos para esse local.

Em Conchal, para os preços de insumos e produtos vigentes em 1975, as combinações de 39 kg/ha de N e 88 kg/ha de K_2O levariam a receita líquida máxima.

RAMIREZ DÁVILA (1975) analisando as vantagens e desvantagens de 4 modelos, no estudo de resposta a fertilizantes, a saber:

Mitscherlich onde $\hat{Y} = \hat{A} - \hat{B} C^X$,
 Cobb-Douglas onde $\hat{Y} = \hat{A} X^{\hat{B}}$,
 Quadrática onde $\hat{Y} = \hat{A} + \hat{B} X + \hat{C} X^2$,
 Raiz Quadrada: onde $\hat{Y} = \hat{A} + \hat{B} C + \hat{C} X^{1/2}$,

diz que:

. O modelo de Mitscherlich sendo assintótico ao valor de A, o produto marginal nunca alcança valores negativos, indicadores do de equilíbrio fisiológico da planta causado por doses excessivas de fertilizantes. Por esta razão, seu uso tem limitações no caso de experimentos com fertilizantes.

. O modelo Cobb-Douglas permite somente um constante crescimento de produção marginal.

. O modelo polinomial quadrático é uma curva que pode ser usada vantajosamente quando se trabalha com altas doses de nutrientes, pois permite mostrar possíveis diminuições na produção. Esta curva é simétrica em torno do máximo de Y.

. Na prática, a curva de resposta a fertilizantes mostra geralmente um patamar amplo, onde a produção se estabiliza para em seguida decrescer, devido a alterações na fisiologia ocasionadas por doses altas. Este decréscimo não guarda simetria com o crescimento.

. Finalmente, o modelo raiz quadrada é uma modificação do mode

lo quadrático e pertence à família, $Y = A + BX^d + CX^{2d}$ (no caso de uma variável independente), onde d é uma constante positiva.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Material

Os dados utilizados no presente trabalho e que constam do Quadro I do Apêndice, foram fornecidos pela EMBRAPA e se referem a 27 ensaios fatoriais 3^3 de adubação NPK em arroz, previamente selecionados de um grupo de 38, instalados em diversas localidades do Estado de Goiás, em vários tipos de solo, em diferentes anos agrícolas e assim distribuídos, de acordo com as doses utilizadas:

- a) Doses: 0-40-80 kg/ha dos 3 nutrientes
Ano agrícola 1968/69: 7 ensaios
1971/72: 3 ensaios
- b) Doses: 0-80-160 kg/ha dos 3 nutrientes
Ano agrícola 1969/70: 8 ensaios
1970/71: 4 ensaios
1971/72: 5 ensaios

Para fins de estudo foram constituídos diferentes grupos, tomando-se por base os seguintes critérios:

1) Dos 38 ensaios originais, foram tomados os que apresentavam média geral acima da média de produção do Estado de Goiás.

2) Os 27 selecionados pelo 1º critério foram agrupados, baseando-se nas variâncias residuais das análises individuais, levando-se também em consideração o ano agrícola e as doses de nutrientes utilizadas.

Os ensaios que apresentavam adubação 0-40-80 kg/ha dos 3 nutrientes receberam os números: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 20, 24 e 27.

Os que apresentavam adubação 0-80-160 kg/ha dos nutrientes estavam enumerados: 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 25 e 26.

Os grupos ficaram constituídos como se segue:

Grupo 1: ensaios 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 correspondentes ao ano agrícola 1968/69.

Grupo 2: ensaios 20, 24 e 27, correspondentes ao ano agrícola 1971/72.

Grupo 3: ensaios 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 e 15, correspondentes ao ano agrícola 1969/70.

Grupo 4: ensaios 16, 17, 18 e 19, correspondentes ao ano agrícola 1970/71.

Grupo 5: ensaios 21, 22, 23, 25 e 26, correspondentes ao ano agrícola 1971/72.

Grupo 6: constituído de todos os ensaios dos grupos 3 e 4.

Conforme se observa, nos grupos 1 e 2 as doses utilizadas dos 3 nutrientes foram 0-40-80 kg/ha.

Nos grupos 3, 4, 5 e 6 foram utilizadas as doses 0-80-160 kg/ha para os 3 nutrientes.

Além dos grupos citados, foram estudados individualmente cada um dos 27 ensaios.

Para os grupos de 1 a 6 foram consideradas as produções médias de tratamentos, conforme consta do Quadro II no Apêndice.

Para o estudo das doses econômicas de nutrientes, fez-se uma comparação de diferentes funções de produção, utilizando-se os seguintes preços médios do ano de 1975, a saber:

| | |
|----------------------|--------------|
| arroz | Cr\$ 2,17/kg |
| nitrogênio (N) | Cr\$ 9,20/kg |
| fósforo (P_2O_5) | Cr\$ 6,25/kg |
| potássio (K_2O) | Cr\$ 1,06/kg |

Estes foram os preços divulgados pelo Instituto de Economia Agrícola do Estado de São Paulo.

Os fertilizantes utilizados foram: sulfato de amônia com 20% de nitrogênio, superfosfato simples com 20% de P_2O_5 e cloreto de potássio com 60% de K_2O .

3.2 - Métodos

A metodologia foi a mesma utilizada por CAMPOS(1967) e VIEIRA (1970) respectivamente para os modelos I e II. Para ambos os modelos utilizou-se a codificação zero, 1 e 2 para tratamentos, através da transformação $x_i = \frac{X_i}{q}$ ($i=1,2,3$) onde X_i é a dose do nutriente e q é a dose padrão.

Utilizou-se grupos de confundimento de Yates diferentes para as duas repetições dos experimentos, havendo no caso, recuperação de informação nas análises de variância.

O esquema de análise de variância e o que se segue:

| F.V. | G.L. |
|---------|------|
| N | 2 |
| P | 2 |
| K | 2 |
| NP | 4 |
| NK | 4 |
| PK | 4 |
| NPK | 8 |
| Blocos | 5 |
| Resíduo | 22 |
| Total | 53 |

Foram ajustados os seguintes modelos:

$$\text{I) } Y = a_0 + a_{14} X_1 + a_{24} X_2 + a_{34} X_3 + a_{11} X_1^2 + a_{22} X_2^2 + a_{33} X_3^2 + a_{12} X_1 X_2 + a_{13} X_1 X_3 + a_{23} X_2 X_3 + e$$

$$\text{II) } Y = a_0 + a_{11} X_1^{1/2} + a_{22} X_2^{1/2} + a_{33} X_3^{1/2} + a_{14} X_1 + a_{24} X_2 + a_{34} X_3 + a_{12} X_1^{1/2} X_2^{1/2} + a_{13} X_1^{1/2} X_3^{1/2} + a_{23} X_2^{1/2} X_3^{1/2} + e$$

$$\text{III) } Y = a_0 + a_{14} X_1 + a_{24} X_2 + a_{34} X_3 + a_{11} X_1^{3/2} + a_{22} X_2^{3/2} + a_{33} X_3^{3/2} + a_{12} X_1 X_2 + a_{13} X_1 X_3 + a_{23} X_2 X_3 + e$$

As estimativas dos parâmetros das regressões polinomiais para os ensaios individuais foram obtidas através do método dos quadrados mínimos, pela resolução do sistema de equações normais:

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

onde X é a matriz dos valores assumidos por X_1 , X_2 e X_3 nos 27 tratamentos, $S^{-1} = (X'X)^{-1}$ e Y o vetor das produções dos tratamentos.

Para os grupos de ensaios $\beta = S^{-1} X' \bar{Y}$

Ao se fazer as análises iniciais constatou-se que os resultados obtidos pelos modelos I e III praticamente não diferiam, a não ser a partir da 7.^a casa decimal. VIEIRA (1970) encontrou também tais semelhanças, mas a partir da primeira e segunda casas decimais. Pode-se atribuir estas diferenças aos computadores utilizados, cujas aproximações eram respectivamente de 10^{70} e 10^{35} . Assim sendo deixou-se de lado o modelo III por ser de complexidade maior e apresentar cálculos mais laboriosos.

A seguir tem-se as matrizes S e S^{-1} respectivamente para os modelos I e II.

e para o modelo II:

$$S = X'X$$

| | | | | | | | | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 54.00000000 | 43.45584412 | 43.45584412 | 43.45584412 | 54.00000000 | 54.00000000 | 54.00000000 | 34.97056275 | 34.97056275 | 34.97056275 | 34.97056275 |
| 43.45584412 | 54.00000000 | 34.97056275 | 34.97056275 | 68.91167725 | 43.45584412 | 43.45584412 | 43.45584412 | 43.45584412 | 43.45584412 | 28.14213562 |
| 43.45584412 | 34.97056275 | 54.00000000 | 34.97056275 | 43.45584412 | 68.91168825 | 43.45584412 | 43.45584412 | 28.14213562 | 43.45584412 | 43.45584412 |
| 43.45584412 | 34.97056275 | 34.97056275 | 54.00000000 | 43.45584412 | 90.00000000 | 54.00000000 | 54.00000000 | 55.45584412 | 43.45584412 | 43.45584412 |
| 54.00000000 | 68.91168825 | 43.45584412 | 43.45584412 | 90.00000000 | 54.00000000 | 90.00000000 | 54.00000000 | 34.97056275 | 55.45584412 | 34.97056275 |
| 54.00000000 | 43.45584412 | 68.91168825 | 43.45584412 | 54.00000000 | 54.00000000 | 90.00000000 | 34.97056275 | 55.45584412 | 55.45584412 | 55.45584412 |
| 34.97056275 | 43.45584412 | 43.45584412 | 43.45584412 | 54.00000000 | 54.00000000 | 55.45584412 | 54.90000000 | 34.97056275 | 34.97056275 | 34.97056275 |
| 34.97056275 | 43.45584412 | 28.14213562 | 43.45584412 | 55.45584412 | 34.97056275 | 55.45584412 | 34.97056275 | 54.00000000 | 54.00000000 | 34.97056275 |
| 34.97056275 | 28.14213562 | 43.45584412 | 43.45584412 | 34.97056275 | 55.45584412 | 55.45584412 | 34.97056275 | 34.97056275 | 34.97056275 | 54.00000000 |

$$S^{-1} = (X'X)^{-1}$$

| | | | | | | | | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 0.31725037 | -0.25026938 | -0.25026938 | -0.25026938 | 0.03928371 | 0.03928371 | 0.03928371 | 0.03928371 | 0.09657189 | 0.09657189 | 0.09657189 |
| -0.25026938 | 1.16454830 | 0.09657189 | 0.09657189 | -0.68688672 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 | -0.12000416 | -0.12000416 | 0.00000000 |
| -0.25026938 | 0.09657189 | 1.16454830 | 0.09657189 | 0.00000000 | -0.68688672 | 0.00000000 | -0.68688672 | 0.00000000 | 0.00000000 | -0.12000416 |
| -0.25026938 | 0.09657189 | 0.09657189 | 1.16454830 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 | -0.68688672 | 0.00000000 | -0.12000416 | -0.12000416 |
| 0.03928371 | -0.68688672 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.51348004 | -0.00000000 | -0.00000000 | -0.00000000 | -0.00000000 | -0.00000000 | -0.00000000 |
| 0.03928371 | 0.00000000 | -0.68688672 | 0.00000000 | -0.00000000 | 0.51348004 | -0.00000000 | -0.00000000 | -0.00000000 | -0.00000000 | -0.00000000 |
| 0.09657189 | -0.12000416 | -0.12000416 | 0.00000000 | -0.00000000 | -0.00000000 | -0.00000000 | 0.14912205 | -0.00000000 | -0.00000000 | -0.00000000 |
| 0.09657189 | -0.12000416 | 0.00000000 | -0.12000416 | -0.00000000 | -0.00000000 | -0.00000000 | -0.00000000 | 0.14912205 | -0.00000000 | -0.00000000 |
| 0.09657189 | 0.00000000 | -0.12000416 | -0.12000416 | -0.00000000 | -0.00000000 | -0.00000000 | -0.00000000 | -0.00000000 | -0.00000000 | 0.14912205 |

3.2.1 ~ Variâncias, covariâncias e intervalos de confiança das estimativas dos parâmetros

As variâncias e covariâncias das estimativas dos parâmetros são dadas respectivamente, para as análises individuais e dos grupos de N experimentos por $S^{-1} \sigma^2$ e $S^{-1} \frac{\sigma^2}{n}$ e as suas estimativas são obtidas substituindo a variância residual (σ^2) por sua estimativa (s^2).

De acordo com o exposto determinou-se os intervalos de confiança dos parâmetros, supondo-se que os erros da regressão têm distribuição normal. Para se obter esses intervalos utilizou-se $t = 2,00$.

Para as análises individuais, os intervalos de confiança dos parâmetros encontram-se no Quadro 1 que se segue:

Quadro 1 - Intervalo de confiança dos parâmetros para os ensaios individuais relativos aos modelos I e II (*).

| Modelo I | Modelo II |
|------------------------------------|---------------------------------|
| $\hat{a}_0 \pm 1,009218 \text{ s}$ | $a_0 \pm 1,126500 \text{ s}$ |
| $a_{ii} \pm 0,577352 \text{ s}$ | $a_{ii} \pm 2,158286 \text{ s}$ |
| $a_{mn} \pm 0,408250 \text{ s}$ | $a_{mn} \pm 0,772328 \text{ s}$ |
| $a_{i4} \pm 1,333334 \text{ s}$ | $\hat{a}_{i4} \pm 1,433152$ |

(*) $i=1,2,3$; $m=1,2$ e $n=2,3$ ($m \neq n$).

Partindo-se do pressuposto que os erros da regressão têm distribuição normal, determinou-se os intervalos de confiança dos parâmetros para os grupos de N ensaios, tomando-se as semi-amplitudes do Quadro 1 divididas por \sqrt{N} .

3.2.2 - Variâncias e intervalos de confiança das estimativas dos rendimentos

Para o modelo I, onde:

$$Y = a_0 + a_{14}X_1 + a_{24}X_2 + a_{34}X_3 + a_{11}X_1^2 + a_{22}X_2^2 + a_{33}X_3^2 + a_{12}X_1X_2 + a_{13}X_1X_3 + a_{23}X_2X_3 + e .$$

Aplicando-se a propriedade de variância tem-se:

$$\begin{aligned} V(\hat{Y}) = & V(\hat{a}_0) + X_1^2 V(\hat{a}_{14}) + X_2^2 V(\hat{a}_{24}) + X_3^2 V(\hat{a}_{34}) + X_1^4 V(\hat{a}_{11}) + X_2^4 V(\hat{a}_{22}) + \\ & + X_3^4 V(\hat{a}_{33}) + X_1^2 X_2^2 V(\hat{a}_{12}) + X_1^2 X_3^2 V(\hat{a}_{13}) + X_2^2 X_3^2 V(\hat{a}_{23}) + 2X_1 \text{COV}(\hat{a}_0, \hat{a}_{14}) + \\ & + 2X_2 \text{COV}(\hat{a}_0, \hat{a}_{24}) + 2X_3 \text{COV}(\hat{a}_0, \hat{a}_{34}) + 2X_1^2 \text{COV}(\hat{a}_0, \hat{a}_{11}) + 2X_2^2 \text{COV}(\hat{a}_0, \hat{a}_{22}) + \\ & + 2X_3^2 \text{COV}(\hat{a}_0, \hat{a}_{33}) + 2X_1 X_2 \text{COV}(\hat{a}_0, \hat{a}_{12}) + 2X_1 X_3 \text{COV}(\hat{a}_0, \hat{a}_{13}) + \\ & + 2X_2 X_3 \text{COV}(\hat{a}_0, \hat{a}_{23}) + 2X_1 X_2 \text{COV}(\hat{a}_{14}, \hat{a}_{24}) + 2X_1 X_3 \text{COV}(\hat{a}_{14}, \hat{a}_{34}) + \\ & + 2X_1^3 \text{COV}(\hat{a}_{14}, \hat{a}_{11}) + 2X_1^2 X_2 \text{COV}(\hat{a}_{14}, \hat{a}_{12}) + 2X_1^2 X_3 \text{COV}(\hat{a}_{14}, \hat{a}_{13}) + \\ & + 2X_2 X_3 \text{COV}(\hat{a}_{24}, \hat{a}_{34}) + 2X_2^3 \text{COV}(\hat{a}_{24}, \hat{a}_{22}) + 2X_1 X_2^2 \text{COV}(\hat{a}_{24}, \hat{a}_{12}) + \\ & + 2X_2^2 X_3 \text{COV}(\hat{a}_{24}, \hat{a}_{23}) + 2X_3^3 \text{COV}(\hat{a}_{34}, \hat{a}_{33}) + 2X_1 X_3^2 \text{COV}(\hat{a}_{34}, \hat{a}_{13}) + \\ & + 2X_2 X_3^2 \text{COV}(\hat{a}_{34}, \hat{a}_{23}) . \end{aligned}$$

Constam desta expressão os valores não nulos e variando-se os níveis (0, 1 e 2) de X_1 , X_2 e X_3 obtêm-se do modelo as expressões correspondentes aos rendimentos de cada um dos 27 tratamentos.

Para o modelo II onde:

$$Y = a_0 + a_{11}X_1^{1/2} + a_{22}X_2^{1/2} + a_{33}X_3^{1/2} + a_{14}X_1 + a_{24}X_2 + a_{34}X_3 + a_{12}X_1X_2 + a_{13}X_1X_3 + a_{23}X_2X_3 + e$$

Aplicando-se a propriedade de variância tem-se:

$$\begin{aligned} V(\hat{Y}) &= V(\hat{a}_0) + X_1V(\hat{a}_{11}) + X_2V(\hat{a}_{22}) + X_3V(\hat{a}_{33}) + X_1X_2V(\hat{a}_{12}) + X_1X_3V(\hat{a}_{13}) + \\ &+ X_2X_3V(\hat{a}_{23}) + X_1^2V(\hat{a}_{14}) + X_2^2V(\hat{a}_{24}) + X_3^2V(\hat{a}_{34}) + 2X_1^{1/2}COV(\hat{a}_0, \hat{a}_{11}) + \\ &+ 2X_2^{1/2}COV(\hat{a}_0, \hat{a}_{22}) + 2X_3^{1/2}COV(\hat{a}_0, \hat{a}_{33}) + 2X_1^{1/2}X_2^{1/2}COV(\hat{a}_0, \hat{a}_{12}) + \\ &+ 2X_1^{1/2}X_3^{1/2}COV(\hat{a}_0, \hat{a}_{13}) + 2X_2^{1/2}X_3^{1/2}COV(\hat{a}_0, \hat{a}_{23}) + 2X_1COV(\hat{a}_0, \hat{a}_{14}) + \\ &+ 2X_2COV(\hat{a}_0, \hat{a}_{24}) + 2X_3COV(\hat{a}_0, \hat{a}_{34}) + 2X_1^{1/2}X_2^{1/2}COV(\hat{a}_{11}, \hat{a}_{22}) + \\ &+ 2X_1^{1/2}X_3^{1/2}COV(\hat{a}_{11}, \hat{a}_{33}) + 2X_1X_2^{1/2}COV(\hat{a}_{11}, \hat{a}_{12}) + 2X_1X_3^{1/2}COV(\hat{a}_{11}, \hat{a}_{13}) + \\ &+ 2X_1^{3/2}COV(\hat{a}_{11}, \hat{a}_{14}) + 2X_2^{1/2}X_3^{1/2}COV(\hat{a}_{22}, \hat{a}_{33}) + 2X_2X_1^{1/2}COV(\hat{a}_{22}, \hat{a}_{12}) + \\ &+ 2X_2X_3^{1/2}COV(\hat{a}_{22}, \hat{a}_{23}) + 2X_2^{3/2}COV(\hat{a}_{22}, \hat{a}_{24}) + 2X_3X_1^{1/2}COV(\hat{a}_{33}, \hat{a}_{13}) + \\ &+ 2X_3X_2^{1/2}COV(\hat{a}_{33}, \hat{a}_{23}) + 2X_3^{3/2}COV(\hat{a}_{33}, \hat{a}_{34}) \end{aligned}$$

Nesta expressão não constam as covariâncias cujos valores são nulos.

Após a determinação das expressões de $V(\hat{Y})$ verificou-se que era possível reunir tratamentos que apresentavam a mesma variância das estimativas dos rendimentos, a saber:

Para o modelo I:

conjunto a: 000, 002, 020, 022, 200, 202, 220 e 222

conjunto b: 011, 101, 110, 111, 121, 112 e 211

conjunto c: 001, 010, 100, 122, 212 e 221

conjunto d: 012, 021, 102, 120, 201 e 210

Para o modelo II:

conjunto a: 000

conjunto b: 111

conjunto c: 222

conjunto d: 001, 010 e 100

conjunto e: 002, 020 e 200

conjunto f: 011, 101 e 110

conjunto g: 012, 021, 102, 120, 201 e 210

conjunto h: 022, 202 e 220

conjunto i: 112, 121 e 211

conjunto j: 122, 212 e 221

Para cada modelo e para cada conjunto citado, foram obtidas as respectivas variâncias das estimativas dos rendimentos de todos os tratamentos, conforme constam do Quadro 2.

Para os grupos de N ensaios, as variâncias das estimativas dos rendimentos são as que constam do Quadro 2 divididas por N.

Conhecidas as estimativas das variâncias das estimativas dos rendimentos, determinou-se os intervalos de confiança dos rendimentos, conforme expresso no Quadro 3.

A seguir encontram-se os Quadros 2 e 3.

Quadro 2 - Variâncias das estimativas dos rendimentos para os ensaios individuais.

| | Modelo I | Modelo II |
|------------|--------------------|--------------------|
| conjunto a | 0,25463 σ^2 | 0,31725 σ^2 |
| conjunto b | 0,12963 σ^2 | 0,13026 σ^2 |
| conjunto c | 0,17130 σ^2 | 0,19136 σ^2 |
| conjunto d | 0,17592 σ^2 | 0,19954 σ^2 |
| conjunto e | | 0,26394 σ^2 |
| conjunto f | | 0,13721 σ^2 |
| conjunto g | | 0,17131 σ^2 |
| conjunto h | | 0,22198 σ^2 |
| conjunto i | | 0,13405 σ^2 |
| conjunto j | | 0,15443 σ^2 |

Quadro 3 Intervalo de confiança dos rendimentos ($\alpha = 0,05$), para os ensaios individuais ($t = 2,00$).

| | Modelo I | Modelo II |
|------------|-------------------------|-------------------------|
| conjunto a | $\bar{Y} \pm 1,00922 s$ | $\bar{Y} \pm 1,12650 s$ |
| conjunto b | $\bar{Y} \pm 0,72008 s$ | $\bar{Y} \pm 0,72183 s$ |
| conjunto c | $\bar{Y} \pm 0,82778 s$ | $\bar{Y} \pm 0,87489 s$ |
| conjunto d | $\bar{Y} \pm 0,83886 s$ | $\bar{Y} \pm 0,89340 s$ |
| conjunto e | | $\bar{Y} \pm 1,02750 s$ |
| conjunto f | | $\bar{Y} \pm 0,74084 s$ |
| conjunto g | | $\bar{Y} \pm 0,82779 s$ |
| conjunto h | | $\bar{Y} \pm 0,94230 s$ |
| conjunto i | | $\bar{Y} \pm 0,73226 s$ |
| conjunto j | | $\bar{Y} \pm 0,76595 s$ |

Para grupos de N ensaios, os intervalos de confiança dos rendimentos apresentaram as semi-amplitudes que constam no Quadro 3, divididas por \sqrt{N} .

3.2.3 - Níveis ótimos dos fatores X_1 , X_2 e X_3 das superfícies de resposta

Foram obtidos através das metodologias utilizadas por CAMPOS (1967) e VIEIRA (1970) respectivamente para os modelos I e II.

3.2.4 - Estudo das superfícies através de cortes

Enriquecendo o estudo das superfícies, fez-se cortes na mesma, através da fixação de dois dos fatores na dose padrão ($X_i = 1$).

Assim sendo, para o modelo I, tem-se.

Tomando-se como 1º corte ($X_1, 1, 1$) onde $X_2 = 1$ e $X_3 = 1$ e sabendo-se que:

$$a_0 + \hat{a}_{14} X_1 + \hat{a}_{24} X_2 + \hat{a}_{34} X_3 + \hat{a}_{11} X_1^2 + \hat{a}_{22} X_2^2 + \hat{a}_{33} X_3^2 + \hat{a}_{12} X_1 X_2 + \hat{a}_{13} X_1 X_3 + \hat{a}_{23} X_2 X_3 ,$$

tem-se que:

$$L = W\hat{Y} - t_1 X_1 - t_2 X_2 - t_3 X_3 - m ,$$

onde, L = receita líquida;

W = preço unitário de venda do produto;

\hat{Y} = estimativa da produção;

t_1 = preço da dose unitária de X_1 ;

t_2 = preço da dose unitária de X_2 ;

t_3 = preço da dose unitária de X_3 ;

m = despesas fixas.

Fazendo as substituições, tem-se que:

$$L = W(\hat{a}_0 + \hat{a}_{14}X_1 + \hat{a}_{24} + \hat{a}_{34} + \hat{a}_{11}X_1 + \hat{a}_{22} + \hat{a}_{33} + \hat{a}_{12}X_1 + \hat{a}_{13}X_1 + \hat{a}_{23}) - t_1X_1 - t_2 - t_3 - m$$

Derivando vem

$$\frac{dL}{dX_1} = W(2\hat{a}_{11}X_1 + \hat{a}_{14} + \hat{a}_{12} + \hat{a}_{13}) - t_1$$

Igualando a derivada zero e procedendo as devidas simplificações, tem-se:

$$X_1^+ = \frac{1}{2\hat{a}_{11}} \left[\frac{t_1}{W} - (\hat{a}_{14} + \hat{a}_{12} + \hat{a}_{13}) \right] \quad (1)$$

Por analogia

$$X_2^+ = \frac{1}{2\hat{a}_{22}} \left[\frac{t_2}{W} - (\hat{a}_{24} + \hat{a}_{12} + \hat{a}_{23}) \right] \quad (2)$$

e

$$X_3^+ = \frac{1}{2\hat{a}_{33}} \left[\frac{t_3}{W} - (\hat{a}_{34} + \hat{a}_{13} + \hat{a}_{23}) \right] \quad (3)$$

Segundo CAMPOS (1967), se $a_{11} < 0$ tem-se $f''(X_1^+) < 0$, donde se conclui que L terá um máximo relativo em (1).

Por analogia, no 2º corte se $a_{22} < 0$, L terá um máximo relativo em (2) e para o 3º corte se $a_{33} < 0$, L terá um máximo re

lativo em (3).

Para o modelo II tem-se:

Sendo

$$\hat{Y} = a_0 + \hat{a}_{14}X_1 + \hat{a}_{24}X_2 + \hat{a}_{34}X_3 + \hat{a}_{11}X_1^{1/2} + \hat{a}_{22}X_2^{1/2} + \hat{a}_{33}X_3^{1/2} + \hat{a}_{12}X_1^{1/2}X_2^{1/2} + \hat{a}_{13}X_1^{1/2}X_3^{1/2} + \hat{a}_{23}X_2^{1/2}X_3^{1/2},$$

sabendo-se que

$$L_1' = W\hat{Y}_1 - t_1X_1 - t_2X_2 - t_3X_3 - m,$$

tomando-se como base o corte $(X, 1, 1)$ para o desenvolvimento teórico e fazendo-se as substituições vem:

$$L_1 = W(\hat{a}_0 + \hat{a}_{14}X_1 + \hat{a}_{24} + \hat{a}_{34} + \hat{a}_{11}X_1^{1/2} + \hat{a}_{22} + \hat{a}_{33} + \hat{a}_{12}X_1^{1/2} + \hat{a}_{13}X_1^{1/2} + \hat{a}_{23}) - t_1X_1 - t_2 - t_3 - m$$

Derivando tem-se

$$\frac{dL}{dX_1} = W(\hat{a}_{14} + \frac{1}{2} \hat{a}_{11}X_1^{-1/2} + \frac{1}{2} \hat{a}_{12}X_1^{-1/2} + \frac{1}{2} \hat{a}_{13}X_1^{-1/2}) - t_1.$$

Igualando-se a derivada a zero e simplificando vem:

$$X_1^{-1/2} = \frac{2}{(\hat{a}_{11} + \hat{a}_{12} + \hat{a}_{13})} \left(\frac{t_1}{W} - \hat{a}_{14} \right)$$

Multiplicando ambos os membros da igualdade por $X_1^{1/2}$,

tem-se:

$$1 = \frac{2 X_1^{1/2}}{(\hat{a}_{11} + \hat{a}_{12} + \hat{a}_{13})} \left(\frac{t_1}{W} - \hat{a}_{14} \right)$$

portanto

$$X^{1/2} = \frac{a_{11} + a_{12} + a_{13}}{2\left(\frac{t_2}{W} - a_{14}\right)}$$

$$X^* = \left[\frac{\hat{a}_{11} + a_{12} + a_{13}}{2\left(\frac{1}{W} - a_{14}\right)} \right]^2$$

Por analogia,

$$= \left[\frac{a_{22} + a_{12} + a_{23}}{2\left(\frac{t_2}{W} - \hat{a}_{24}\right)} \right]^2$$

$$X_3 = \left[\frac{a_{33} + a_{13} + a_{23}}{2\left(\frac{t_3}{W} - \hat{a}_{34}\right)} \right]^2$$

Entretanto, a simples determinação dos pontos X_1^* , X_2^* e X_3^* não caracteriza um máximo ou um mínimo da receita líquida. Assim sendo torna-se necessário pesquisar estes pontos críticos, ou seja:

Calculando-se a derivada 2ª para o caso do corte $(X_1, 1, 1)$ tem-se:

$$f''(X_1) = -\frac{1}{4} W X_1^{-3/2} (\hat{a}_{11} + \hat{a}_{12} + \hat{a}_{13}) \quad \text{ou}$$

$$f''(X_1) = - \frac{W}{4X_1^{3/2}} (a_{11} + \hat{a}_{12} + a_{13}) .$$

Sabendo-se que o valor de X_1 , no campo real, só pode ser positivo e que W é o preço de venda do produto, restam agora somente discutir os sinais dos coeficientes, assim é que:

Se $\hat{a}_{11} + \hat{a}_{12} + \hat{a}_{13} > 0$, tem-se que $f''(X_1^*) < 0$, donde conclui-se que L_1 terá um máximo relativo em X_1^* , que corresponde a do se econômica aconselhável.

Se $\hat{a}_{11} + \hat{a}_{12} + \hat{a}_{13} < 0$, tem-se que $f''(X_1^*) > 0$, donde conclui-se que L_1 terá um mínimo relativo em X_1^* , e se $\hat{a}_{11} + \hat{a}_{12} + \hat{a}_{13} = 0$ há necessidade de derivações de ordem superior, assim e que se a próxima derivada não nula for de ordem ímpar, o ponto é de inflexão, se for de ordem par e positiva o ponto será de mínimo e se for negativa será de máximo.

Analogamente para o 2º corte $(1, X_2, 1)$, e se $a_{22} + \hat{a}_{12} + \hat{a}_{23} > 0$, haverá um máximo relativo em X_2^* e para o 3º corte $(1, 1, X_3)$, se $\hat{a}_{33} + \hat{a}_{13} + \hat{a}_{23} > 0$, haverá um máximo relativo no ponto X_3^* .

Após determinar-se os pontos críticos nos cortes, procurou-se achar uma aproximação da variância de X_1^* , que é obtida, segundo PIMENTEL GOMES (1963), através da aplicação da fórmula de Taylor. Assim sendo, para cada modelo tem-se:

A) Modelo I

O desenvolvimento teórico será feito para o corte $(X_1, 1, 1)$, onde foram fixados os elementos fósforo (X_2) e potássio

(X_3) nas doses padrão e fazendo-se variar os níveis de nitrogênio

Sendo

$$X_1^+ = \frac{1}{2\hat{a}_{11}} \left[\frac{t_1}{W} - (\hat{a}_{14} + \hat{a}_{12} + \hat{a}_{13}) \right]$$

por diferenciação tem-se:

$$d(X_1^+) = \frac{1}{2\hat{a}_{11}} \left[d(\hat{a}_{14}) + d(\hat{a}_{12}) + d(\hat{a}_{13}) \right] - \frac{\left[\frac{t_1}{W} - (\hat{a}_{14} + \hat{a}_{12} + \hat{a}_{13}) \right]}{2\hat{a}_{11}^2} d(\hat{a}_{11})$$

e conseqüentemente

$$\begin{aligned} \hat{V}(X_1^+) &= \frac{1}{4\hat{a}_{11}^2} \left[\hat{V}(\hat{a}_{14}) + \hat{V}(\hat{a}_{12}) + \hat{V}(\hat{a}_{13}) \right] + \frac{\left[\frac{t_1}{W} - (\hat{a}_{14} + \hat{a}_{12} + \hat{a}_{13}) \right]^2}{4\hat{a}_{11}^4} \hat{V}(\hat{a}_{11}) + \\ &+ \frac{2}{4\hat{a}_{11}^2} \left[\text{COV}(\hat{a}_{14}, \hat{a}_{12}) + \text{COV}(\hat{a}_{14}, \hat{a}_{13}) + \text{COV}(\hat{a}_{12}, \hat{a}_{13}) \right] + \\ &+ \frac{\left[\frac{t_1}{W} - (\hat{a}_{14} + \hat{a}_{12} + \hat{a}_{13}) \right]}{2\hat{a}_{11}^3} \left[\text{COV}(\hat{a}_{14}, \hat{a}_{11}) + \text{COV}(\hat{a}_{11}, \hat{a}_{13}) + \right. \\ &\left. + \text{COV}(\hat{a}_{11}, \hat{a}_{12}) \right] \end{aligned}$$

Sendo

$$\text{COV}(\hat{a}_{12}, \hat{a}_{13}) = \text{COV}(\hat{a}_{11}, \hat{a}_{13}) = \text{COV}(\hat{a}_{11}, \hat{a}_{12}) = 0$$

$$\hat{V}(\hat{a}_{12}) = \hat{V}(\hat{a}_{13}) \quad \text{e} \quad \text{COV}(\hat{a}_{14}, \hat{a}_{12}) = \text{COV}(\hat{a}_{14}, \hat{a}_{13})$$

Tem-se que:

$$\hat{V}(X_1^+) = \frac{1}{4\hat{a}_{11}^2} \left[\hat{V}(\hat{a}_{14}) + 2\hat{V}(\hat{a}_{12}) \right] + \frac{\left[\frac{t_1}{W} - (\hat{a}_{14} + \hat{a}_{12} + \hat{a}_{13}) \right]^2}{4\hat{a}_{11}^4} \hat{V}(\hat{a}_{11}) +$$

$$+ \frac{\text{COV}(\hat{a}_{14}, \hat{a}_{12})}{\hat{a}_{11}^2} + \frac{1}{2\hat{a}_{11}^3} \left[\frac{t_1}{W} - (\hat{a}_{14} + \hat{a}_{12} + \hat{a}_{13}) \right] \text{COV}(\hat{a}_{14}, \hat{a}_{11}).$$

Admitindo-se que a distribuição de X seja aproximadamente normal, o intervalo de confiança de X_1^+ será: $X_1^+ \pm t s(X_1^+)$.

Por analogia, para o 2º corte $(1, X_2, 1)$, tem-se:

$$\hat{V}(X_2^+) = \frac{1}{4\hat{a}_{22}^2} \left[\hat{V}(\hat{a}_{24}) + 2\hat{V}(\hat{a}_{12}) \right] + \frac{\left[\frac{t_2}{W} - (\hat{a}_{24} + \hat{a}_{12} + \hat{a}_{23}) \right]^2}{4\hat{a}_{22}^4} \hat{V}(\hat{a}_{22}) +$$

$$+ \frac{\text{COV}(\hat{a}_{24}, \hat{a}_{12})}{\hat{a}_{22}^2} + \frac{1}{2\hat{a}_{22}^3} \left[\frac{t_2}{W} - (\hat{a}_{24} + \hat{a}_{12} + \hat{a}_{23}) \right] \text{COV}(\hat{a}_{22}, \hat{a}_{24})$$

e seu I.C. sera $X_2^+ \pm t s(X_2^+)$.

Finalmente para o 3º corte tem-se:

$$\hat{V}(X_3^+) = \frac{1}{4\hat{a}_{33}^2} \left[\hat{V}(\hat{a}_{34}) + 2\hat{V}(\hat{a}_{13}) \right] + \frac{\left[\frac{t_3}{W} - (\hat{a}_{34} + \hat{a}_{13} + \hat{a}_{23}) \right]^2}{4\hat{a}_{33}^4} \hat{V}(\hat{a}_{33}) +$$

$$+ \frac{\text{COV}(\hat{a}_{34}, \hat{a}_{13})}{\hat{a}_{33}^2} + \frac{1}{2\hat{a}_{33}^3} \left[\frac{t_3}{W} - (\hat{a}_{34} + \hat{a}_{13} + \hat{a}_{23}) \right] \text{COV}(\hat{a}_{34}, \hat{a}_{33})$$

e seu I.C. sera $X_3^+ \pm t s (X_3^+)$.

B) Modelo II

Utilizando-se o 1º corte $(X_1, 1, 1)$ para se fazer o desenvolvimento teórico tem-se:

Sendo

$$X_1^* = \frac{(\hat{a}_{11} + \hat{a}_{12} + \hat{a}_{13})^2}{4\left(\frac{t_1}{W} - \hat{a}_{14}\right)^2}$$

por diferenciação vem:

$$d(X_1^*) = \frac{2(\hat{a}_{11} + \hat{a}_{12} + \hat{a}_{13})}{4\left(\frac{t_1}{W} - \hat{a}_{14}\right)^2} \left[d(\hat{a}_{11}) + d(\hat{a}_{12}) + d(\hat{a}_{13}) \right] +$$

$$\frac{(\hat{a}_{11} + \hat{a}_{12} + \hat{a}_{13})^2 \cdot 2 \left[\frac{t_1}{W} - \hat{a}_{14} \right] \left[-d(\hat{a}_{14}) \right]}{4\left(\frac{t_1}{W} - \hat{a}_{14}\right)^4}$$

$$d(X_1^*) = \frac{(\hat{a}_{11} + \hat{a}_{12} + \hat{a}_{13})}{2\left(\frac{t_1}{W} - \hat{a}_{14}\right)^2} \left[d(\hat{a}_{11}) + d(\hat{a}_{12}) + d(\hat{a}_{13}) \right] +$$

$$+ \frac{(\hat{a}_{11} + \hat{a}_{12} + \hat{a}_{13})^2}{2\left(\frac{t_1}{W} - \hat{a}_{14}\right)} d(\hat{a}_{14}) .$$

Consequentemente

$$\begin{aligned} \hat{V}(X_1^*) &= \frac{(\hat{a}_{11} + \hat{a}_{12} + \hat{a}_{13})^2}{4\left(\frac{t_1}{W} - \hat{a}_{14}\right)^4} \left[\hat{V}(\hat{a}_{11}) + \hat{V}(\hat{a}_{12}) + \hat{V}(\hat{a}_{13}) \right] + \frac{(\hat{a}_{11} + \hat{a}_{12} + \hat{a}_{13})^4}{4\left(\frac{t_1}{W} - \hat{a}_{14}\right)^6} \hat{V}(\hat{a}_{14}) + \\ &+ \frac{2(\hat{a}_{11} + \hat{a}_{12} + \hat{a}_{13})^2}{4\left(\frac{t_1}{W} - \hat{a}_{14}\right)^4} \left[\text{COV}(\hat{a}_{11}, \hat{a}_{12}) + \text{COV}(\hat{a}_{11}, \hat{a}_{13}) + \text{COV}(\hat{a}_{12}, \hat{a}_{13}) \right] + \\ &\frac{2(\hat{a}_{11} + \hat{a}_{12} + \hat{a}_{13})^3}{4\left(\frac{t_1}{W} - \hat{a}_{14}\right)^5} \left[\text{COV}(\hat{a}_{14}, \hat{a}_{11}) + \text{COV}(\hat{a}_{14}, \hat{a}_{12}) + \text{COV}(\hat{a}_{14}, \hat{a}_{13}) \right] \end{aligned}$$

Sendo

$$\text{COV}(\hat{a}_{12}, \hat{a}_{13}) = \text{COV}(\hat{a}_{14}, \hat{a}_{12}) = \text{COV}(\hat{a}_{14}, \hat{a}_{13}) =$$

$$V(\hat{a}_{12}) = V(\hat{a}_{13}) \quad \text{e}$$

$$\text{COV}(\hat{a}_{11}, \hat{a}_{12}) = \text{COV}(\hat{a}_{11}, \hat{a}_{13})$$

tem-se que:

$$\begin{aligned} \hat{V}(X_1^*) &= \frac{(\hat{a}_{11} + \hat{a}_{12} + \hat{a}_{13})^2}{4\left(\frac{t_1}{W} - \hat{a}_{14}\right)^4} \left[\hat{V}(\hat{a}_{11}) + 2\hat{V}(\hat{a}_{12}) \right] + \frac{(\hat{a}_{11} + \hat{a}_{12} + \hat{a}_{13})^4}{4\left(\frac{t_1}{W} - \hat{a}_{14}\right)^6} \hat{V}(\hat{a}_{14}) + \\ &+ \frac{(\hat{a}_{11} + \hat{a}_{12} + \hat{a}_{13})^2}{\left(\frac{t_1}{W} - \hat{a}_{14}\right)^4} \text{COV}(\hat{a}_{11}, \hat{a}_{12}) + \frac{(\hat{a}_{11} + \hat{a}_{12} + \hat{a}_{13})^3}{2\left(\frac{t_1}{W} - \hat{a}_{14}\right)^5} \text{COV}(\hat{a}_{11}, \hat{a}_{14}). \end{aligned}$$

Consequentemente, admitindo-se que a distribuição de X_1^* seja aproximadamente normal, o seu intervalo de confiança será:
 $X_1^* \pm t s(X_1^*)$.

Por analogia para o 2º corte (1, X_2 , 1) tem-se

$$= \frac{(\hat{a}_{22} + \hat{a}_{12} + \hat{a}_{23})^2}{4\left(\frac{t_2}{W} - \hat{a}_{24}\right)^4} \left[\hat{V}(\hat{a}_{22}) + 2\hat{V}(\hat{a}_{12}) \right] + \frac{(\hat{a}_{22} + \hat{a}_{12} + \hat{a}_{23})^4}{4\left(\frac{t_2}{W} - \hat{a}_{24}\right)^6} \hat{V}(\hat{a}_{24}) +$$

$$+ \frac{(\hat{a}_{22} + \hat{a}_{12} + \hat{a}_{23})^2}{\left(\frac{t_1}{W} - \hat{a}_{24}\right)^4} \text{COV}(\hat{a}_{22}, \hat{a}_{12}) + \frac{(\hat{a}_{22} + \hat{a}_{12} + \hat{a}_{23})^3}{2\left(\frac{t_2}{W} - \hat{a}_{24}\right)^5} \text{COV}(\hat{a}_{22}, \hat{a}_{24}).$$

Seu I.C. será $X_2^* \pm t s(X_2^*)$.

Finalmente o 3º corte (1, 1, X_3) tem-se:

$$= \frac{(\hat{a}_{33} + \hat{a}_{13} + \hat{a}_{23})^2}{4\left(\frac{t_3}{W} - \hat{a}_{34}\right)^4} \left[\hat{V}(\hat{a}_{33}) + 2\hat{V}(\hat{a}_{13}) \right] + \frac{(\hat{a}_{33} + \hat{a}_{13} + \hat{a}_{23})^4}{4\left(\frac{t_3}{W} - \hat{a}_{34}\right)^6} \hat{V}(\hat{a}_{34}) +$$

$$+ \frac{(\hat{a}_{33} + \hat{a}_{13} + \hat{a}_{23})^2}{\left(\frac{t_3}{W} - \hat{a}_{34}\right)^4} \text{COV}(\hat{a}_{33}, \hat{a}_{13}) + \frac{(\hat{a}_{33} + \hat{a}_{13} + \hat{a}_{23})^3}{2\left(\frac{t_3}{W} - \hat{a}_{34}\right)^5} \text{COV}(\hat{a}_{33}, \hat{a}_{34})$$

e seu I.C. será $X_3^* \pm t s(X_3^*)$.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os 27 ensaios individuais e os 6 grupos, nos quais tomou-se as médias de produção de cada tratamento dos ensaios que o compõe, fez-se as análises de variância da maneira usual e ajustou-se aos respectivos modelos matemáticos I e II.

4.1 - Análises de Variância, Coeficientes de Determinação e de Variação

Os valores de F das regressões são concordantes em nível de significância, em todos os casos estudados e em ambos os modelos, assim discriminados.

| <u>Nº de ensaios</u> | <u>Significância</u> |
|----------------------|----------------------|
| 19 | 1% |
| 3 | 5% |
| 5 | n.s. |

Para os grupos encontrou-se:

| <u>Nº de grupos</u> | <u>Significância</u> |
|---------------------|----------------------|
| 4 | 1% |
| 1 | 5% |
| 1 | n.s. |

A estimativa do desvio padrão para cada caso foi obtida através do resíduo da análise de variância de cada caso estudado.

Com relação ao coeficiente de determinação, verificou-se que para ambos os modelos eles foram bastante similares.

Dos 33 casos estudados, 17 apresentaram um R^2 para o modelo II ligeiramente superior. Notou-se ainda que, nos 6 grupos estudados, somente em um caso o R^2 para o modelo II foi ligeiramente maior, estando assim em concordância com VIEIRA (1970).

O índice R^2 baixo em boa parte dos ensaios individuais, ocorreu provavelmente em virtude de: fatores climáticos, diversidade de solos, preparo e tratos culturais, etc.

Os coeficientes de variação nos ensaios individuais, apresentaram-se com certa amplitude, ou seja: de 6,83 a 69,01%, embora, na grande maioria, estejam em torno de 15 a 30%.

Nos grupos de experimentos, como se tomou as médias, conseguiu-se maior homogeneização e com isto baixos coeficientes de variação.

Todos os valores discutidos acima encontram-se no Quadro V do Apêndice.

4.2 - Estimativas dos Parâmetros e Seus Intervalos de Confiança

De uma maneira geral, os intervalos de confiança dos parâmetros foram bastante amplos, chegando, às vezes, a limites inferiores negativos, o que no caso dos elementos quadráticos pode ocasionar reversão de tendência para máximo ou para mínimo, no caso do modelo I. Esta situação foi encontrada em ambos os modelos, tanto nos ensaios individuais como nos grupos, confirmando os trabalhos de CAMPOS (1967) e VIEIRA (1970).

As estimativas dos parâmetros e seus intervalos de confiança ($\alpha = 0,05$), para os modelos I e II encontram-se nos Quadros III e IV do Apêndice.

4.3 - Níveis Ótimos de N, P e K

Determinou-se as supostas doses econômicas utilizando-se as teorias desenvolvidas por CAMPOS (1967) e VIEIRA (1970), respectivamente para os modelos I e II. Confirmando os resultados obtidos por aqueles autores, verificou-se uma grande divergência nos níveis ótimos obtidos tanto entre ensaios como entre modelos.

Para os 33 casos estudados assinalou-se os pontos de máximo (M), mínimo (m) e sela (se). Os resultados estão relacionados no Quadro VI do Apêndice e resumidos a seguir:

| MODELOS | Ensaio individuais | | | | | Grupos | | | | | | |
|---------|--------------------|-------|---|------|----|--------|---|-------|---|----|---|-------|
| | % | m | % | se | % | M | % | m | % | se | % | |
| I | 10 | 37,03 | 1 | 3,70 | 16 | 59,27 | 4 | 66,67 | 0 | - | 2 | 33,33 |
| II | 9 | 33,33 | 1 | 3,70 | 17 | 62,97 | 3 | 50,00 | 0 | - | 3 | 50,00 |

Quando se estudou os ensaios individualmente, verificou-se que num reduzido número de casos se permitiu a determinação de doses economicamente aconselháveis de nutrientes, 37,0% no modelo I e 33,3% no modelo II. Entretanto, confirmando CAMPOS(1967) e VIEIRA (1970) ao se analisar os grupos notou-se uma tendência ao aparecimento de maior número de pontos de máximo, 66,7% no modelo I e 50,0% no modelo II.

O grupo 6 foi o único a apresentar pontos de máximo com dose negativa de nutrientes para o modelo I como se segue:

$$\begin{array}{ccc}
 X_1^* & X_2^* & X_3^* \\
 -0,0838 & 1,4764 & -0,8787
 \end{array}$$

correspondendo em kg/ha a

$$\begin{array}{ccc}
 -6,7 & 118,1 & -70,3
 \end{array}$$

4.4 - Diversificação e Detalhes do Grupo 5

O estudo detalhado de todos os ensaios individuais e de todos os grupos seria desnecessário, pois não levaria a novas conclusões. Devido a isto, optou-se para tal estudo por um único grupo e o selecionado foi o 5, em virtude de:

- a) alta média geral em relação a região;
- b) bom índice de correlação;
- c) apresentar doses econômicas para ambos os modelos;
- d) baixo coeficiente de variação;
- e) apresentar 60% dos pontos críticos dos ensaios individuais como ponto de máximo e 40% como ponto de sela, ou seja, o maior percentual de pontos de máximo nos grupos estudados.

4.4.1 - Estimativas e intervalos de confiança dos rendimentos

A diversificação do grupo em apreço, levou a estimar-se as produções dos 27 tratamentos e determinar-se o intervalo de confiança para as respectivas produções, como consta no Quadro VII do Apêndice.

Notou-se que a produção observada na maioria dos tratamentos e nos dois modelos, esteve dentro da faixa do intervalo de confiança calculado. Embora, segundo CAMPOS (1967) os intervalos de confiança dos parâmetros sejam relativamente amplos, eles apresentam um estreitamento bastante acentuado para os rendimentos.

Verificou-se que os valores estimados são bem concordantes com os observados, apenas com alguma variação de determinados tratamentos, confirmando a boa aplicabilidade dos métodos em estudo. Notou-se ainda que a amplitude do intervalo de confiança foi, com exceção de 4 tratamentos, inferior a 10% do rendimento estimado para ambos os modelos.

4.4.2 - A dose de nutriente economicamente aconselhável

O grupo em estudo apresentou as seguintes doses econômicas, através das funções de receita líquida nos dois modelos.

| | Modelo I | Modelo II |
|---------|----------|-----------|
| X_1^* | 0,1871 | 0,1289 |
| X_2^* | 1,7699 | 3,6500 |
| X_3^* | 0,6015 | 0,2929 |

correspondendo em kg/ha a:

| | Modelo I | Modelo II |
|---------|----------|-----------|
| X_1^* | 15,0 | 10,3 |
| X_2^* | 141,6 | 292,0 |
| X_3^* | 48,1 | 23,4 |

Observou-se que as doses econômicas encontradas, não são concordantes, para os modelos em exame, confirmando o trabalho de VIEIRA (1970).

Analisando-se separadamente os modelos, tem-se:

a) Modelo I:

Para a obtenção de melhores informações sobre a dose economicamente aconselhável para o grupo em estudo, calculou-se os intervalos de confiança, com um coeficiente de confiabilidade de 95%, para cada um dos elementos constituintes da matriz A, das derivadas parciais de 2ª ordem, ou seja,

$$A = W \begin{vmatrix} 2\hat{a}_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{12} & 2\hat{a}_{22} & a_{23} \\ a_{13} & a_{23} & 2\hat{a}_{33} \end{vmatrix}$$

Diversificou-se esta matriz, atribuindo a cada um dos seus elementos, além do valor estimado, os extremos do intervalo de confiança, obtendo-se $3^6 = 729$ matrizes diferentes.

Estudando-se a natureza do ponto crítico, através de operações de congruência, obteve-se os seguintes resultados:

456 pontos de máximo,

273 pontos de sela,

correspondentes a 62,55% de pontos de máximo e 37,45% de pontos de sela, resultado bastante concordante com os obtidos nos ensaios individuais componentes do grupo 5, que apresentou 60% de máximos e 40% de pontos de sela.

No grupo em apreço não se determinou pontos nos quais aparecesse uma receita líquida mínima, mas a possibilidade não está afastada, segundo CAMPOS (1967).

b) Modelo II:

Para este modelo não se fez a diversificação da matriz das estimativas dos parâmetros, pois seria elevado o número de matrizes a estudar e trabalhosa sua obtenção. Assim sendo, limitou-se a colocá-la no presente trabalho, como se segue:

$$-\frac{1}{(X_1^+)^3} (\bar{a}_{11} + \bar{a}_{12} \sqrt{X_2^+} + \bar{a}_{13} \sqrt{X_3^+})$$

$$\frac{\bar{a}_{12}}{X_1^+ X_2^+}$$

$$\frac{\bar{a}_{13}}{X_1^+ X_3^+}$$

$$\frac{\bar{a}_{12}}{X_1^+ X_2^+}$$

$$-\frac{1}{(X_2^+)^3} (\bar{a}_{12} \sqrt{X_1^+} + \bar{a}_{22} + \bar{a}_{23} \sqrt{X_3^+})$$

$$\frac{\bar{a}_{23}}{X_2^+ X_3^+}$$

$$\frac{\bar{a}_{13}}{X_1^+ X_3^+}$$

$$\frac{\bar{a}_{23}}{X_2^+ X_3^+}$$

$$-\frac{1}{(X_3^+)^3} (\bar{a}_{13} \sqrt{X_1^+} + \bar{a}_{23} \sqrt{X_2^+} + \bar{a}_{33})$$

A = W

4.4.3 - Cortes na superfície de resposta referente ao grupo 5

Os cortes feitos, fixando-se na dose padrão dois dos elementos em estudo, forneceu os seguintes níveis ótimos:

| | Modelo I | Modelo II |
|-----------------|----------|-----------|
| $(X_1^*, 1, 1)$ | 0,34518 | 0,20170 |
| $(1, X_2^*, 1)$ | 1,75048 | 3,43183 |
| $(1, 1, X_3^*)$ | 0,82766 | 0,30155 |

correspondendo, em kg/ha, a:

| | Modelo I | Modelo II |
|-----------------|----------|-----------|
| $(X_1^*, 1, 1)$ | 27,6 | 16,1 |
| $(1, X_2^*, 1)$ | 140,0 | 274,5 |
| $(1, 1, X_3^*)$ | 66,2 | 24,1 |

Para o modelo I, X_1^* , X_2^* e X_3^* indicam pontos de máximo para a função de receita líquida nos respectivos cortes, pois as estimativas dos parâmetros: a_{11} , \hat{a}_{22} e a_{33} são negativas.

Para o modelo II, X_1^* , X_2^* e X_3^* indicam pontos de máximo para a função de receita líquida nos respectivos cortes, visto que, as somas de coeficientes das estimativas dos parâmetros em cada corte são positivas, ou seja:

para o 1º corte

$$a_{11} + \hat{a}_{12} + \hat{a}_{13} > 0$$

para o 2º corte

$$\hat{a}_{22} + \hat{a}_{12} + \hat{a}_{23} > 0$$

para o 3º corte

$$a_{33} + a_{13} + a_{23} > 0$$

Notou-se ainda que as doses econômicas para as funções de receita líquida, em ambos os modelos, não foram concordantes entre si, quando se efetuou os cortes e sim com os resultados obtidos pela superfície para os respectivos modelos I e II.

A determinação dos intervalos de confiança a 95% das doses econômicas em cada corte e modelo forneceu os seguintes extremos:

| | Modelo I | | Modelo II | |
|----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | Limite inferior | Limite superior | Limite inferior | Limite superior |
| 1º corte | -0,65240 | 1,34276 | -0,03519 | 0,43859 |
| 2º corte | 1,41546 | 2,08550 | -1,64233 | 8,50599 |
| 3º corte | 0,46067 | 1,19465 | -4,38151 | 4,98461 |

Isto corresponde, em kg/ha, a:

| | Modelo I | | Modelo II | |
|----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | Limite inferior | Limite superior | Limite inferior | Limite superior |
| 1º corte | -52,2 | 107,4 | -2,8 | 35,4 |
| 2º corte | 113,2 | 166,8 | -131,4 | 680,5 |
| 3º corte | 36,9 | 95,6 | -350,5 | 398,8 |

Verificou-se que os intervalos de confiança são muito amplos em ambos os modelos e em todos os cortes, chegando, as vezes, seus extremos, a apresentarem sinais diferentes, dificultando bastante a recomendação de uma dose econômica baseada nos cortes ora apresentados.

A recomendação do ajustamento de um dos modelos em estudo no presente trabalho, não deverá basear-se somente nas informações e conclusões aqui conseguidas, bem como na de outros autores, porem, usando-se o bom senso para a conveniência ou não da utilização, desde que o pesquisador tenha vivência com a cultura em apreço, local, clima, etc., a fim de que possa fazer uma recomendação adequada de um dos modelos em estudo e que suas conclusões sejam perfeitamente válidas para as condições nas quais se está trabalhando.

5. CONCLUSÕES

Do presente trabalho pode-se concluir:

1) Normalmente o modelo I forneceu ponto crítico de dose econômica mais elevado que o modelo II. Os modelos I e III tiveram comportamentos idênticos, razão pela qual o modelo III não foi considerado.

2) Os valores de F das regressões foram concordantes para os dois modelos, em todos os casos estudados.

3) Os coeficientes de determinação R^2 foram concordantes em ambos os modelos, para todos os casos.

4) Houve uma grande divergência nos níveis ótimos obtidos, tanto entre ensaios como entre modelos.

5) Ambos os modelos apresentaram, em certos casos, doses econômicas fora do intervalo estudado.

6) Recomenda-se a determinação de doses econômicas apenas para

grupos de ensaios, visto haver uma maior homogeneidade nos tratamentos.

7) Os parâmetros das equações de superfície de resposta, tanto nos ensaios isolados como nos grupos, apresentaram intervalos de confiança muito amplos.

8) Os rendimentos apresentados pelo grupo 5 forneceram intervalos de confiança aceitáveis do ponto de vista estatístico, ou seja, a maioria dos tratamentos possuía uma amplitude em seus intervalos de confiança menor que 10% do rendimento, para ambos os modelos.

9) As doses econômicas obtidas nos cortes foram bastante próximas das encontradas nas superfícies e seus intervalos de confiança muito amplos, de acordo com o que se esperava, dificultando a recomendação de adubação.

10) Para a cultura do arroz, recomenda-se a aplicação das superfícies de resposta somente para grupos de ensaios e de boa precisão.

6. RESUMO

A aplicação das funções de produção tem se expandido bastante nas pesquisas agronômicas, assim é que resolveu-se desenvolver este trabalho, com o objetivo de confirmar as conclusões de CAMPOS (1967) e VIEIRA (1970), bem como estendê-las para a cultura do arroz, através dos excelentes dados fornecidos pela EMBRAPA.

Foram estudados 27 ensaios fatoriais 3^3 de adubação NPK na cultura do arroz, instalados no Estado de Goiás e em vários anos agrícolas.

Houve 2 tipos de adubação, uma envolvendo 10 ensaios onde foram utilizadas as doses 0-40-80 kg/ha para os 3 nutrientes (N, P e K) e a outra nos 17 ensaios restantes, cujos níveis foram 0-80-160 kg/ha, também para os 3 nutrientes.

Trabalhou-se com os ensaios individualmente e foram feitos cinco grupos de experimentos por ano agrícola e um envolvendo dois anos agrícolas, a saber:

Grupo 1: ano agrícola 1968/69, com 7 ensaios;

Grupo 2: ano agrícola 1971/72, com 3 ensaios;

Grupo 3: ano agrícola 1969/70, com 8 ensaios;

Grupo 4: ano agrícola 1970/71, com 4 ensaios;

Grupo 5: ano agrícola 1971/72, com 5 ensaios;

Grupo 6: ano agrícola 1969/70 e 1970/71, nos dois primeiros as doses foram 0-40-80 e nos quatro últimos 0-80-160.

Os modelos estudados foram:

$$1) Y = a_0 + a_{14} X_1 + a_{24} X_2 + a_{34} X_3 + a_{11} X_1^2 + a_{22} X_2^2 + a_{33} X_3^2 + a_{12} X_1 X_2 + a_{13} X_1 X_3 + a_{23} X_2 X_3 + e_i.$$

$$2) Y = a_0 + a_{11} X_1^{1/2} + a_{22} X_2^{1/2} + a_{33} X_3^{1/2} + a_{14} X_1 + a_{24} X_2 + a_{34} X_3 + a_{12} X_1^{1/2} X_2^{1/2} + a_{13} X_1^{1/2} X_3^{1/2} + a_{23} X_2^{1/2} X_3^{1/2} + e_i.$$

$$3) Y = a_0 + a_{14} X_1 + a_{24} X_2 + a_{34} X_3 + a_{11} X_1^{3/2} + a_{22} X_2^{3/2} + a_{33} X_3^{3/2} + a_{12} X_1 X_2 + a_{13} X_1 X_3 + a_{23} X_2 X_3 + e_i.$$

Objetivou tal trabalho a aplicação dos referidos modelos a dados experimentais de ensaios de adubação, com a finalidade de:

a) Ajustar os respectivos modelos aos dados experimentais, através de estimativa dos parâmetros, determinação de sua variância e intervalo de confiança;

b) Comparar os 3 modelos entre si, procurando verificar qual o que melhor se adapta aos dados;

c) Fornecer as doses econômicas de nutrientes, obtidas pelos 3 modelos em estudo;

d) Obter os cortes das superfícies, procurando verificar o comportamento de cada nutriente, quando se fixam os demais nas doses padrão;

e) Estimar as produções e seu intervalo de confiança, ao nível de aproximadamente 95% de probabilidade.

As principais conclusões obtidas foram;

1) Os índices R^2 encontrados foram bastante concordantes nos modelos I e II para todos os casos. Os modelos I e III tiveram comportamentos idênticos, razão pela qual o modelo III não foi considerado.

2) Os parâmetros da equação de superfície de resposta, tanto nos ensaios isolados como nos grupos, apresentaram intervalos de confiança bastante amplos.

3) Os rendimentos, apresentados pelo grupo 5 forneceram intervalos de confiança aceitáveis do ponto de vista estatístico, ou seja, a maioria dos tratamentos possuía uma amplitude em seu intervalo de confiança menor que 10% do rendimento estimado para ambos os modelos;

4) Recomenda-se a determinação das doses econômicas para grupos de ensaios, visto haver uma maior homogeneidade nos tratamentos;

5) Ambos os modelos (I e II) apresentaram, em certos casos, doses econômicas fora do intervalo estudado;

6) Houve uma grande divergência nos níveis ótimos obtidos, tanto entre ensaios como entre modelos;

7) As doses econômicas obtidas nos cortes foram bastante próximas das encontradas nas superfícies e seus intervalos de confiança muito amplos, de acordo com o que se esperava, dificultando a recomendação de adubação.

7. SUMMARY

The application of the production functions have been expanded enough on agronomic researches, thus it was decided to develop this work, in order to confirm those conclusions as drawn by CAMPOS (1967) and VIEIRA (1970), also to understand such conclusions when they are applied to rice crop, through the excellent data furnished by EMBRAPA.

Twenty seven factorial experiments (3^3) on the NPK fertilization on rice were installed in the State of Goias, during several growing seasons.

Two kinds of fertilization were employed, one of them involving 10 experiments where the following dosages were employed: 0-40-80 kg/ha for the 3 nutrients (N, P and K), the other on the 17 remaining experiments, with the following levels: 0-80-160 kg/ha, for the same nutrients, in order.

This work was performed individually on each experiment, and there were five groups of experiments in every growing sea-

son and also one group involving 2 growing seasons, as follows:

Group 1: 1968/69 growing season, with 7 experiments;

Group 2: 1971/72 growing season, with 3 experiments;

Group 3: 1969/70 growing season, with 8 experiments;

Group 4: 1970/71 growing season, with 4 experiments;

Group 5: 1971/72 growing season, with 5 experiments;

Group 6: 1969/70 and 1970/71 growing season, on the first two groups the dosages were 0-40-80 and on the last four groups they were 0-80-160.

The designs utilized were:

$$1) Y = a_0 + a_{14}X_1 + a_{24}X_2 + a_{34}X_3 + a_{11}X_1^2 + a_{22}X_2^2 + a_{33}X_3^2 + a_{12}X_1X_2 + a_{13}X_1X_3 + a_{23}X_2X_3 + e_i.$$

$$2) Y = a_0 + a_{11}X_1^{1/2} + a_{22}X_2^{1/2} + a_{33}X_3^{1/2} + a_{14}X_1 + a_{24}X_2 + a_{34}X_3 + a_{12}X_1^{1/2}X_2^{1/2} + a_{13}X_1^{1/2}X_3^{1/2} + a_{23}X_2^{1/2}X_3^{1/2} + e_i.$$

$$3) Y = a_0 + a_{14}X_1 + a_{24}X_2 + a_{34}X_3 + a_{11}X_1^{3/2} + a_{22}X_2^{3/2} + a_{33}X_3^{3/2} + a_{12}X_1X_2 + a_{13}X_1X_3 + a_{23}X_2X_3 + e_i.$$

The goals of this study were to employ the above mentioned designs, to experimental data related to the fertilization experiments, in order to:

a) Adjust the respective designs to experimental data through the parameters estimative, determination of its variance and confidence intervals;

b) Compare the three designs among themselves, in an attempt to verify which one is better adapted to the data;

c) Furnish economical dosages of nutrients, obtained by the designs under study;

d) Obtain cuttings on the surface, attempting to verify each nutrient's comportament, when the others are fixed within the standard dosage;

e) Estimate yields and their confidence intervals to the 95% level of probability, approximately.

The main conclusions obtained were:

1) The R^2 indices found were in agreement in both designs for all cases;

2) The parameters of the "surface equation of answer", either in the isolated experiments or in the groups, showed confidence intervals very wide;

3) The yields showed by the group 5 furnished confidence intervals very acceptable from the statistical point of view, in other words, the majority of the treatments had an amplitude in its confidence interval lesser than 10% of the estimated yield for both designs;

4) It is recommended the determination of the economical dosages for groups of experiments, because a greater homogeneity is observed in the treatments;

5) Both designs showed in some cases economical dosages that were not in the studied interval;

6) There was a great divergence in the optimum levels obtained among both: experiments and designs;

7) The economical dosages obtained by cuttings were sufficient close to those found at the surface and their confidence intervals were much more wide, according to it was expected, difficulting the recommendation of fertilization.

8. BIBLIOGRAFIA

BAUN, E.L.; HEAD, E.O. e BLACKMORE, J. - 1956 - Methodological Procedures in the Economic Analysis of Fertilizer Innovations and Resource Use. Ames, Iowa. Iowa State University Press, 218 pp.

CAMPOS, H. - 1967 - Aspectos da Aplicação das Superfícies de Respostas a Ensaios Fatoriais 3^3 de Adubação (tese). Piracicaba. 82 pp.

CAMPOS, H. e ARAÚJO, P.C. - 1971 - Aspectos da Adubação do Milho. Depto.de Ciências Sociais Aplicadas, ESALQ, USP. Piracicaba.

COCHRAN, W.G. e COX, G.M. - 1957 - Experimental Designs. 3.^a ed. New York. John Wiley and Sons, Inc. 611 pp.

DRAPER, N. e SMITH, H. - 1967 - Applied Regression Analysis. 3.^a ed. New York, John Wiley and Sons, Inc. 407 pp.

FUZATTO, M.G.; VENTURINI, W.R. e CAVALIERE, P.A. - 1970 - Estudo Técnico Econômico do Algodoeiro no Estado de São Paulo. Instituto Agrônomo de Campinas (Projeto BNDE/ANDA/IAC). Publicação I. •

MYERS, H.R. - 1971 - Response Surface Methodology. 1.^a ed. Boston. Allyn and Badon, Inc. 246 pp.

NAGAI, V.; SILVA, N.M.; IGUE, T. - 1975 - Aplicação do Modelo Polinomial Quadrático ao Estudo Econômico de Experimento de Adubação em Algodoeiro. Trabalho mimeografado apresentado à Reunião Internacional da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria ("The Biometric Society"). Piracicaba. 18 pp.

NOGUEIRA, I.R. - 1960 - Pesquisa Sobre o Planejamento Experimental de Ensaio de Adubação (tese). Piracicaba. 44 pp.

PIMENTEL GOMES, F. - 1957 - Análise Conjunta de 38 Experimentos de Adubação de Cana-de-Açúcar. Revista de Agricultura, 32:113-116.

PIMENTEL GOMES, F. - 1963 - The Use of Mitscherlich's Law in the Analysis of Experiments With Fertilizers. Biometrics, 9:498-517.

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

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

PIMENTEL GOMES, F. - 1969 - Novos Aspectos do Estudo Econômico de Ensaio de Adubação. Fertilidade, 34:3-21.

PIMENTEL GOMES, F. - 1976 - Curso de Estatística Experimental. 6^a ed. Piracicaba. 384 pp + 15 tabelas.

PIMENTEL GOMES, F. e NOGUEIRA, I.R. - 1977 - Análise Matemática (2 volumes). Piracicaba.

- RAMIREZ DÁVILA, L.E. e BENITEZ, J. - 1975 - Ventajas e Desventajas del modelo polinomial cuadrático en el estudio de la respuesta a los fertilizantes. Trabalho mimeografado apresentado à Reunião Internacional da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria ("The Biometric Society"). Piracicaba.
- TEJEDA, H. - 1966 - Evaluación de Algunos Aspectos de la Metodología para Determinar Funciones de Respuesta a la Fertilización y su Utilización Económica. Seminário Internacional sobre Investigación Económica y Experimentacion Agrícola. Santiago, Chile.
- VIEIRA, S. - 1970 - Aspectos das Funções de Produção Ajustadas aos Ensaio Fatoriais 3^3 de Adubação (tese). Piracicaba. 165 pp.
- WRIGHT, C.L. - 1973 - Análise Econômica de Adubação em Culturas Anuais na Região de Ribeirão Preto, São Paulo, Ano Agrícola 1971/72. (Dissertação de Mestrado, ESALQ). Piracicaba. 162 pp.
- ZAGATTO, A.G. e PIMENTEL GOMES, F. - 1960 - O Problema Técnico-Econômico da Adubação. Anais E.S.A. "Luiz de Queiroz", 17:149-164.
- ZAGATTO, A.G. e PIMENTEL GOMES, F. - 1967 - Aspectos Econômicos da Adubação. In: MALAVOLTA, E. - Manual de Química Agrícola - Adubos e Adubação. 2ª ed. Biblioteca Agronômica "Ceres". S.Paulo.

9. APÊNDICE

Quadro I - Produções, em kg/ha, dos tratamentos referentes aos ensaios individuais de adubação NPK em arroz, instalados no Estado de Goiás.

| TRATAMENTOS | E N S A I O S | | | | | | | | |
|-------------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 000 | 1424 | 1383 | 2222 | 417 | 951 | 2038 | 2257 | 1567 | 1900 |
| 001 | 1667 | 1130 | 2431 | 417 | 1076 | 2597 | 1597 | 2267 | 2333 |
| 002 | 1597 | 1767 | 2153 | 625 | 1424 | 1198 | 2465 | 2000 | 2050 |
| 010 | 3854 | 1967 | 3403 | 1042 | 2326 | 3066 | 2118 | 2833 | 3400 |
| 011 | 3264 | 1900 | 3542 | 1597 | 3083 | 2153 | 2569 | 3033 | 3317 |
| 012 | 3056 | 1917 | 3472 | 1944 | 3250 | 3306 | 2292 | 2917 | 3367 |
| 020 | 4167 | 1900 | 3125 | 1736 | 3160 | 3521 | 1806 | 3467 | 3417 |
| 021 | 3576 | 1550 | 4236 | 1181 | 2986 | 2167 | 2188 | 2600 | 4217 |
| 022 | 4236 | 2264 | 4097 | 1528 | 2604 | 2424 | 2049 | 2933 | 2800 |
| 100 | 3299 | 3200 | 3194 | 903 | 1146 | 2493 | 2917 | 2133 | 2933 |
| 101 | 2257 | 2400 | 3472 | 847 | 1194 | 2490 | 2653 | 3133 | 3767 |
| 102 | 2813 | 3067 | 3611 | 278 | 1424 | 2191 | 2639 | 2117 | 2750 |
| 110 | 3333 | 3017 | 4375 | 1458 | 3458 | 2361 | 2847 | 3567 | 3067 |
| 111 | 3889 | 2850 | 3681 | 1806 | 2701 | 3715 | 2965 | 2767 | 4167 |
| 112 | 3507 | 3126 | 3819 | 486 | 2868 | 4021 | 3125 | 3400 | 4717 |
| 120 | 3403 | 3167 | 3819 | 2222 | 3222 | 3340 | 2813 | 2967 | 4517 |
| 121 | 3285 | 3483 | 3889 | 1875 | 3049 | 3778 | 2813 | 3533 | 3717 |
| 122 | 3611 | 3200 | 4167 | 1042 | 2934 | 2514 | 3007 | 3050 | 3867 |
| 200 | 2639 | 2510 | 3611 | 215 | 1049 | 1833 | 2743 | 2300 | 3733 |
| 201 | 2604 | 3033 | 3125 | 694 | 1285 | 2549 | 2708 | 2333 | 2000 |
| 202 | 2535 | 2553 | 3264 | 764 | 1021 | 1920 | 3160 | 2967 | 2867 |
| 210 | 3854 | 2983 | 2569 | 694 | 2618 | 2167 | 2660 | 3283 | 2750 |
| 211 | 3368 | 3030 | 3472 | 1639 | 2257 | 3201 | 3090 | 2867 | 4567 |
| 212 | 4236 | 3183 | 3681 | 2431 | 2653 | 2538 | 2639 | 3333 | 3633 |
| 220 | 2882 | 2900 | 2986 | 972 | 2861 | 2559 | 3021 | 2600 | 2683 |
| 221 | 4132 | 3050 | 3819 | 556 | 2521 | 2038 | 3090 | 3133 | 3600 |
| 222 | 4167 | 2880 | 3611 | 2222 | 2708 | 2878 | 3333 | 2667 | 3983 |

(continuação)

| TRATAMENTOS | E N S A I O S | | | | | | | | |
|-------------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| 000 | 2573 | 1600 | 867 | 1233 | 400 | 725 | 160 | 1217 | 900 |
| 001 | 2217 | 2033 | 2067 | 1317 | 933 | 750 | 420 | 533 | 1150 |
| 002 | 2233 | 1833 | 1347 | 867 | 1033 | 575 | 200 | 1033 | 1150 |
| 010 | 1643 | 2233 | 2043 | 1967 | 1467 | 283 | 1010 | 2400 | 1667 |
| 011 | 1877 | 2467 | 1630 | 2233 | 867 | 1000 | 753 | 1800 | 1567 |
| 012 | 740 | 2267 | 1333 | 1400 | 733 | 967 | 1087 | 1533 | 1383 |
| 020 | 2407 | 2567 | 1337 | 1900 | 667 | 850 | 843 | 2433 | 1717 |
| 021 | 1780 | 3333 | 1473 | 1967 | 1000 | 1092 | 1427 | 2250 | 1467 |
| 022 | 2340 | 3100 | 1750 | 2150 | 1633 | 767 | 867 | 1967 | 1550 |
| 100 | 2083 | 2367 | 1320 | 1200 | 567 | 367 | 1043 | 1117 | 1617 |
| 101 | 2050 | 2767 | 1280 | 1417 | 700 | 925 | 350 | 1183 | 800 |
| 102 | 2700 | 2533 | 1397 | 1867 | 1133 | 783 | 247 | 750 | 1250 |
| 110 | 1943 | 3100 | 1090 | 2250 | 533 | 1767 | 1460 | 1750 | 1583 |
| 111 | 2357 | 3433 | 1660 | 2233 | 567 | 703 | 1003 | 1867 | 1517 |
| 112 | 1873 | 3700 | 1443 | 2000 | 1300 | 1100 | 1330 | 2183 | 1633 |
| 120 | 1700 | 3500 | 1320 | 2233 | 967 | 1208 | 1007 | 2150 | 1600 |
| 121 | 2557 | 3033 | 1210 | 2467 | 700 | 1317 | 1113 | 2517 | 1900 |
| 122 | 1923 | 3133 | 1047 | 2350 | 267 | 1525 | 450 | 2150 | 1817 |
| 200 | 1577 | 2467 | 1537 | 1083 | 733 | 900 | 53 | 433 | 1000 |
| 201 | 2463 | 3067 | 1077 | 1300 | 500 | 900 | 235 | 1050 | 1267 |
| 202 | 2690 | 2233 | 1393 | 1500 | 567 | 767 | 460 | 1500 | 1883 |
| 210 | 2667 | 2867 | 1067 | 1967 | 533 | 1467 | 1420 | 2300 | 2067 |
| 211 | 1340 | 3467 | 1280 | 2117 | 633 | 942 | 1407 | 2033 | 1417 |
| 212 | 1723 | 3500 | 1267 | 1900 | 767 | 733 | 1957 | 1833 | 1567 |
| 220 | 2707 | 3467 | 877 | 2300 | 267 | 1067 | 1860 | 1933 | 1317 |
| 221 | 1567 | 3233 | 987 | 1950 | 633 | 1237 | 1293 | 1883 | 1783 |
| 222 | 650 | 2433 | 1157 | 2067 | 667 | 933 | 1583 | 2017 | 1683 |

(continuação)

| TRATAMENTOS | E N S A I O S | | | | | | | | |
|-------------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 |
| 000 | 2067 | 157 | 1690 | 350 | 1370 | 1497 | 1267 | 1433 | 273 |
| 001 | 1600 | 783 | 1857 | 1283 | 1407 | 1870 | 1967 | 2200 | 303 |
| 002 | 1163 | 2033 | 1451 | 700 | 1847 | 1573 | 1400 | 1767 | 227 |
| 010 | 1667 | 2300 | 1762 | 4083 | 4003 | 1867 | 2467 | 3400 | 1103 |
| 011 | 2117 | 1567 | 2233 | 2850 | 3213 | 1537 | 3267 | 2667 | 773 |
| 012 | 2333 | 1267 | 2014 | 2300 | 3290 | 2400 | 3267 | 2050 | 1557 |
| 020 | 2467 | 1317 | 2500 | 3983 | 3580 | 3147 | 3033 | 3000 | 2057 |
| 021 | 1467 | 1200 | 2500 | 4100 | 4020 | 3497 | 3567 | 3350 | 1277 |
| 022 | 2667 | 2317 | 2308 | 4100 | 3093 | 3520 | 3100 | 2800 | 610 |
| 100 | 1483 | 550 | 1905 | 2600 | 2323 | 983 | 2400 | 1600 | 387 |
| 101 | 967 | 600 | 2428 | 850 | 1437 | 1570 | 2100 | 2350 | 440 |
| 102 | 2267 | 1233 | 1095 | 1467 | 1483 | 1700 | 2200 | 1800 | 260 |
| 110 | 2733 | 267 | 2198 | 3717 | 3867 | 3260 | 2500 | 2933 | 940 |
| 111 | 2367 | 1933 | 2544 | 4150 | 4060 | 1533 | 3133 | 3333 | 1760 |
| 112 | 2333 | 2767 | 1023 | 2367 | 3850 | 1877 | 3400 | 3033 | 1143 |
| 120 | 2500 | 2433 | 1762 | 4833 | 4063 | 2753 | 3100 | 3333 | 1020 |
| 121 | 2700 | 2590 | 2476 | 5600 | 3987 | 3710 | 3167 | 3867 | 1263 |
| 122 | 2600 | 1020 | 1863 | 4150 | 4103 | 3543 | 3567 | 3367 | 1353 |
| 200 | 1000 | 1500 | 2214 | 967 | 1663 | 1137 | 2000 | 2100 | 390 |
| 201 | 1680 | 40 | 2262 | 1583 | 2463 | 1213 | 2333 | 2000 | 520 |
| 202 | 1933 | 100 | 2095 | 683 | 2527 | 2373 | 2100 | 1567 | 840 |
| 210 | 2333 | 1550 | 2381 | 3350 | 4143 | 3237 | 2900 | 3267 | 1423 |
| 211 | 2600 | 1467 | 2185 | 3217 | 3987 | 2838 | 3167 | 2933 | 710 |
| 212 | 1867 | 1633 | 2119 | 3767 | 3050 | 2873 | 3467 | 3167 | 1173 |
| 220 | 2833 | 1767 | 1905 | 5567 | 3253 | 3540 | 3400 | 3533 | 1213 |
| 221 | 1933 | 2500 | 2047 | 4850 | 3344 | 2763 | 3367 | 4400 | 1567 |
| 222 | 2483 | 2250 | 2214 | 5000 | 4417 | 3283 | 3333 | 3100 | 1313 |

Quadro II - Produções médias, em kg/ha, dos tratamentos nos grupos de ensaios.

| NPK | G R U P O S | | | | | |
|-----|-------------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 000 | 1527 | 642 | 1358 | 1086 | 1222 | 1267 |
| 001 | 1559 | 986 | 1740 | 926 | 1743 | 1469 |
| 002 | 1604 | 1278 | 1492 | 887 | 1433 | 1290 |
| 010 | 2539 | 1757 | 1984 | 1686 | 3143 | 1885 |
| 011 | 2587 | 1279 | 2053 | 1559 | 2846 | 1888 |
| 012 | 2748 | 1741 | 1715 | 1584 | 2584 | 1671 |
| 020 | 2773 | 2173 | 2076 | 1865 | 3219 | 2006 |
| 021 | 2555 | 1991 | 2183 | 1653 | 3507 | 2006 |
| 022 | 2743 | 2149 | 2184 | 1763 | 3080 | 2044 |
| 100 | 2450 | 640 | 1621 | 1315 | 2166 | 1519 |
| 101 | 2188 | 870 | 2005 | 825 | 1833 | 1612 |
| 102 | 2289 | 1064 | 1910 | 1128 | 1609 | 1649 |
| 110 | 2979 | 1489 | 2165 | 1882 | 3043 | 2071 |
| 111 | 3087 | 1742 | 2236 | 1688 | 3444 | 2053 |
| 112 | 2993 | 1929 | 2442 | 1870 | 2735 | 2251 |
| 120 | 3141 | 2069 | 2301 | 1814 | 3418 | 2139 |
| 121 | 3167 | 2521 | 2317 | 2058 | 3819 | 2231 |
| 122 | 2923 | 1972 | 2145 | 1754 | 3410 | 2015 |
| 200 | 2086 | 1009 | 1791 | 622 | 1789 | 1401 |
| 201 | 2286 | 591 | 1705 | 1058 | 2128 | 1489 |
| 202 | 2174 | 1104 | 1872 | 1444 | 1794 | 1730 |
| 210 | 2507 | 2070 | 2075 | 2030 | 3208 | 2060 |
| 211 | 2865 | 1672 | 2151 | 1864 | 3118 | 2055 |
| 212 | 3051 | 1893 | 2107 | 1806 | 3114 | 2007 |
| 220 | 2597 | 2173 | 1996 | 1986 | 3532 | 1993 |
| 221 | 2887 | 2280 | 2043 | 1723 | 3601 | 1936 |
| 222 | 3114 | 2282 | 1820 | 1942 | 3613 | 1861 |

Quadro III - Estimativas dos parâmetros e respectivos intervalos de confiança, a 95% de probabilidade nos 33 casos estudados, referentes ao modelo I.

| Nº do Ensaio | a_0 | a_{14} | a_{24} | a_{34} | a_{11} | a_{22} | a_{33} | a_{12} | a_{13} | a_{23} |
|--------------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | 1583,9 | -167,3 | 1335,4 | -1256,2 | -381,5 | -875,7 | -155,8 | -533,6 | -33,0 | -44,6 |
| | 2101,7 | 516,8 | 2019,5 | -572,1 | -85,3 | -579,5 | 140,4 | -324,1 | 176,5 | 164,9 |
| | 2619,5 | 1200,9 | 2703,6 | 112,0 | 210,9 | -283,3 | 436,6 | -114,6 | 386,0 | 374,4 |
| 2 | 936,5 | 1495,2 | -118,8 | -787,7 | -1003,0 | -413,5 | -155,8 | -252,8 | -234,0 | -187,5 |
| | 1417,3 | 2130,4 | 516,4 | -152,5 | -728,9 | -139,4 | 118,3 | -58,3 | -39,5 | 7,0 |
| | 1898,1 | 2765,6 | 1151,6 | 482,8 | -454,8 | 134,7 | 392,4 | 136,2 | 155,0 | 201,5 |
| 3 | 1943,8 | 798,6 | 289,4 | -441,7 | -784,6 | -449,0 | -391,1 | -544,9 | -157,2 | -29,9 |
| | 2418,3 | 1425,5 | 916,3 | 185,2 | -513,1 | -177,5 | -119,6 | -353,0 | 34,7 | 162,0 |
| | 2892,8 | 2052,4 | 1543,2 | 812,1 | -241,6 | 94,0 | 151,9 | -161,1 | 226,6 | 353,9 |
| 4 | -222,2 | -1107,9 | 331,6 | -1154,1 | -530,6 | -894,1 | -479,7 | -405,4 | -110,3 | -352,2 |
| | 592,7 | -31,3 | 1408,2 | -77,5 | -64,4 | -427,9 | -13,5 | -75,8 | 219,3 | -22,6 |
| | 1407,6 | 1045,3 | 2484,8 | 999,1 | 401,8 | 38,3 | 452,7 | 253,8 | 548,9 | 307,0 |
| 5 | 494,1 | -118,5 | 1983,9 | -522,8 | -490,9 | -1029,0 | -185,3 | -231,4 | -266,7 | -328,6 |
| | 950,1 | 484,0 | 2586,4 | 79,7 | -230,0 | -768,1 | 75,6 | -46,9 | -82,2 | -144,1 |
| | 1406,1 | 1086,5 | 3188,9 | 682,2 | 30,9 | -507,2 | 336,5 | 137,6 | 102,3 | 40,4 |
| 6 | 1260,3 | -193,2 | 305,7 | -594,9 | -900,3 | -837,8 | -697,8 | -305,4 | -90,4 | -342,4 |
| | 2054,0 | 775,8 | 1274,7 | 374,1 | -480,7 | -418,2 | -278,2 | -8,7 | 206,3 | -45,7 |
| | 2847,7 | 1744,8 | 2243,7 | 1343,1 | -61,1 | 1,4 | 141,4 | 288,0 | 503,0 | 251,0 |
| 7 | 1671,2 | 333,3 | -524,3 | -618,8 | -581,7 | -336,3 | -231,0 | -92,0 | -177,7 | -151,0 |
| | 2127,7 | 936,3 | 78,7 | -15,8 | -320,6 | -75,2 | 30,1 | 92,6 | 6,9 | 33,6 |
| | 2584,2 | 1539,3 | 681,7 | 587,2 | 59,5 | 185,9 | 291,2 | 277,2 | 191,5 | 218,2 |

{continuação}

| Nº do Ensaio | a ₀ | a ₁₄ | a ₂₄ | a ₃₄ | a ₁₁ | a ₂₂ | a ₃₃ | a ₁₂ | a ₁₃ | a ₂₃ |
|--------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 8 | 1169,9 | -151,9 | 718,5 | -626,9 | -606,1 | -828,3 | -439,4 | -459,4 | -195,5 | -384,4 |
| | 1818,2 | 704,6 | 1575,0 | 229,6 | -235,2 | -457,4 | -68,5 | -197,2 | 66,7 | -122,2 |
| | 2466,5 | 1561,1 | 2431,5 | 1086,1 | 135,7 | -86,5 | 302,4 | 65,0 | 328,9 | 140,0 |
| 9 | 1690,4 | 724,8 | 928,9 | -242,4 | -859,3 | -773,1 | -556,5 | -406,6 | -48,3 | -121,9 |
| | 2184,0 | 1376,9 | 1581,0 | 409,7 | -576,9 | -490,7 | -274,1 | -206,9 | 151,4 | 77,8 |
| | 2677,6 | 2029,0 | 2233,1 | 1061,8 | -294,5 | -208,3 | 8,3 | -7,2 | 351,1 | 277,5 |
| 10 | 1352,5 | -304,1 | -1226,4 | -576,9 | -519,2 | -15,3 | -355,8 | -351,4 | -290,3 | -516,4 |
| | 1951,2 | 486,9 | -435,4 | 214,1 | -176,7 | 327,2 | -13,2 | -109,2 | -48,1 | -274,2 |
| | 2549,9 | 1277,9 | 355,6 | 1005,1 | 165,8 | 669,7 | 329,2 | 133,0 | 194,1 | -32,0 |
| 11 | 824,3 | 617,2 | 495,0 | 15,4 | -712,3 | -623,4 | -590,1 | -410,6 | -349,4 | -316,1 |
| | 1392,9 | 1368,5 | 1246,3 | 766,7 | -387,0 | -298,1 | -264,8 | -180,6 | -119,4 | -86,1 |
| | 1961,5 | 2119,8 | 1997,6 | 1518,0 | -61,7 | 27,2 | 60,5 | 49,4 | 110,6 | 143,9 |
| 12 | 1041,7 | -662,9 | -186,2 | -254,4 | -151,2 | -325,7 | -300,7 | -250,0 | -131,6 | -143,8 |
| | 1398,6 | -191,3 | 285,4 | 217,2 | 53,0 | -121,5 | -96,5 | -105,6 | 12,8 | 0,6 |
| | 1755,5 | 280,3 | 757,0 | 688,8 | 257,2 | 82,7 | 107,7 | 38,8 | 157,2 | 145,0 |
| 13 | 749,8 | 44,6 | 534,9 | -325,3 | -484,8 | -493,1 | -315,3 | -167,5 | -86,9 | -202,2 |
| | 1129,5 | 546,3 | 1036,6 | 176,4 | -267,6 | -275,9 | -98,1 | -13,9 | 66,7 | -48,6 |
| | 1509,2 | 1048,0 | 1538,3 | 678,1 | -50,4 | -58,7 | 119,1 | 139,7 | 220,3 | 105,0 |
| 14 | 383,6 | -517,5 | -94,4 | -350,9 | -139,3 | -250,4 | -106,0 | -218,0 | -154,1 | -151,4 |
| | 682,1 | -123,1 | 300,0 | 43,5 | 31,5 | -78,6 | 64,8 | -97,2 | -33,3 | -30,6 |
| | 980,6 | 271,3 | 694,4 | 437,9 | 202,3 | 91,2 | 235,6 | 23,6 | 87,5 | 90,2 |

(continuação)

| Nº do Ensaio | a ₀ | a ₁₄ | a ₂₄ | a ₃₄ | a ₁₁ | a ₂₂ | a ₃₃ | a ₁₂ | a ₁₃ | a ₂₃ |
|--------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 15 | 37,8 459,0 880,2 | 52,5 609,0 1165,5 | -233,8 322,7 879,2 | -354,6 201,9 758,4 | -431,9 -190,9 50,1 | -309,7 -68,7 172,3 | -293,6 -52,6 188,4 | -169,4 1,0 171,4 | -291,2 -120,8 49,6 | -173,2 -2,8 167,6 |
| 16 | -97,9 374,8 847,5 | -724,1 -99,6 524,9 | 708,9 1333,4 1957,9 | -782,5 -158,0 466,5 | -213,3 57,1 327,5 | -783,8 -513,4 -243,0 | -213,0 57,4 327,8 | -55,2 136,0 327,2 | -147,3 43,9 235,1 | -229,5 -38,3 152,9 |
| 17 | 701,1 1042,7 1383,3 | -428,6 22,7 474,0 | 1100,1 1551,4 2002,7 | -654,1 -202,8 248,5 | -261,1 -65,7 129,7 | -600,0 -404,6 -209,2 | -169,5 25,9 221,3 | -222,9 -84,7 53,5 | 45,1 183,3 321,5 | -213,2 -75,0 63,2 |
| 18 | 738,1 1108,3 1478,5 | -313,6 175,5 664,6 | 154,9 644,0 1133,1 | -697,4 -208,3 280,8 | -261,8 -50,0 161,8 | -375,7 -163,9 47,9 | -120,1 91,7 303,5 | -224,7 -75,0 74,7 | -70,5 79,2 228,9 | -178,9 -29,2 120,5 |
| 19 | 1046,6 1496,4 1946,2 | -207,3 367,0 961,3 | 364,9 959,2 1553,5 | -933,8 -339,5 254,8 | -462,3 -205,0 52,3 | -529,0 -271,7 -14,4 | -42,3 215,0 472,3 | -109,8 72,2 254,2 | -169,2 12,8 194,8 | -253,9 -71,9 110,1 |
| 20 | 259,3 569,0 878,7 | -329,4 79,8 489,0 | 575,6 984,8 1394,0 | -63,1 346,1 755,3 | -235,0 -57,8 119,4 | -461,1 -283,9 -106,7 | -116,1 61,1 236,3 | 126,1 251,4 376,7 | -348,4 -223,1 -97,8 | -216,1 -90,8 34,5 |
| 21 | 1476,7 1773,2 2069,7 | -468,2 -76,4 315,4 | -77,1 314,7 706,5 | 117,0 508,8 900,6 | 10,8 180,4 350,0 | -200,1 -30,5 139,1 | -545,6 -376,0 -206,4 | -346,1 -262,2 -106,3 | -111,0 8,9 128,8 | -4,3 115,6 235,5 |

(continuação)

| Nº do Ensaio | a ₀ | a ₁₄ | a ₂₄ | a ₃₄ | a ₁₁ | a ₂₂ | a ₃₃ | a ₁₂ | a ₁₃ | a ₂₃ |
|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 22 | 876,7 | 304,4 | 1876,2 | -476,1 | -576,1 | -587,2 | -367,7 | 52,1 | -68,7 | -147,9 |
| | 1229,8 | 770,8 | 2342,6 | -9,7 | -374,1 | -385,2 | -165,7 | 194,4 | 73,6 | -5,6 |
| | 1582,9 | 1237,2 | 2809,0 | 456,7 | -172,1 | -183,2 | 36,3 | 336,7 | 215,9 | 136,7 |
| 23 | 1434,4 | 297,9 | 2643,3 | -483,1 | -326,7 | -1041,7 | -117,4 | -229,1 | 51,5 | -68,5 |
| | 1648,6 | 580,9 | 2926,3 | -200,1 | -204,2 | -919,2 | 5,1 | -142,5 | 138,1 | 18,1 |
| | 1862,8 | 863,9 | 3209,3 | 82,9 | -81,7 | -796,7 | 127,6 | -55,9 | 224,7 | 104,7 |
| 24 | 977,7 | -455,4 | 520,9 | -559,5 | -41,0 | -123,0 | 25,3 | -150,0 | -150,6 | -213,6 |
| | 1273,2 | -64,9 | 911,4 | -169,0 | 128,0 | 46,1 | 194,4 | -30,0 | -30,6 | -93,6 |
| | 1568,7 | 325,6 | 1301,9 | 221,5 | 297,2 | 215,2 | 363,5 | 90,0 | 89,4 | 26,4 |
| 25 | 1165,2 | 101,3 | 1206,0 | 117,1 | -266,5 | -599,8 | -349,8 | -237,1 | -153,7 | -84,3 |
| | 1462,7 | 494,4 | 1599,1 | 510,2 | -96,3 | -429,6 | -179,6 | -116,7 | -33,3 | 36,1 |
| | 1760,2 | 887,5 | 1992,2 | 903,3 | 73,9 | -259,4 | -9,4 | 3,7 | 87,1 | 156,5 |
| 26 | 1350,6 | -155,8 | 880,8 | 226,2 | -344,6 | -539,0 | -591,8 | -10,8 | 133,0 | -195,5 |
| | 1710,2 | 319,4 | 1356,0 | 701,4 | -138,9 | -333,3 | -386,1 | 134,7 | 12,5 | -50,0 |
| | 2069,8 | 794,6 | 1831,2 | 1176,6 | 66,8 | -127,6 | -180,4 | 280,2 | 158,0 | 95,5 |
| 27 | 17,6 | -394,3 | 874,0 | -421,8 | -158,0 | -487,5 | -160,8 | -183,9 | -6,6 | -225,8 |
| | 310,0 | -8,0 | 1260,3 | -35,5 | 9,3 | -320,2 | 6,5 | -65,6 | 116,7 | -107,5 |
| | 602,4 | 378,3 | 1646,6 | 350,8 | 176,6 | -152,9 | 173,8 | 52,7 | 230,0 | 10,8 |
| Grupo 1 | 1087,5 | 126,8 | 492,9 | -789,9 | -677,1 | -700,4 | -337,7 | -344,8 | -159,4 | -211,8 |
| | 1666,0 | 891,1 | 1257,2 | -25,6 | -346,1 | -369,4 | -6,7 | -110,6 | 74,6 | 22,2 |
| | 2244,5 | 1655,4 | 2021,5 | 738,7 | -15,1 | -38,4 | 324,3 | 123,4 | 308,6 | 256,2 |

(continuação)

| Nº do Enseio | a ₀ | a ₁₄ | a ₂₄ | a ₃₄ | a ₁₁ | a ₂₂ | a ₃₃ | a ₁₂ | a ₁₃ | a ₂₃ |
|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Grupo 2 | 418,1 | -393,1 | 656,8 | -348,2 | -144,7 | -357,2 | -83,9 | -69,2 | -168,4 | -218,4 |
| | 717,4 | 2,3 | 1052,2 | 47,2 | 26,5 | -186,0 | 87,3 | 51,9 | 47,3 | -97,3 |
| | 1016,7 | 397,7 | 1447,6 | 442,6 | 197,7 | -14,8 | 258,5 | 173,0 | 73,8 | 23,8 |
| Grupo 3 | 891,6 | -43,8 | 97,9 | -358,7 | -496,3 | -460,7 | -378,0 | -310,0 | -199,3 | -257,1 |
| | 1376,9 | 597,3 | 739,0 | 262,4 | -218,7 | -183,1 | -100,4 | -113,7 | -3,0 | -60,8 |
| | 1862,2 | 1238,4 | 1380,1 | 923,5 | 58,9 | 94,5 | 177,2 | 82,6 | 193,3 | 135,5 |
| Grupo 4 | 593,4 | -423,1 | 577,5 | -771,7 | -301,7 | -574,2 | -138,3 | -154,6 | -86,9 | -220,3 |
| | 1005,6 | 121,4 | 1122,0 | -227,2 | -65,9 | -338,4 | 97,5 | 12,1 | 79,8 | -53,6 |
| | 1417,8 | 665,9 | 1666,5 | 317,3 | 169,9 | -102,6 | 333,3 | 178,8 | 246,5 | 113,1 |
| Grupo 5 | 1256,3 | 10,0 | 1299,9 | -105,7 | -303,2 | -596,2 | -397,1 | -156,1 | -84,9 | -102,0 |
| | 1564,9 | 417,8 | 1707,7 | 302,1 | -126,6 | -419,6 | -220,5 | -31,2 | 40,0 | 22,9 |
| | 1873,5 | 825,6 | 2115,5 | 709,9 | 50,0 | -243,0 | -43,9 | 93,7 | 164,9 | 147,8 |
| Grupo 6 | 790,9 | -172,0 | 256,0 | -498,1 | -432,2 | -499,3 | -298,8 | -258,8 | -162,4 | -245,4 |
| | 1253,1 | 438,6 | 866,6 | 112,5 | -167,8 | -234,9 | -34,4 | -71,8 | 24,6 | -58,4 |
| | 1715,3 | 1049,2 | 1477,2 | 723,1 | 96,6 | 29,5 | 230,0 | 115,2 | 211,6 | 128,6 |

Quadro IV - Estimativas dos parâmetros e respectivos intervalos de confiança a 95% de probabilidade dos 33 casos estudados, referentes ao modelo II.

| Nº do Ensaio | a ₀ | a ₁₁ | a ₂₂ | a ₃₃ | a ₁₄ | a ₂₄ | a ₃₄ | a ₁₂ | a ₁₃ | a ₂₃ |
|--------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1 | 1422,6 | -488,7 | 1227,5 | -2062,8 | -742,5 | -1432,9 | -346,1 | -1117,0 | 82,7 | 118,5 |
| | 2000,6 | 618,7 | 2334,9 | -955,4 | -7,2 | -697,6 | 389,2 | -720,7 | 313,6 | 277,8 |
| | 2578,6 | 1726,1 | 3442,3 | 152,0 | 728,1 | 37,7 | 1124,5 | -324,4 | 709,9 | 674,1 |
| 2 | 902,4 | 1574,3 | -488,5 | -1438,3 | -1867,7 | -833,1 | -345,4 | -482,0 | -395,3 | -332,9 |
| | 1439,1 | 2602,5 | 539,7 | -410,1 | -1185,0 | -150,4 | 337,3 | -114,1 | -27,4 | 35,0 |
| | 1975,8 | 3630,7 | 1567,9 | 618,1 | -502,3 | 532,3 | 1020,0 | 253,8 | 340,5 | 402,9 |
| 3 | 1763,6 | 1338,7 | -66,3 | -851,2 | -1831,6 | -731,9 | 819,8 | -1101,8 | -372,0 | -50,1 |
| | 2293,2 | 2353,5 | 948,5 | 163,6 | -1157,8 | -58,1 | -146,0 | -738,7 | -8,9 | 313,0 |
| | 2822,8 | 3368,3 | 1963,3 | 1178,4 | -484,0 | 615,7 | 527,8 | -375,6 | 354,2 | 676,1 |
| 4 | -398,2 | -1589,1 | -173,5 | -1837,3 | -1329,3 | -1736,0 | -1097,6 | -737,1 | -427,5 | -644,8 |
| | 511,4 | 153,6 | 1569,2 | -94,6 | -172,1 | -578,8 | 59,6 | -113,5 | 196,1 | -21,2 |
| | 1421,0 | 1896,3 | 3311,9 | 1648,1 | 985,1 | 578,4 | 1216,8 | 510,1 | 819,7 | 602,4 |
| 5 | 347,7 | 62,6 | 1925,4 | -853,4 | -1307,7 | -1642,9 | -460,4 | -442,7 | -569,5 | -600,8 |
| | 856,7 | 1037,9 | 2900,7 | 121,9 | -660,1 | -995,3 | 187,2 | -93,7 | -220,5 | -251,8 |
| | 1365,7 | 2013,2 | 3876,0 | 1097,2 | -12,5 | -347,7 | 834,8 | 255,3 | 128,5 | 97,2 |
| 6 | 1401,3 | -323,1 | -106,8 | -1046,8 | -2190,1 | -1667,3 | -1734,7 | -602,4 | -28,4 | -562,3 |
| | 2220,0 | 1245,4 | 1461,7 | 521,7 | -1148,6 | -625,8 | -693,2 | -41,1 | 532,9 | -1,0 |
| | 3038,7 | 2813,9 | 3030,2 | 2090,2 | -107,1 | 415,7 | 348,3 | 520,2 | 1094,2 | 560,3 |
| 7 | 1639,2 | 23,3 | -910,4 | -1176,0 | -1027,5 | -775,4 | -490,7 | -231,8 | -348,6 | -229,4 |
| | 2148,7 | 999,5 | 65,8 | -199,8 | -379,3 | -127,2 | 157,5 | 117,5 | 0,7 | 119,8 |
| | 2658,2 | 1975,7 | 1042,0 | 776,4 | 268,9 | 521,0 | 805,7 | 466,8 | 350,0 | 469,2 |

(continuação)

| Nº do Enseio | e ₀ | e ₁₁ | e ₂₂ | e ₃₃ | e ₁₄ | e ₂₄ | e ₃₄ | e ₁₂ | e ₁₃ | e ₂₃ |
|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 8 | 1003,6 | -386,9 | 681,5 | -1000,8 | -1384,7 | -1684,1 | -1049,0 | -838,5 | -397,9 | -782,7 |
| | 1727,2 | 995,5 | 2067,9 | 385,6 | -464,1 | -763,5 | -128,4 | -342,4 | 98,2 | -286,6 |
| | 2450,8 | 2385,9 | 3454,3 | 1772,0 | 456,5 | 157,1 | 792,2 | 153,7 | 594,3 | 209,5 |
| 9 | 1713,5 | 1036,4 | 687,5 | -564,9 | -1926,0 | -1415,3 | -1271,8 | -772,4 | -135,3 | -67,1 |
| | 2264,4 | 2091,9 | 1743,0 | 490,6 | -1225,1 | -714,4 | -570,9 | -394,6 | 242,5 | 310,7 |
| | 2815,3 | 3147,4 | 2798,5 | 1546,1 | -524,2 | -13,5 | 130,0 | -16,8 | 620,3 | 688,5 |
| 10 | 1321,7 | -628,0 | -1907,2 | -798,6 | -1300,4 | -224,5 | -1017,2 | -522,4 | -455,1 | -1003,4 |
| | 1990,0 | 652,4 | -626,8 | 481,8 | -450,2 | 625,7 | -167,0 | -64,2 | 3,1 | -545,2 |
| | 2658,3 | 1932,8 | 653,6 | 1762,2 | 400,0 | 1745,9 | 683,2 | 394,0 | 461,3 | -87,0 |
| 11 | 760,9 | 479,6 | 115,0 | -46,6 | -1447,4 | -1144,0 | -1415,3 | -697,4 | -638,0 | -562,2 |
| | 1395,6 | 1695,7 | 1331,1 | 1169,5 | -639,9 | -336,5 | -607,8 | -262,2 | -202,8 | -127,0 |
| | 2030,3 | 2911,8 | 2547,2 | 2385,6 | 167,6 | 471,0 | 199,7 | 173,0 | 232,4 | 308,2 |
| 12 | 910,2 | -752,4 | -144,0 | -377,1 | -557,2 | -862,8 | -702,2 | -484,2 | -300,5 | -316,4 |
| | 1308,6 | 10,9 | 619,3 | 386,2 | -50,3 | -355,9 | -195,3 | -211,0 | -27,3 | -43,2 |
| | 1707,0 | 774,2 | 1382,6 | 1149,5 | 456,6 | 151,0 | 311,6 | 62,2 | 245,9 | 230,0 |
| 13 | 669,2 | 26,6 | 264,8 | -456,8 | -1121,4 | -783,2 | -776,1 | -315,3 | -172,8 | -433,5 |
| | 1093,1 | 838,7 | 1076,9 | 355,3 | -582,1 | -243,9 | -238,8 | -24,7 | 117,8 | -142,9 |
| | 1517,0 | 1650,8 | 1889,0 | 1167,4 | -42,8 | 295,4 | 300,5 | 265,9 | 408,4 | 147,7 |
| 14 | 287,9 | -532,7 | -137,1 | -750,2 | -538,6 | -603,2 | -158,2 | -435,5 | -286,4 | -306,6 |
| | 621,1 | 105,7 | 501,3 | 111,8 | -114,7 | -179,3 | 265,7 | -207,0 | -57,9 | -78,1 |
| | 954,3 | 744,1 | 1139,7 | 526,6 | 309,2 | 244,6 | 689,6 | 21,5 | 170,6 | 150,4 |

(continuação)

| Nº do Ensaio | a ₀ | a ₁₁ | a ₂₂ | a ₃₃ | a ₁₄ | a ₂₄ | a ₃₄ | a ₁₂ | a ₁₃ | a ₂₃ |
|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 15 | -27,2 | -119,2 | -685,2 | -487,9 | -951,5 | -580,5 | 752,0 | -246,3 | -559,8 | -375,1 |
| | 443,0 | 781,7 | 215,7 | 413,0 | -353,3 | 17,7 | -153,8 | 76,1 | -237,4 | -52,7 |
| | 913,2 | 1682,6 | 1116,6 | 1313,9 | 244,9 | 615,9 | 444,4 | 398,5 | 85,0 | 269,7 |
| 16 | -207,2 | -1325,1 | 591,3 | -1153,6 | -338,7 | -1506,6 | -570,2 | -160,9 | -414,5 | -375,2 |
| | 320,4 | -314,2 | 1602,2 | -142,7 | 332,5 | -835,4 | 101,0 | 200,8 | -52,8 | -13,5 |
| | 848,0 | 696,7 | 2613,1 | 868,2 | 1003,7 | -164,2 | 772,2 | 562,5 | 308,9 | 348,2 |
| 17 | 716,6 | -727,8 | 863,3 | -1005,6 | -654,0 | -879,6 | -465,1 | -371,6 | 124,2 | -415,2 |
| | 1097,9 | 2,8 | 1593,9 | -275,0 | -168,9 | -394,5 | 20,0 | -110,2 | 385,6 | -153,8 |
| | 1479,2 | 733,4 | 2324,5 | 455,6 | 316,2 | 90,6 | 505,1 | 151,2 | 647,0 | 107,6 |
| 18 | 670,3 | -614,5 | 81,8 | -1137,6 | -566,8 | -709,4 | -279,4 | -401,2 | -173,5 | -352,2 |
| | 1083,5 | 177,2 | 709,9 | -345,9 | -41,1 | -183,6 | 246,3 | -117,9 | 109,8 | -68,9 |
| | 1496,7 | 968,9 | 1501,6 | 445,8 | 484,6 | 342,1 | 772,0 | 165,4 | 393,1 | 214,4 |
| 19 | 1042,1 | -477,6 | -48,2 | -1618,2 | -1071,7 | -878,6 | -88,4 | -153,4 | -267,2 | -518,0 |
| | 1544,2 | 484,4 | 913,8 | -656,2 | -432,9 | -239,8 | 550,4 | 190,8 | 77,0 | -173,8 |
| | 2046,3 | 1446,4 | 1875,8 | 305,8 | 205,9 | 399,0 | 1189,2 | 535,0 | 421,2 | 170,4 |
| 20 | 353,0 | -575,2 | -14,9 | -606,0 | -586,7 | -547,6 | -137,8 | 196,1 | -533,1 | -270,1 |
| | 698,7 | 87,1 | 647,4 | 56,3 | -146,9 | -107,8 | 302,0 | 433,1 | -296,1 | -33,1 |
| | 1044,4 | 749,4 | 1309,7 | 718,6 | 292,9 | 332,0 | 741,8 | 670,1 | -59,1 | 203,1 |
| 21 | 1353,0 | -886,3 | -339,0 | 569,0 | 81,4 | -351,4 | -1447,3 | -621,6 | -284,0 | -69,7 |
| | 1684,0 | -252,2 | 295,1 | 1203,1 | 502,5 | 69,7 | -1026,2 | -394,7 | -57,1 | 157,2 |
| | 2015,0 | 381,9 | 929,2 | 1837,2 | 923,6 | 490,8 | 605,1 | -167,8 | 169,8 | 384,1 |

(continuação)

| Nº do Ensaio | a ₀ | a ₁₁ | a ₂₂ | a ₃₃ | a ₁₄ | a ₂₄ | a ₃₄ | a ₁₂ | a ₁₃ | a ₂₃ |
|--------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 22 | 706,6 | 307,0 | 415,4 | -160,9 | 1113,8 | 329,8 | -1174,7 | -29,1 | -243,9 | -331,5 |
| | 1100,7 | 1062,0 | 1170,4 | 594,1 | -612,4 | 831,2 | -673,3 | 241,1 | 26,3 | -61,3 |
| | 1494,8 | 1817,0 | 1925,4 | 1349,1 | -111,0 | 1332,6 | -171,9 | 511,3 | 296,5 | 208,9 |
| 23 | 1372,0 | 229,7 | 2880,7 | -607,3 | -629,3 | -1560,1 | -325,5 | -364,3 | 48,3 | -212,5 |
| | 1611,1 | 687,8 | 3338,8 | -149,2 | -325,1 | -1255,9 | -21,3 | -200,4 | 212,2 | -48,6 |
| | 1850,2 | 1145,9 | 3796,9 | 308,9 | -20,9 | -951,7 | 282,9 | -36,5 | 376,1 | 115,3 |
| 24 | 895,5 | -1057,4 | 643,5 | -951,5 | 20,1 | 571,6 | 145,5 | -110,3 | -356,8 | -523,5 |
| | 1225,4 | -425,4 | -11,5 | -319,5 | 439,8 | 991,3 | 565,2 | 115,9 | -130,6 | -297,3 |
| | 1555,3 | 206,6 | 620,5 | 312,5 | 859,5 | 1411,0 | 984,9 | 342,1 | 95,6 | -71,1 |
| 25 | 1070,6 | 15,0 | 958,9 | -41,8 | -503,1 | -800,5 | -702,5 | -519,5 | -336,7 | -95,3 |
| | 1402,7 | 651,3 | 1595,2 | 594,5 | -80,6 | -378,0 | -280,0 | -291,8 | -109,0 | 132,4 |
| | 1734,8 | 1287,6 | 2231,5 | 1230,8 | 341,9 | 44,5 | 142,5 | -64,1 | 118,7 | 360,1 |
| 26 | 1356,2 | -576,2 | 260,3 | 579,8 | -657,1 | -541,4 | -1551,2 | -13,8 | -187,0 | -401,4 |
| | 1757,6 | 192,9 | 1029,4 | 1348,9 | -146,4 | -30,7 | -1040,5 | 261,4 | 88,2 | -126,2 |
| | 2159,0 | 962,0 | 1798,5 | 2118,0 | 364,3 | 480,0 | -529,8 | 536,6 | 363,4 | 149,0 |
| 27 | 17,1 | -749,0 | 709,6 | -727,8 | -336,2 | -741,3 | -417,9 | -366,7 | 33,5 | -381,2 |
| | 343,5 | -123,7 | 1334,9 | -102,5 | 79,0 | -326,1 | -2,7 | -142,9 | 257,3 | -157,4 |
| | 669,9 | 501,6 | 1960,2 | 522,8 | 494,2 | 89,1 | 412,5 | 80,9 | 481,1 | 66,4 |
| Grupo 1 | 992,8 | 50,1 | 165,7 | -1359,0 | -1494,4 | -1283,4 | -779,8 | -686,2 | -330,3 | -375,3 |
| | 1638,5 | 1287,3 | 1402,9 | -121,8 | -672,9 | -461,9 | 41,7 | -243,5 | 112,4 | 67,4 |
| | 2284,2 | 2524,5 | 2640,1 | 1115,4 | 148,6 | 359,6 | 863,2 | 199,2 | 555,1 | 510,1 |

(continuação)

| Nº do Ensaio | a ₀ | a ₁₁ | a ₂₂ | a ₃₃ | a ₁₄ | a ₂₄ | a ₃₄ | a ₁₂ | a ₁₃ | a ₂₃ |
|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Grupo 2 | 421,8 | -794,1 | 16,8 | -762,0 | -301,0 | -239,2 | -136,8 | -93,4 | -285,6 | -391,7 |
| | 755,9 | -154,0 | 656,9 | -121,9 | 124,0 | 185,8 | 288,2 | 135,7 | -56,5 | -162,6 |
| | 1090,0 | 486,1 | 1297,0 | 518,2 | 549,0 | 610,8 | 713,2 | 364,8 | 172,6 | 66,5 |
| Grupo 3 | 813,7 | -140,7 | -171,7 | -591,5 | -1174,1 | -932,9 | -913,6 | -550,1 | -379,4 | -492,0 |
| | 1355,4 | 897,1 | 866,1 | 446,3 | -485,0 | 243,8 | -224,5 | -178,7 | -8,0 | -120,6 |
| | 1897,1 | 1934,9 | 1903,9 | 1484,1 | 204,1 | 445,3 | 464,6 | 192,7 | 363,4 | 250,8 |
| Grupo 4 | 551,4 | -793,8 | 322,9 | -1236,3 | -662,9 | -988,6 | -355,9 | -274,5 | -185,5 | -417,9 |
| | 1011,5 | 87,6 | 1204,3 | -354,9 | -77,6 | -413,3 | 229,4 | 40,9 | 129,9 | -102,5 |
| | 1471,6 | 969,0 | 2085,7 | 526,5 | 507,7 | 172,0 | 814,7 | 356,3 | 445,3 | 212,9 |
| Grupo 5 | 1166,7 | -191,7 | 825,7 | 58,2 | -570,7 | -591,0 | -1046,5 | -313,1 | -204,1 | -225,5 |
| | 1511,2 | 468,4 | 1485,8 | 718,3 | -132,4 | -152,7 | -608,2 | -76,9 | 32,1 | 10,7 |
| | 1855,7 | 1128,5 | 2145,9 | 1378,4 | 305,9 | 285,6 | -169,9 | 159,3 | 268,3 | 246,9 |
| Grupo 6 | 724,8 | -361,2 | -9,4 | -809,2 | -1005,5 | -956,6 | -729,5 | -459,2 | -315,7 | -468,3 |
| | 1240,7 | 627,2 | 979,0 | 179,2 | -349,2 | -300,3 | -73,2 | -105,5 | 38,0 | -114,6 |
| | 1756,6 | 1615,6 | 1967,4 | 1167,6 | 307,1 | 356,0 | 583,1 | 248,2 | 391,7 | 239,1 |

Quadro V - Estimativas dos desvios padrão, em kg/ha, coeficiente de variação, em %, valores do teste F e coeficientes de determinação dos 33 casos estudados, referentes aos modelos I e II (¹)

| | Desvio padrão (kg/ha) | C.V. (%) | Teste F das Regressões | | R ² (%) | |
|---------|-----------------------|----------|------------------------|-----------|--------------------|-----------|
| | | | Modelo I | Modelo II | Modelo I | Modelo II |
| 1 | 513,099 | 15,99 | 11,60** | 11,91** | 59,53 | 61,14 |
| 2 | 476,395 | 18,53 | 9,86** | 9,85** | 71,55 | 71,48 |
| 3 | 470,167 | 13,67 | 6,67** | 7,00** | 58,09 | 61,01 |
| 4 | 807,440 | 69,01 | 1,92 | 1,76 | 22,92 | 20,98 |
| 5 | 451,878 | 19,74 | 19,30** | 19,35** | 80,19 | 80,41 |
| 6 | 726,744 | 27,23 | 2,57* | 2,74* | 27,38 | 29,27 |
| 7 | 452,285 | 17,06 | 4,08** | 4,06** | 44,47 | 44,20 |
| 8 | 642,354 | 22,89 | 2,49* | 2,49* | 40,07 | 40,08 |
| 9 | 489,065 | 14,65 | 8,72** | 8,89** | 41,34 | 42,13 |
| 10 | 593,259 | 29,46 | 1,72 | 1,68 | 14,91 | 14,57 |
| 11 | 563,452 | 20,09 | 4,71** | 4,53** | 50,99 | 49,25 |
| 12 | 353,672 | 26,34 | 1,71 | 1,75 | 17,34 | 17,74 |
| 13 | 376,272 | 30,64 | 6,77** | 6,82** | 58,26 | 58,70 |
| 14 | 295,799 | 38,46 | 2,74* | 2,84* | 24,75 | 25,61 |
| 15 | 417,396 | 43,94 | 1,61 | 1,67 | 22,87 | 23,63 |
| 16 | 468,373 | 50,51 | 5,60** | 5,48** | 52,72 | 51,60 |
| 17 | 338,493 | 19,95 | 14,95** | 15,07** | 66,95 | 67,49 |
| 18 | 366,809 | 24,61 | 2,17 | 2,09 | 31,36 | 30,17 |
| 19 | 445,722 | 21,43 | 4,81** | 4,94** | 40,96 | 42,07 |
| 20 | 306,883 | 21,17 | 19,86** | 18,61** | 45,97 | 43,09 |
| 21 | 292,812 | 14,39 | 6,51** | 6,09** | 45,00 | 42,17 |
| 22 | 249,833 | 11,45 | 110,95** | 110,39** | 87,54 | 87,10 |
| 23 | 212,235 | 6,83 | 113,62** | 112,71** | 84,23 | 82,56 |
| 24 | 292,838 | 12,15 | 38,55** | 39,25** | 67,93 | 69,17 |
| 25 | 294,798 | 10,62 | 26,11** | 26,60** | 79,40 | 80,89 |
| 26 | 356,365 | 12,94 | 23,74** | 23,84** | 79,09 | 79,43 |
| 27 | 289,715 | 30,24 | 12,22** | 12,30** | 55,73 | 56,14 |
| Grupo 1 | 573,230 | 22,30 | 3,80** | 3,83** | 84,17 | 84,72 |
| Grupo 2 | 296,573 | 18,46 | 19,85** | 19,82** | 85,83 | 85,70 |
| Grupo 3 | 480,835 | 24,27 | 1,44 | 1,40 | 60,53 | 58,77 |
| Grupo 4 | 408,401 | 26,37 | 5,24** | 5,22** | 77,39 | 77,09 |
| Grupo 5 | 305,828 | 11,14 | 36,70** | 36,66** | 94,95 | 94,87 |
| Grupo 6 | 457,965 | 24,93 | 2,07* | 2,05* | 81,58 | 80,59 |

(¹) Para os ensaios individuais tomou-se o resíduo com 22 G.L. e para os grupos os seus respectivos G.L. do resíduo.

Quadro VI - Soluções dos sistemas de equações e resultados das discussões em torno da receita líquida para os 33 casos.

| S O L U Ç Õ E S | | | | | | | | |
|-----------------|-----------|----------|---------|--------------|------------|---------|----------|--------------|
| | MODEL O I | | | | MODEL O II | | | |
| | X_1^+ | X_2^+ | X_3^+ | nat.do ponto | X_1^* | X_2^* | X_3^* | nat.do ponto |
| 1 | 5,6629 | -3,6929 | -3,2763 | sela | 10,8857 | 10,0640 | 2,5561 | sela |
| 2 | 1,3838 | -1,7004 | 1,1049 | sela | 0,8414 | 0,7467 | 0,4714 | sela |
| 3 | 0,1212 | 3,4991 | 2,9849 | máximo | 6,0955 | 11,8543 | 3,4318 | sela |
| 4 | 0,9271 | 1,3778 | 1,9367 | sela | 0,1513 | 1,1673 | 1,4364 | sela |
| 5 | 0,2972 | 1,4756 | 1,3210 | sela | 0,1886 | 1,3959 | 0,8782 | sela |
| 6 | 0,7853 | 1,3356 | 0,7778 | máximo | 0,3256 | 0,9413 | 0,3144 | máximo |
| 7 | 1,2953 | 0,6555 | 0,4523 | sela | 0,9333 | 0,2674 | 0,3546 | sela |
| 8 | 0,1368 | 1,4648 | -0,1830 | máximo | 0,6936 | 0,6695 | 0,2976 | máximo |
| 9 | 0,7994 | 1,2865 | 0,9961 | máximo | 0,3697 | 0,8297 | 0,4932 | máximo |
| 10 | 0,4388 | 0,5257 | -1,3481 | sela | 0,1433 | 0,7225 | 0,0015 | sela |
| 11 | 0,8898 | 1,3080 | 0,8741 | máximo | 0,4500 | 0,8932 | 0,4348 | máximo |
| 12 | 3,5765 | -1,3255 | 0,9193 | sela | 0,0233 | 0,2825 | 0,4299 | sela |
| 13 | 0,3799 | 1,4300 | 0,2415 | máximo | 0,2739 | 0,9833 | 0,7449 | máximo |
| 14 | 4,2308 | -2,3111 | 0,8616 | sela | 0,0019 | 0,3388 | 0,1828 | sela |
| 15 | 0,5691 | 0,6670 | 0,4423 | máximo | 0,2470 | 0,2773 | 0,3136 | máximo |
| 16 | 2,6790 | 1,4881 | -1,5872 | sela | 23,9845 | 0,0973 | 11,8453 | sela |
| 17 | 1,1801 | 1,2182 | 3,1357 | sela | 18,0787 | 0,2139 | 122,6711 | sela |
| 18 | -0,8659 | 1,2664 | 2,1743 | sela | 0,1967 | 0,3960 | 0,6175 | sela |
| 19 | 0,3709 | 1,2340 | 1,1823 | sela | 0,2189 | 0,8321 | 0,6994 | sela |
| 20 | 1,1976 | 1,8856 | 1,1021 | sela | 2,9605 | 9,2623 | 1,1385 | sela |
| 21 | 0,7763 | -0,5802 | 0,4839 | sela | 0,8447 | 0,0020 | 0,2714 | sela |
| 22 | 1,3768 | 3,0896 | -0,0312 | máximo | 0,1870 | 1,0781 | 0,1947 | máximo |
| 23 | 1,5615 | 1,3876 | 4,3014 | sela | 0,0541 | 1,2531 | 0,5288 | sela |
| 24 | -0,6350 | -11,0352 | -2,1627 | mínimo | 0,6750 | 0,0100 | 0,0535 | mínimo |
| 25 | -0,4761 | 1,7164 | 1,4008 | máximo | 0,0251 | 1,9224 | 1,0874 | máximo |
| 26 | 0,8357 | 1,8052 | 0,6951 | máximo | 0,7341 | 5,1902 | 0,2551 | máximo |
| 27 | 1,6817 | 1,2706 | 2,0572 | sela | 2,8009 | 0,7399 | 4,5659 | sela |
| Grupo 1 | 1,3098 | 1,4904 | 4,6941 | máximo | 0,2170 | 0,9610 | 5,5093 | sela |
| Grupo 2 | 2,6247 | 2,3623 | 1,9993 | sela | 51,8126 | 55,7934 | 12,5762 | sela |
| Grupo 3 | 0,2732 | 1,2016 | 0,6164 | máximo | 0,2110 | 0,5691 | 0,3230 | máximo |
| Grupo 4 | -0,3101 | 1,1500 | 2,0428 | sela | 0,1284 | 0,7036 | 1,8591 | sela |
| Grupo 5 | 0,1871 | 1,7699 | 0,6015 | máximo | 0,1289 | 3,6500 | 0,2929 | máximo |
| Grupo 6 | -0,0838 | 1,4764 | -0,8787 | máximo | 0,1590 | 0,7220 | 0,0942 | máximo |

Quadro VII - Produções observadas, suas estimativas e intervalos de confiança a 95%, do grupo 5.

| TRATAMENTOS | Produ- ção ob- servada | MODELO I | | | MODELO II | | |
|-------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|------|-----------------------------|------------------------------------|------|
| | | Produ- ção es- timada | Intervalo de confiança a 95% | | Produ- ção es- timada | Intervalo de confiança a 95% | |
| 000 | 1222 | 1565 | 1427 | 1703 | 1511 | 1357 | 1665 |
| 001 | 1743 | 1646 | 1533 | 1759 | 1621 | 1499 | 1743 |
| 002 | 1433 | 1285 | 1147 | 1423 | 1310 | 1170 | 1450 |
| 010 | 3143 | 2853 | 2740 | 2966 | 2844 | 2722 | 2966 |
| 011 | 2846 | 2957 | 2859 | 3055 | 2965 | 2864 | 3066 |
| 012 | 2584 | 2619 | 2504 | 2734 | 2659 | 2546 | 2772 |
| 020 | 3219 | 3301 | 3163 | 3439 | 3307 | 3167 | 3447 |
| 021 | 3507 | 3428 | 3313 | 3543 | 3432 | 3319 | 3545 |
| 022 | 3080 | 3113 | 2975 | 3251 | 3128 | 2999 | 3257 |
| 100 | 2166 | 1856 | 1743 | 1969 | 1847 | 1725 | 1969 |
| 101 | 1833 | 1977 | 1879 | 2075 | 1989 | 1888 | 2090 |
| 102 | 1609 | 1656 | 1541 | 1771 | 1691 | 1578 | 1804 |
| 110 | 3043 | 3113 | 3015 | 3211 | 3103 | 3002 | 3204 |
| 111 | 3444 | 3257 | 3159 | 3355 | 3256 | 3157 | 3355 |
| 112 | 2735 | 2959 | 2861 | 3057 | 2' 63 | 2863 | 3063 |
| 120 | 3418 | 3530 | 3415 | 3645 | 3534 | 3421 | 3647 |
| 121 | 3819 | 3697 | 3599 | 3795 | 3692 | 3592 | 3792 |
| 122 | 3410 | 3422 | 3309 | 3535 | 3400 | 3293 | 3507 |
| 200 | 1789 | 1893 | 1755 | 2031 | 1909 | 1769 | 2049 |
| 201 | 2128 | 2054 | 1939 | 2169 | 2064 | 1951 | 2177 |
| 202 | 1724 | 1773 | 1635 | 1911 | 1772 | 1643 | 1901 |
| 210 | 3208 | 3119 | 3004 | 3234 | 3165 | 3052 | 3278 |
| 211 | 3118 | 3303 | 3205 | 3401 | 3299 | 3199 | 3399 |
| 212 | 3114 | 3045 | 2932 | 3158 | 2998 | 2891 | 3105 |
| 220 | 3532 | 3505 | 3367 | 3643 | 3550 | 3421 | 3679 |
| 221 | 3602 | 3712 | 3599 | 3825 | 3721 | 3614 | 3828 |
| 222 | 3613 | 3477 | 3339 | 3615 | 3416 | 3296 | 3536 |