

**EFEITOS DA ADUBAÇÃO DO SORGO SACARINO  
[*Sorghum bicolor* (L.) MOENCH] NA QUALIDADE DO CALDO  
PARA MULTIPLICAÇÃO DE LEVEDURAS E  
FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA**

**HUMBERTO SILVA**

**Orientador: Prof. Dr. HENRIQUE VIANNA DE AMORIM**

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Agronomia, Área de Concentração: Solos e Nutrição de Plantas.

**PIRACICABA  
Estado de São Paulo - Brasil  
Setembro, 1983**

*A meus pais,  
    Celestina e Manoel,  
Aos meus irmãos,  
    Antonio Inácio,  
    José Inácio,  
    Maria do Carmo,  
    Maria das Vitórias,  
    Mariza,  
    Myrian,*

*OFEREÇO.*

*À Alcioneaurea, minha esposa,*

*DEDICO.*

Ao Prof. Dr. Henrique Vianna de Amorim;  
Ao Prof. Dr. Edvaldo Alberto Zago;  
Ao Dr. Francisco J. Krug;  
Ao Eng<sup>o</sup>-Florestal Valter João Diehl;  
Ao Prof. Dr. Luiz Carlos Basso;  
Ao Prof. Dr. Luiz Eduardo Gutierrez;  
Ao Prof. Dr. Antonio J. de Oliveira;  
Ao Prof. Dr. Ciro Antonio Rosolém;  
Ao Prof. Dr. E. Malavolta;  
Ao Acadêmico Ivo Luiz;  
Ao Tecnólogo Antonio Carlos Fernandes e aos técnicos Antonio  
Carlos Travaioli e Luiz Lucatti;  
À Srta. Sandra C. Miano;  
À Srta. Maria Izalina Ferreira Alves;  
Ao Cidadão Luiz Veríssimo;  
À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz";  
À Escola de Agronomia da UFPb;  
Ao Departamento de Química e à Área de Bioquímica da Escola  
Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - USP;  
À Seção de Radioquímica e Química Analítica do CENA/ESALQ/USP;  
À Fermentec S/A Ltda. - Assessoria em Fermentação Alcoólica,  
Piracicaba, SP;  
À EMBRAPA;  
À CAPES/PICD;  
Ao BNDE;  
Ao Departamento de Matemática e Estatística da Escola Supe-  
rior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - USP;  
A todos que contribuíram com dedicação e/ou estima para a  
realização deste trabalho,

SINCEROS AGRADECIMENTOS.

## Í N D I C E

	Pág.
LISTA DE FIGURAS .....	x
LISTA DE TABELAS .....	xvi
RESUMO .....	xix
SUMMARY .....	xxii
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	5
2.1 - Resposta de Produção à Adubação .....	5
2.2 - Concentração de Nutrientes na Folha e no Caldo .....	9
2.3 - Características Tecnológicas do Caldo .....	14
2.4 - Multiplicação de Leveduras .....	18
2.5 - Fermentação Alcoólica .....	29
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	39
3.1 - Local do Ensaio de Campo .....	39
3.2 - Cultivar Utilizada .....	40
3.3 - Tratamentos .....	41
3.4 - Instalação e Condução do Ensaio .....	42
3.5 - Colheita e Preparo do Material para Análise .....	42
3.6 - Análises Químicas da Folha e do Caldo .....	43
3.7 - Análises Tecnológicas .....	44
3.7.1 - Análise do ART no caldo .....	44
3.7.1.1 - Procedimento analítico .....	45
3.7.2 - Análise do AR no caldo .....	45
3.7.2.1 - Procedimento analítico .....	46

	Pág.
3.7.3 - Determinação da sacarose .....	46
3.8 - Multiplicação do Levedo .....	46
3.8.1 - Mosto .....	46
3.8.2 - Suplementação de sais .....	50
3.8.3 - Equipamentos utilizados no experimento .....	53
3.8.4 - Levedura utilizada .....	53
3.8.5 - Condução do experimento .....	53
3.8.6 - Determinação da massa celular produzida ....	54
3.8.7 Determinação do <sup>O</sup> Brix e AR do resíduo da mul- tiplicação .....	55
3.8.7.1 - Procedimento analítico .....	55
3.8.8 - Determinações da viabilidade e brotamento ce- lulares .....	55
3.8.9 - Determinações dos elementos minerais .....	56
3.9 - Fermentação Alcoólica .....	56
3.9.1 - Mosto .....	56
3.9.2 - Equipamentos utilizados no experimento .....	57
3.9.3 - Condução do experimento .....	58
3.9.4 - Determinações no mosto fermentado .....	58
3.9.5 - Suplementação de sais .....	59
3.9.5.1 - Condução do experimento .....	61
3.9.5.2 - Determinações no mosto fermentado..	61
3.9.5.3 - Alcôois superiores .....	61

	Pág.
3.10 - Planejamento Experimental e Análises Estatísticas ..	62
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	64
4.1 - Produção de Matéria Verde de Colmos .....	64
4.2 - Teores de Nutrientes Contidos nas Folhas .....	67
4.2.1 - Nitrogênio .....	67
4.2.2 - Fósforo .....	69
4.2.3 - Potássio .....	71
4.2.4 - Cálcio .....	74
4.2.5 - Magnésio .....	76
4.2.6 - Cobre .....	78
4.2.7 - Ferro .....	80
4.2.8 - Manganês .....	83
4.2.9 - Zinco .....	84
4.3 - Teores de Nutrientes no Caldo .....	87
4.3.1 - Nitrogênio .....	87
4.3.2 - Fósforo .....	89
4.3.3 - Potássio .....	91
4.3.4 - Cálcio .....	94
4.3.5 - Magnésio .....	95
4.3.6 - Cobre .....	98
4.3.7 - Ferro .....	99

	Pág.
4.3.8 - Manganês .....	101
4.3.9 - Zinco .....	103
4.4 - Análise Tecnológica do Caldo .....	105
4.4.1 - °Brix .....	105
4.4.2 - Açúcares redutores totais (ART) .....	106
4.4.3 - Açúcares redutores (AR) .....	108
4.4.4 - Sacarose .....	109
4.5 - Produção de Massa Celular .....	111
4.5.1 - Primeira multiplicação .....	112
4.5.2 - Segunda multiplicação .....	118
4.5.3 - Terceira multiplicação .....	125
4.6 - Viabilidade Celular .....	132
4.6.1 - Primeira multiplicação .....	132
4.6.2 - Segunda multiplicação .....	136
4.6.3 - Terceira multiplicação .....	139
4.7 - Brotamento Celular .....	142
4.7.1 - Primeira multiplicação .....	143
4.7.2 - Segunda multiplicação .....	147
4.7.3 - Terceira multiplicação .....	150
4.8 - Correlação Entre Porcentagem de Brotamento e Produ- ção de Massa Celular .....	154
4.9 - Análise Tecnológica do Resíduo da Multiplicação ...	163

	Pág.
4.9.1 - °Brix .....	164
4.9.2 - Açúcares redutores (AR) .....	175
4.10 - Teores de Nutrientes na Massa Celular Produzida Sem Suplementação de Sais .....	185
4.10.1 - Nitrogênio .....	185
4.10.2 - Fósforo .....	187
4.10.3 - Potássio .....	189
4.10.4 - Cálcio .....	192
4.10.5 - Magnésio .....	193
4.10.6 - Cobre .....	196
4.10.7 - Ferro .....	198
4.10.8 - Manganês .....	201
4.10.9 - Zinco .....	203
4.11 - Teores de Nutrientes na Massa Celular Produzida Com Suplementação de Sais .....	206
4.11.1 - Nitrogênio .....	207
4.11.2 - Fósforo .....	209
4.11.3 - Potássio .....	212
4.11.4 - Cálcio .....	215
4.11.5 - Magnésio .....	217
4.11.6 - Cobre .....	220
4.11.7 - Ferro .....	222



	Pág.
4.11.8 - Manganês .....	224
4.11.9 - Zinco .....	226
4.12 - Rendimento da Fermentação .....	230
4.12.1 - Efeito do nitrogênio .....	230
4.12.2 - Efeito do fósforo .....	233
4.12.3 - Efeito do potássio .....	235
4.13 - Otimização da Fermentação .....	239
4.13.1 - Primeira fermentação .....	239
4.13.2 - Segunda fermentação .....	241
4.14 - Alcoóis Superiores .....	243
4.14.1 - Primeira fermentação .....	243
4.14.2 - Segunda fermentação .....	249
5. CONCLUSÕES .....	256
6. LITERATURA CITADA .....	259
7. APÊNDICE .....	279

## LISTA DAS FIGURAS

FIGURA		Pág.
1	Produção (t/ha) de colmos verdes em função das doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio aplicadas no solo .....	67
2	Concentração (%) de nitrogênio, fósforo e potássio na folha em função das doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio aplicadas no solo .....	73
3	Concentração (%) de cálcio e magnésio na folha, em função das doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio, aplicadas no solo .....	77
4	Concentração (ppm) de cobre e ferro na folha, em função das doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio, aplicadas no solo .....	82
5	Concentração (ppm) de manganês e zinco na folha, em função das doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio, aplicadas no solo .....	86
6	Concentração (mg/l) de nitrogênio, fósforo e potássio no caldo, em função das doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio, aplicadas no solo ...	93
7	Concentração (mg/l) de cálcio e magnésio no caldo, em função das doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio aplicadas no solo .....	97
8	Concentração (mg/l) de cobre e ferro no caldo, em função das doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio, aplicadas no solo .....	100

FIGURA		Pág.
9	Concentração (mg/l) de manganês e zinco no caldo, em função das doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio aplicadas no solo .....	104
10	Teores (%) de sólidos solúveis (Brix), ART, AR e sacarose do caldo, em função das doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio aplicadas no solo .....	110
11	Produção (mg) de massa celular em função das adubações, sem suplementação e com suplementação de sais no substrato, na primeira multiplicação .....	116
12	Correlação entre o teor (mg/l) de nitrato no caldo e a produção de massa celular em função das adubações, sem suplementação e com suplementação de sais no substrato, na primeira, segunda e terceira multiplicações .....	117
13	Produção (mg) de massa celular em função das adubações, sem suplementação e com suplementação de sais no substrato, na segunda multiplicação .....	124
14	Produção (mg) de massa celular em função das adubações, sem suplementação e com suplementação de sais no substrato, na terceira multiplicação .....	131
15	Viabilidade celular (%) em função das doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio aplicadas no solo, sem suplementação e com suplementação de sais no substrato, na primeira multiplicação .....	135

FIGURA	Pág.
16 Viabilidade celular (%) em função das doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio aplicadas no solo, sem suplementação e com suplementação de sais no substrato, na segunda multiplicação .....	138
17 Viabilidade celular (%) em função das doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio aplicadas no solo, sem suplementação e com suplementação de sais no substrato, na terceira multiplicação .....	141
18 Brotamento celular (%) em função das doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio, sem suplementação e com suplementação de sais no substrato, na primeira multiplicação .....	146
19 Brotamento celular (%) em função das doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio, sem suplementação e com suplementação de sais no substrato, na segunda multiplicação .....	149
20 Brotamento celular (%) em função das doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio, sem suplementação e com suplementação de sais no substrato, na terceira multiplicação .....	153
21 Correlação entre o brotamento e a produção (mg) de massa celular em função das adubações, sem suplementação de sais no substrato, na primeira, segunda e terceira multiplicações .....	161

FIGURA	Pág.
22	Correlação entre o brotamento (%) e a produção (mg) de massa celular em função das adubações, com suplementação de sais no substrato, na primeira, segunda e terceira multiplicações ..... 162
23	$^{\circ}$ Brix (V/V) do resíduo da primeira multiplicação, em função das adubações, sem suplementação e com suplementação de sais no substrato ..... 167
24	$^{\circ}$ Brix (V/V) do resíduo da segunda multiplicação, em função das adubações, sem suplementação e com suplementação de sais no substrato ..... 170
25	$^{\circ}$ Brix (V/V) do resíduo da terceira multiplicação, em função das adubações, sem suplementação e com suplementação de sais no substrato ..... 174
26	Teores (%) de açúcares redutores (AR) do resíduo da primeira multiplicação, em função das adubações, sem suplementação e com suplementação de sais no substrato ..... 178
27	Teores (%) de açúcares redutores (AR) do resíduo da segunda multiplicação, em função das adubações, sem suplementação e com suplementação de sais no substrato 181

FIGURA	Pág.
28 Teores (%) de açucares redutores (AR) do resíduo da terceira multiplicação, em função das adubações, sem suplementação e com suplementação de sais no substrato .....	184
29 Concentração (%) de nitrogênio, fósforo e potássio na massa celular produzida em função das adubações, sem suplementação de sais no substrato .....	191
30 Concentração (ppm) de cálcio e magnésio na massa celular produzida em função das adubações, sem suplementação de sais no substrato .....	195
31 Concentração (ppm) de cobre e ferro na massa celular produzida em função das adubações, sem suplementação de sais no substrato .....	200
32 Concentração (ppm) de manganês e zinco na massa celular produzida em função das adubações, sem suplementação de sais no substrato .....	205
33 Concentração (%) de nitrogênio, fósforo e potássio na massa celular produzida em função das adubações, com suplementação de sais no substrato .....	214
34 Concentração (ppm) de cálcio e magnésio na massa celular produzida em função das adubações, com suplementação de sais no substrato .....	219

FIGURA	Pág.
35	Concentração (ppm) de cobre e ferro na massa celular produzida em função das adubações, com suplementação de sais no substrato ..... 223
36	Concentração (ppm) de manganês e zinco na massa celular produzida em função das adubações, com suplementação de sais no substrato ..... 229
37	Rendimento (%) das cinco fermentações, em função das doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio aplicadas no solo, sem suplementação de sais no substrato ..... 238
38	Rendimento da fermentação (%) no primeiro e segundo ciclos, em função dos níveis de nitrogênio, fósforo e potássio, sem suplementação e com suplementação de sais no substrato ..... 242
39	Concentração dos alcoóis n-propanol, iso-butílico e iso-amílico no vinho destilado, em função dos níveis de nitrogênio, fósforo e potássio, na primeira fermentação. Dados em mg/l de etanol ..... 248
40	Concentração dos alcoóis n-propanol, iso-butílico e iso-amílico, em função dos níveis de nitrogênio, fósforo e potássio, na segunda fermentação. Dados em mg/l de etanol ..... 255

## LISTA DAS TABELAS

TABELA		Pág.
1	Resultado da análise química do solo em que foi instalado o ensaio .....	40
2	Teores de alguns nutrientes minerais (ppm) contidos no caldo, em função dos tratamentos .....	47
3	Teores de alguns nutrientes minerais (ppm) contidos no mosto com 2% de ART, em função dos tratamentos ..	48
4	Teores de alguns nutrientes minerais (ppm) contidos no mosto com 4% de ART, em função dos tratamentos ..	49
5	Volumes das soluções adicionadas nos mostos com 2% e 4% de ART, em função dos tratamentos (ml/l de mosto)	51
6	Análise do ART dos mostos (% ART P/V) .....	52
7	Teores de ART contidos no caldo em função dos tratamentos (g/100 ml) .....	57
8	Esquema de análise de variância para o delineamento em blocos ao acaso .....	62
9	Esquema de análise de variância para o delineamento inteiramente casualizado .....	63
10	Produção de colmos verdes, em t/ha, em função de diferentes níveis de N, P e K .....	280



TABELA	Pág.
11 Teores de nutrientes na folha, em função das adubações, por nutriente e por tratamento .....	281
12 Teores (mg/l) de nutrientes no caldo, em função das adubações, por nutriente e por tratamento .....	282
13 Teores de °Brix (V/V), ART (%) e sacarose (%), no caldo, em função das adubações e por tratamento .....	283
14 Efeitos da adubação e da suplementação com sais, na produção de massa celular (mg), após 7 e após 22 horas de incubação do fermento (primeira multiplicação)	284
15 Efeitos da adubação e da suplementação com sais, na produção de massa celular (mg), após 7 e após 22 horas de incubação do fermento (segunda multiplicação)	285
16 Efeitos da adubação e da suplementação com sais, na produção de massa celular (mg), após 7 e após 22 horas de incubação do fermento (terceira multiplicação)	286
17 Efeitos da adubação e da suplementação com sais, na viabilidade celular (%), após 22 horas de incubação do fermento .....	287
18 Efeitos da adubação e da suplementação com sais, no brotamento de células (%), após 22 horas de incubação do fermento .....	288

TABELA		Pág.
19	Valores do <sup>o</sup> Brix (V/V) residual da multiplicação, em função das adubações, da suplementação com sais e por tratamento .....	289
20	Teores de AR (%) residual da multiplicação, em função das adubações, da suplementação com sais e por tratamento .....	290
21	Teores de N, P, K (%) e Ca, Mg (ppm) na massa celular produzida, em função das adubações e da suplementação com sais, por nutriente e por tratamento .....	291
22	Teores de Cu, Fe, Mn e Zn (ppm) na massa celular, em função das adubações e da suplementação com sais, por nutriente e por tratamento .....	292
23	Efeitos da adubação no teor alcoólico (V/V) e no rendimento (%) da produção de álcool após 22 horas de incubação do fermento .....	293
24	Efeitos da adubação e da suplementação com sais no teor alcoólico (V/V) e no rendimento (%) da produção de álcool após 22 horas de incubação do fermento ....	294
25	Efeitos da adubação e da suplementação com sais nos teores de alcoóis superiores presentes no vinho destilado. Dados expressos em miligramas por litro de etanol produzido (mg/l) .....	295

EFEITOS DA ADUBAÇÃO DO SORGO SACARINO [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]  
NA QUALIDADE DO CALDO PARA MULTIPLICAÇÃO DE LEVEDURAS  
E FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA

Autor: Humberto Silva

Orientador: Prof. Dr. Henrique Vianna de Amorim

R E S U M O

O sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] constitui atualmente uma fonte renovável de energia que tem sido sugerida e até mesmo demonstrada sua viabilidade para a produção de álcool por via fermentativa.

Sendo a cultivar Brandes bastante promissora pelas suas características tecnológicas, foi conduzido um ensaio de campo com a finalidade de se obterem dados para análise de produção de colmos verdes e concentração foliar dos macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) e micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn), e especialmente, para se estudar a qualidade do caldo. Os objetivos foram os seguintes: efeitos da adubação com nitrogênio, fósforo e potássio sobre a qualidade do caldo para multiplicação da *Saccharomyces* e fermentação alcoólica; suplementação dos nutrientes nitrogênio, fósforo e potássio no

substrato para otimizar os processos de multiplicação e fermentação, bem como analisar os efeitos da adubação e da suplementação de sais no substrato, sobre os alcóois superiores produzidos por fermentação.

Para se conhecer a qualidade do caldo, foram determinadas as concentrações dos macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) e micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn), o <sup>o</sup>Brix e os teores de açúcares redutores totais (ART), açúcares redutores (AR) e sacarose.

No processo de multiplicação, a levedura foi inoculada em substrato com 2% de açúcar redutor total utilizando-se, para manter esta concentração, adições de mostos com 4% de ART. Nos tratamentos em que se realizou a suplementação, os sais foram adicionados no mosto, antes da inoculação.

Foram analisados, nos ensaios de multiplicação, a produção de massa celular, viabilidade e brotamento celulares, teores dos macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) e micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn) da massa celular, análises do <sup>o</sup>Brix e teor de AR do resíduo da multiplicação.

No processo de fermentação, a levedura foi inicialmente inoculada no caldo sem diluição e sem suplementação com sais no substrato. Em outro ensaio, foi adicionado no caldo, nitrogênio, fósforo e potássio, por meio de sais inorgânicos, e comparados os resultados com a fermentação sem suplementação.

Foram determinados os rendimentos da produção de álcool, utilizando-se o ART do caldo e o teor alcoólico da fermenta-

ção. Os alcóois superiores (n-propanol, iso-butílico e iso-amílico) foram analisados no vinho destilado.

A partir dos dados obtidos constatou-se que:

- As doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  aplicados no solo afetaram a produção de colmos verdes e os teores dos nutrientes na folha e no caldo. Entretanto, os resultados dos teores de nitrogênio, fósforo e potássio foram mais representativos quando se analisou o caldo;

- Os teores de sólidos solúveis ( $^{\circ}$ Brix), ART, AR e sacarose do caldo em função das adubações com N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  variaram com os três nutrientes;

- A produção de massa celular foi incrementada pelas adubações, porém as maiores produções foram obtidas com a suplementação de sais no substrato, que proporcionou também maiores concentrações de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio na massa celular;

- O brotamento celular obtido com suplementação de sais foi superior ao conseguido sem suplementação e o acréscimo no brotamento proporcionou maior produção de massa celular;

- Os resultados da fermentação demonstraram que o rendimento não evidenciou grande variabilidade, mostrando-se, em conjunto, relativamente constante. Por outro lado, as concentrações de alcóois superiores no vinho destilado apresentaram grandes variações entre eles, predominando altos teores dos alcóois iso-butílico e iso-amílico.

EFFECTS OF SWEET SORGHUM [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]  
FERTILIZATION ON JUICE QUALITY FOR YEAST MULTIPLICATION  
AND ALCOHOLIC FERMENTATION

Author: Humberto Silva  
Adviser: Prof. Dr. Henrique Vianna de Amorim

S U M M A R Y

Sweet sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] has been suggested as a renewable source of energy and its feasibility for the fermentative production of ethanol has been demonstrated.

A field trial was carried out using the Brandes cultivar, which has been found to be very promising. The aim of this trial was twofold: to obtain data for analysing green stalk production and foliar concentration of macronutrients (N, P, K, Ca, and Mg) and micronutrients (Cu, Fe, Mn, and Zn) and, especially, to appraise juice quality with the following objectives: effects of nitrogen, phosphorus and potassium soil fertilization on *Saccharomyces* multiplication and alcoholic fermentation; supplementation of the nutrients nitrogen, phosphorus and potassium in the substrate for optimizing the multiplication and fermentation process, as well

as to analyse the higher alcohols productions as affected by soil fertilizing and mineral supplementation in the wort.

In order to appraise juice quality, macronutrient (N, P, K, Ca, and Mg) and micronutrient (Cu, Fe, Mn and Zn) concentration, °Brix, total reducing sugar (TRS), reducing sugar (RS) and sucrose contents were determined.

In the multiplication process, yeast was inoculated in substrate of 2% total reducing sugar, by utilizing must additions with 4% of TRS. In the treatments in which the supplementation was effected, the salts were added to the must before inoculation.

In the multiplication trials, cellular mass production, cellular viability and budding, macronutrient (N, P, K, Ca and Mg) and micronutrient (Cu, Fe, Mn and Zn) contents of cellular mass, analyses of °Brix and RS content of the multiplication residue were analyzed.

In the fermentation process, the yeast was initially inoculated in undiluted juice, with no salt supplementation in the substrate. In another trial, nitrogen, phosphorus and potassium were added to the juice through inorganic salts, and the results were compared with those of fermentation without supplementation.

Alcohol production yields were determined by utilizing the TRS in the juice and the alcoholic content of the fermentation. Higher alcohols (n-propanol, iso-butyl, and iso-amyl) were analyzed in the distilled wine.

The following observations were based on the data obtained:

- Increasing doses of N,  $P_2O_5$  and  $K_2O$  applied to the soil affected green stalk production and nutrient content in leaves and juice. However, nitrogen, phosphorus, and potassium content results were more evident when the juice was analyzed;
- Brix values, TRS, RS and sucrose contents for the juice, experienced variation due to nitrogen, phosphorus and potassium fertilization;
- Cellular mass production was increased with fertilization, however, the highest yields obtained with minerals supplementation in the substrate, which also provided the highest nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, and magnesium concentrations in the cellular mass;
- The cellular budding obtained with minerals supplementation was higher than that obtained without supplementation, and the increase in budding provided a higher production of cellular mass;
- Fermentation results showed that yields did not present great variability, remaining relatively constant. On the other hand, fusil oil concentration in the distilled wine showed great variation, with predominance of high contents of iso-butyl and iso-amyl alcohols.



## 1. INTRODUÇÃO

O sorgo, apesar de ser uma cultura muito antiga, somente a partir do fim do século passado é que teve grande desenvolvimento em muitas regiões agrícolas do mundo.

Existe indício de que o sorgo seria originário da África Oriental, provavelmente da Etiópia ou Sudão (MARTIN, 1975). Em muitas regiões da África e Ásia, ele constitui alimento básico para a população. Muitos outros países tropicais utilizam o sorgo como fonte alimentícia para o homem e animais, sendo, portanto, cultura influente economicamente. É o quinto cereal em área cultivada no mundo, vindo depois do trigo, arroz, milho e cevada.

No Brasil, a produção de sorgo em 1977 atingiu 435.141 t, ocupando uma área de 177.644 ha. Os estados mais produtores encontram-se nas regiões sul e sudeste, destacando-se o Rio Grande do

Sul, com produção de 214.000 t (FIBGE, 1978).

A região nordeste teve participação de 1,26% (5.486 t) na produção total brasileira. Embora esta seja uma produção insignificante da produção nacional, pode-se afirmar que é uma excelente cultura para a região, haja visto suas características de tolerância à seca, sendo promissora para as condições do nordeste semi-árido, onde, em cerca de 80 milhões de ha, a precipitação pluviométrica situa-se entre 500 e 1.000 milímetros anuais. As pesquisas sobre esta cultura nesta região têm sido intensificadas, abrangendo um amplo programa sobre diversas práticas fitotécnicas e introdução de cultivares.

A atual crise energética tem despertado interesse com relação a esta gramínea, em particular, o sorgo sacarino, cultura em potencial para produção industrial de álcool.

A utilização do sorgo sacarino para produção fermentativa do etanol tem sido sugerida e até mesmo demonstrada a sua viabilidade.

Ainda que polêmica a utilização do sorgo sacarino durante a entre-safra da cana-de-açúcar, no que diz respeito à ociosidade das indústrias, menos discutível é o emprego do sorgo como substrato para a multiplicação do fermento, especialmente no início da safra, devido à falta de matéria prima. Quanto à viabilidade da utilização do sorgo sacarino para esta finalidade, devem ser destacadas as suas características tecnológicas apropriadas à execução

imediate, dada a semelhança com a tecnologia empregada na cana-de-açúcar.

O sorgo sacarino tem sido destacado como uma cultura fornecedora de matéria prima para a produção de álcool por via fermentativa, devido aos elevados teores de carboidratos, tanto nos grãos como no caldo do colmo. Entretanto, o caldo extraído do colmo tem composição química diferente daquela apresentada pela cana-de-açúcar, quer pelos teores de açúcares fermentáveis ou pelos teores de outros componentes minerais e orgânicos. A qualidade de seu caldo, embora não semelhante, aproxima-se daquela do caldo de cana-de-açúcar.

Não são bem conhecidas as exigências de nutrientes minerais por parte das leveduras, tanto para sua multiplicação como para a fermentação alcoólica, quando da utilização do sorgo como substrato. Poucos trabalhos relacionam a nutrição mineral do sorgo sacarino com as qualidades do caldo para a produção de massa celular e para a fermentação alcoólica.

Com o intuito de contribuir para o conhecimento dos efeitos da adubação do sorgo sacarino na qualidade do caldo, foi conduzido o presente trabalho, com os seguintes objetivos:

- estudar o efeito da adubação (N, P, K) da cultura do sorgo sacarino sobre a qualidade do caldo, tanto para a multiplicação do fermento como para a fermentação alcoólica;

- efetuar a suplementação de nutrientes no mosto para otimizar os processos de multiplicação e fermentação;

- analisar, após a fermentação do caldo, os teores de alcôois superiores produzidos.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

Na literatura são encontrados numerosos trabalhos sobre o sorgo sacarino, abrangendo aspectos fitotécnicos e tecnológicos. No Brasil, embora sendo reconhecida como cultura de importância ainda reduzida na economia agrária do País, há esperanças de que as variedades sacarinas se tornem matéria prima de real interesse a produção de álcool, em virtude de suas valiosas propriedades.

Neste sentido, os estudos sobre o uso correto dos fertilizantes têm sido motivados, uma vez que contribuem para aumentar a produção de colmos por área, o volume e a qualidade do caldo.

### 2.1 - Respostas de Produção à Adubação

Do trabalho de REEVES (1976) pode-se extrair que a nutrição mineral e a adubação do sorgo sacarino têm sido pouco estu

dadas, sendo as recomendações para o sorgo granífero utilizadas para o sorgo sacarino.

É uma afirmação de ROSS e WEBSTER (1970) que o sorgo é uma cultura esgotante de solo, sendo o nitrogênio o fator limitante mais comum. Consideram que as exigências em fósforo e potássio sejam menores do que as de nitrogênio.

FONTES E FILHO (1979) fazem recomendações gerais de 30 a 60 kg de N/ha para áreas de maior potencial de produção e entre 20 a 40 kg/ha para áreas com deficiência hídrica.

Como pode ser visto em ESTEVES *et alii* (1981), aplicações das doses 60-60-30 kg/ha de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  em sorgo sacarino cv. Brandes, produziram de 20-40 t/ha de colmos, dependendo da época de plantio.

Evidências de ZANINI (1982) demonstraram que se aplicando 60, 40 e 30 kg/ha, respectivamente, de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$ , obtém-se de 50 a 60 t/ha de colmos da cv. Brandes, de acordo com as épocas de colheita.

ROSOLEM (1979), usando, em condições de campo, doses de nitrogênio correspondentes a zero, 75 e 150 kg/ha em sorgo sacarino cv. Brandes, obteve, na localidade Riachuelo, produções de 24,44, 37,79 e 36,46 t/ha, respectivamente.

CARVALHO *et alii* (1980), estudando a acumulação de matéria seca e produção de grãos em sorgo granífero, em função da

adubação nitrogenada (zero, 30, 60, 90 e 120 kg N/ha), verificaram aumentos na acumulação da matéria seca pela parte aérea da planta até a dose de 60 kg/ha. Constataram também que as concentrações (%) de N e P nos grãos tiveram crescimento linear com o aumento da dose do nitrogênio, ao passo que a concentração de K não foi influenciada. No entanto, os acúmulos (g/planta) de NPK nos grãos aumentaram linearmente com a adubação nitrogenada.

A taxa de concentração de fósforo em sorgo é dessemelhante a de nitrogênio, e as respostas à aplicação de fósforo são menos frequente que para o nitrogênio. Entretanto, há indicações de que sob condições tropicais, as possíveis respostas do sorgo à adubação estejam associadas ao uso conjunto de nitrogênio e fósforo. Aplicações de 40 a 70 kg de  $P_2O_5$ /ha devem manter níveis favoráveis do nutriente, no solo em que o teor de fósforo esteja ao redor de 15 ppm (FONTES e FILHO, 1979).

Ensaio realizado por ROY e WRIGHT (1973) mostrou que com a aplicação das doses 120 kg/ha de N mais 26 kg/ha de  $P_2O_5$  foi possível obter maiores produções de matéria seca, produção de grãos e conteúdo de nitrogênio nos grãos.

ROSOLEM (1979), aplicando as doses de fósforo, zero, 100, 200 kg/ha, conseguiu produções de 33,70, 35,82 e 28,13 t/ha de colmos, na localidade de Riachuelo, utilizando a cv. Brandes.

Demonstraram TOVAR *et alii* (1972) que o fósforo nas doses de 30 kg/ha e 80 kg/ha, na forma de  $P_2O_5$ , produziu rendimento

significativo na produção de grãos, em presença de níveis baixos de nitrogênio.

FONTES e FILHO (1979) consideram que as necessidades de potássio não são tão grandes quanto as de nitrogênio, e recomendam adubações de manutenção ou reposição na base de 20 a 40 kg/ha de  $K_2O$ .

SADER *et alii* (1976), usando adubos potássicos, com amplitude de variação de zero a 70 kg/ha de  $K_2O$ , observaram que o potássio não produziu efeito na produção de grãos.

Do trabalho de ROSOLEM (1979), inferiu-se que com a adubação de zero, 50 e 100 kg/ha de  $K_2O$  produziram-se 28,13, 28,59 e 35,44 t/ha de colmos da cv. Brandes na localidade de Riachuelo.

Com resultados experimentais baseados em sorgo grãífero e forrageiro, EMBRAPA (1977) recomenda, para solos de baixa e média fertilidade, aplicações de 60 kg de N, 60 kg de  $P_2O_5$  e 45 kg de  $K_2O$ /ha.

Estudando a influência da fertilização com N, P, K, BERNAL *et alii* (1973a), no México, utilizando 180 kg de N, 50 kg de  $P_2O_5$  e 50 kg de  $K_2O$  por hectare, conseguiram produção média de 28,79 toneladas de colmos por hectare, e estimaram a produção de grãos em 4 toneladas por hectare.

São relatadas por BERNAL *et alii* (1973b), produções de até 75 t/ha de colmos com adubação de 160 kg de N, 60 kg de  $P_2O_5$  e 40 kg de  $K_2O$  por hectare.



Diversos autores têm contribuído, visando determinar a produção de colmos do sorgo sacarino. MILLER (1977) obteve, para as cultivares Rio, Roma e Ramada, produções de colmos despalhados correspondentes a 36,51, 50,67 e 46,66 t/ha, respectivamente. Segundo FORS (1971), no México, a cultivar Rio produziu 33 t/ha de colmos e 'SART', 39 t/ha. EMBRAPA (1979) conseguiu, com a cultivar BR 501, produções de 38,1 e 39,6 t/ha de colmos despalhados, em São Paulo e Minas Gerais, respectivamente.

## 2.2 - Concentração de Nutrientes na Folha e no Caldo

Nos estudos de nutrição mineral e adubação de plantas, os pesquisadores utilizam-se das folhas para determinarem a concentração e acúmulo de nutrientes e realizam a diagnose foliar. Ela reflete o estado nutricional da planta que, por seu turno, está intrinsecamente ligado à produtividade e à fertilidade do solo.

Do trabalho de DANTAS (1982) se infere que, através da adubação no campo, é possível obter teor ou faixa de teores adequados de nutrientes para sorgo grãífero. Usando a dose de 75 kg/ha de N, determinou a faixa de teores de 2,31-2,90% de N na folha como sendo adequada. Com a dose de 100 kg/ha de  $P_2O_5$ , estabeleceu o teor de 0,44% de P como adequado. A dose de 75 kg/ha de  $K_2O$  afetou significativamente a produção de grãos.

ROSOLEM (1979), cultivando sorgo sacarino em condi-

ções de casa-de-vegetação com solução nutritiva, considerou normais os seguintes teores médios de nutrientes nas folhas medianas da planta, na época do emborrachamento: 3,2% de N; 0,80 a 0,95% de P; 2,60 a 3,10% de K; 0,45 a 0,65% de Ca; 0,45 a 0,52% de Mg; 9,60 a 9,70 ppm de Cu e 48 a 54 ppm de Mn.

Estudando a nutrição mineral do sorgo sacarino, MALA VOLTA *et alii* (1979) verificaram os efeitos das deficiências na composição mineral da matéria seca, cultivando o sorgo sacarino em solução nutritiva. As seguintes concentrações foliares caracterizaram a deficiência dos nutrientes nos diversos tratamentos: N = 1,87; P = 0,14%; K = 0,73%; Ca = 0,40% (folhas inferiores) e 0,12% (folhas superiores); Mg = 0,05% (folhas inferiores) e 0,06% (folhas superiores); Cu = 8 ppm; Fe = 157 ppm (folhas inferiores) e 162 ppm (folhas superiores); Mn = 339 ppm (folhas inferiores) e 144 ppm (folhas superiores); Zn = 16 ppm.

Observaram ROY e WRIGT (1974) que, usando diferentes doses de N (zero, 60 e 120 kg/ha) e de P (zero e 26 kg/ha) determinaram diferentes teores de N, P, K na planta. A aplicação de 60 kg/ha de nitrogênio aumentou, em toda a planta, os teores de N, P, K, cerca de 60,9, 49,4 e 19,1%, respectivamente. A aplicação de 120 kg/ha de nitrogênio proporcionou aumentos de 19,0, 18,9 e 12,3% para N, P, K, comparando-se os resultados com o tratamento que não recebeu nitrogênio. Acréscimos de 28,6, 49,0 e 17,1% em relação a N, P, K foram obtidos quando se aplicou a dose de 26 kg/ha de fósforo,

comparando-se os resultados com o tratamento que não recebeu fósforo.

KUO e MIKKELSEN (1981), estudando os efeitos das concentrações de P (10, 40, 10) mg/l e Mn (0,1, 1,0, 5,0, 10,0) mg/l em solução nutritiva, verificaram em plantas de sorgo com 4 semanas que, mantendo-se constante a concentração de P e aumentando-se a concentração de Mn houve aumentos dos teores de P e Mn na plantinha. Verificaram, também, que aumentando-se a concentração de P e mantendo-se constante a de Mn, os teores de P e Mn na plantinha foram maiores. Observaram ainda que mantendo o teor de P em 10 mg/l na solução nutritiva e aumentando a concentração de Mn, houve diminuição da concentração de Fe. Concluíram que a absorção e acúmulo de Fe podem ser reduzidos marcadamente por altos teores de P e Mn na solução.

SALAKO (1981) verificou efeito antagônico entre P e Zn. Eficiente absorção de P resultava em menor teor de Zn na matéria seca, possivelmente devido ao efeito da diluição, em que a eficiência do P proporcionava maior produção de matéria seca. Verificou também que o amônio misturado com nitrato proporcionava aumento na absorção de fósforo, constituindo-se em melhor fertilizante do que quando se aplicava somente o nitrato.

Como se pode constatar em HIPPEL e THOMAS (1968), a determinação do nível crítico de potássio em folhas de sorgo foi realizada no estágio de emborrachamento da planta. Assim procedendo, verificaram, em condições de casa-de-vegetação e com plantas desenvolvidas em solução nutritiva, que o teor 1,5% de potássio na folha

foi o que melhor se correlacionou com a produção de matéria seca.

VILLACHICA (1973) observou um efeito negativo das doses altas de potássio sobre a concentração foliar do fósforo, que variou entre 0,233 a 0,405%. Ao determinar o nível ótimo de potássio aplicado ao solo, encontrou valores em torno de 234 ppm. Isto quer dizer que, aplicação de 234 ppm de K no solo, aumentou o nível de fósforo na parte aérea do sorgo, entretanto, doses maiores o diminuíram.

Estudando a influência da concentração do potássio e magnésio sobre o desenvolvimento e composição do sorgo, ORE (1980) usou 0-300 ppm de K e 0-60 ppm de Mg, obtendo os seguintes resultados: a aplicação do potássio aumentou o teor de potássio na parte aérea, mas diminuiu os teores de N, P, Ca, Zn e Mn. Os teores de Mg decresceram em todos os tratamentos com potássio, indicando um forte antagonismo do potássio sobre o magnésio.

SOUZA *et alii* (1976) verificaram que existe uma correlação negativa entre produção de sorgo granífero e a relação K/Mg. Observaram que, quando a produção de grãos aumentava de 2,49 para 3,99 t/ha, a relação K/Mg decrescia de 0,40 para 0,22.

O caldo do colmo tem sido utilizado como fonte de pesquisa para se ter um diagnóstico do seu estado químico que envolve a determinação da qualidade do caldo para indústria alcooleira. Entretanto, na literatura consultada foram encontradas apenas referências à composição mineral do caldo de cana-de-açúcar.

Do trabalho de SERRA e ESTUPIELLO (1974) sobre composição química do caldo de cana-de-açúcar, pode-se extrair que os teores de nitrogênio durante a maturação variaram de 150 a 700 mg de N por litro de caldo.

Verificaram SERRA *et alii* (1974) que os teores médios de fósforo no caldo de cana-de-açúcar variaram de 70 a 130 mg de  $P_2O_5$  por litro de caldo no início da maturação, atingindo teores de 140 a 230 mg de  $P_2O_5$  por litro de caldo no final da maturação.

CESAR *et alii* (1974), estudando o teor de fósforo de algumas variedades de cana-de-açúcar (segundo corte) encontraram variações de 38 a 53 mg de P por litro de caldo.

GLÓRIA e RODELLA (1972) fizeram determinação de vários nutrientes em caldo de cana, encontrando os seguintes teores: P = 18,86 mg/100 ml; K = 12,55 mg/100 ml; Ca = 31,20 mg/100 ml; Mg = 13,42 mg/100 ml de caldo de cana.

Na vinhaça, os teores determinados por GLÓRIA *et alii* (1972) foram os seguintes: N = 55,23 mg/100 ml;  $PO_4^{3-}$  = 22,11 mg/100 ml; K = 174,53 mg/100 ml; Mg = 29,25 mg/100 ml de vinhaça.

Aplicando vinhaça no solo, CESAR *et alii* (1978) observaram que, em decorrência dessa aplicação sistemática, houve aumento nos teores de K no caldo de cana-de-açúcar, que, dependendo do seu estágio de maturação, esses teores variaram entre 1.988 e 3.615 ppm de potássio.

### 2.3 - Características Tecnológicas do Caldo

O sorgo sacarino constitui matéria prima vantajosa para produção de leveduras e fermentação alcoólica, possuindo quantidades suficientes de açúcares e presença de nutrientes, que são fatores intrinsecamente ligados à produção de massa celular e de etanol. Entretanto, trabalhos científicos sobre o assunto ainda são escassos.

Referindo-se à cultura da cana-de-açúcar, MALAVOLTA e HAAG (1964) relatam que o nitrogênio em doses excessivas faz com que haja diminuição no teor de sacarose e aumento dos açúcares redutores.

Há evidências de que a época de aplicação do nitrogênio é importante: aplicando-o tardiamente, haverá estímulo ao crescimento vegetativo e a acumulação de açúcar fica limitada (MARTIN e EVAN, 1964).

BERNAL (1977), utilizando as doses de zero a 240 kg/ha de nitrogênio, verificou que as aplicações de nitrogênio elevaram a concentração de sacarose até a dose de 120 kg/ha; quantidades maiores deste elemento diminuíram os teores no caldo.

Trabalhando com sorgo sacarino, RICAUD (1971), utilizando as doses de 40, 80 e 120 kg/ha de nitrogênio, evidenciou que a percentagem de sacarose e a produção de açúcar decresceram com o aumento da quantidade de nitrogênio aplicada.

ROSOLEM *et alii* (1982), conduzindo ensaios de campo

para verificar respostas do sorgo sacarino a N, P, K, observaram que as doses utilizadas: zero, 75 e 150 kg/ha de N tiveram efeitos sobre as características tecnológicas, diminuindo o Brix, ART e Sacarose do caldo da cultivar Brandes, com a aplicação das doses crescentes de adubos.

COWLEY (1969) cita que os dados disponíveis sobre as exigências minerais e adubação do sorgo sacarino no Vale do Rio Grande (Texas), ainda não são definitivos em termos de respostas em produção ou qualidade do caldo, e as experiências de campo indicam a necessidade de níveis moderados de nitrogênio no solo.

A importância do fósforo sobre as características tecnológicas é ressaltada por HUMBERT (1968), segundo o qual os compostos de fósforo estão relacionados com o processo de respiração e com a eficiência do metabolismo e utilização do nitrogênio e, desta forma, níveis de fósforo na cana influem na maturidade e, conseqüentemente, no teor de açúcar.

Segundo BERNAL (1977), doses de fósforo de zero a 120 kg/ha de  $P_2O_5$  aumentaram o conteúdo de sacarose até a dose de 60 kg de  $P_2O_5$ /ha; doses mais elevadas decresceram os teores de sacarose. Entretanto, os decréscimos observados foram menos pronunciados que os verificados para o nitrogênio.

ROSOLEM *et alii* (1982), utilizando as doses: zero, 100 e 200 kg/ha de  $P_2O_5$ , verificaram que a cultivar Brandes apresentou apenas tendência de resposta às doses aplicadas.

O potássio tem influência direta no teor de açúcar e, de acordo com HAAG (1961), cana-de-açúcar deficiente em potássio apresenta teor mais baixo de açúcar, o que pode ser devido a uma diminuição na atividade fotossintética, ou na translocação do açúcar das folhas para o colmo, ou ambas as coisas.

Do trabalho de ROSOLEM (1982) se conclui que as doses: zero, 50 e 150 kg/ha de  $K_2O$  não influenciaram nas características tecnológicas. Como pôde ser visto, o Brix variou de 19,4 a 18,5; sacarose de 12,0 a 11,6 e os açúcares totais de 16,8 a 15,9.

Muitos pesquisadores se reportam às características tecnológicas do sorgo sacarino.

VENTRE *et alii* (1948), estudando a composição de açúcares em 34 variedades de sorgo, encontraram as seguintes variações: o Brix 13,71-21,74 e sacarose 7,15-13,05%, em plantas colhidas no estágio de grão farináceo.

FORS (1971), referindo-se ao sorgo sacarino como complementar à cana-de-açúcar, encontrou os seguintes resultados: variedade Rio:  $^{\circ}$ Brix 20,50; sacarose 16,02% e produção 33 t/ha de colmos; variedade Sart:  $^{\circ}$ Brix 16,68; sacarose 12,35% e produção 39 t/ha de colmos. Verificou, portanto, que a variedade de maior produção apresentava a menor concentração do  $^{\circ}$ Brix e sacarose.

KUNKEL (1972) encontrou, para a variedade Rio, no Texas, em duas localidades, Lubbock e Weslaco, os valores de  $^{\circ}$ Brix 17,8 e 20,2 e sacarose 14,2 e 15,6, respectivamente.



REEVES JR. (1976), reportando-se às variedades Rio, Roma e Ramada, observaram °Brix 14,44; 18,84 e 18,40, respectivamente. Ressaltou que a quantidade de açúcar por tonelada de colmo produzido foi maior nas variedades que apresentaram maiores valores de Brix.

SERRA *et alii* (1976) obtiveram, para sorgo sacarino, caldo com 14 a 16% de açúcares totais e 11 a 13% de sacarose, aplicando 80 kg de N, 90 kg de  $P_2O_5$  e 90 kg de  $K_2O$  por hectare, em solo Latossol Roxo.

SCHAFFERT e BORGONONI (1980), baseando-se em resultados do ENSS (Ensaio Nacionais de Sorgo Sacarino 1977-78 - EMBRAPA), reportaram que foram determinadas em sorgo sacarino, as seguintes concentrações: °Brix 14-20; sacarose (%) 8-16; açúcares redutores (%) 0,7 - 7,3 e açúcares totais (%) 14-18.

ESTEVES *et alii* (1981) observaram para a cultivar Brandes: 15,56 a 18,47 de °Brix; 12,72 a 15,53% de ART e 10,14 a 12,74% de sacarose. O solo foi adubado com 60 kg de sulfato de amônio, 60 kg de superfosfato simples e 30 kg/ha de cloreto de potássio.

## 2.4 - Multiplicação de Leveduras

A composição química da levedura é extremamente variável. Depende da linhagem, da idade, do meio nutritivo e das condições em que é mantida a cultura. O conhecimento da composição química da levedura fornece a indicação dos elementos que deverão estar presentes nos meios nutritivos, bem como serve de base para a correção dos mostos das indústrias de fermentação em geral (LIMA, 1954).

Estudando os efeitos da concentração de N, P, Mg, Mn e Zn na multiplicação de leveduras industriais, ZAGO (1982) verificou comportamentos diferentes entre elas no que concerne às exigências minerais. Ficou evidenciado que a levedura Fleischmann é mais exigente em nitrogênio, seguida pela M-300-A e depois IZ-1904. Também ficou comprovado que quanto mais exigente em nitrogênio, maior será a produção de matéria seca pela levedura, quando em solução completa. Do trabalho de ZAGO (1982) pode-se inferir que o nitrogênio foi o elemento cuja falta mais evidenciou o decréscimo na produção de matéria seca das leveduras.

Segundo MORRIS (1958), o nitrogênio é essencial para a contínua produção de novos protoplasmas e a levedura geralmente obtém este elemento de substâncias relativamente simples, entre elas, sais de amônia.

Verificaram ALVES e BIANCO (1971) que a nutrição ní-

trogenada auxilia o desenvolvimento da levedura, assimilação do nitrogênio e consumo de açúcar no meio. Adicionando sulfato de amônio no mosto de melão para multiplicação, obtiveram melhoria apreciável na eficiência do processo, aumentando de 100 a 200% a massa celular produzida. Após análise química da matéria seca, determinaram teores de 5,11 a 5,99% de nitrogênio.

De acordo com WICKEHAN (1946), todas as leveduras são capazes de utilizar sulfato de amônio como fonte de nitrogênio.

Postularam MASSART e HORENS (1952) que a levedura desenvolve-se melhor em meio contendo glicose mais sulfato de amônia quando comparado com leveduras desenvolvidas em meio contendo apenas glucose.

Resultados apresentados por SALGADO e SARRUGE (1979) mostraram que a levedura *Saccharomyces uvarum* acumulou 43,95% de proteína quando foi adicionado 1% de sulfato de amônio no meio de cultura.

GREGORI *et alii* (1978) verificaram que a suplementação de  $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$ , nas quantidades de 2,60 a 2,71 g/l, aumentava a massa celular produzida no decorrer do processo aeróbico de multiplicação.

Utilizando mosto de melão, VAIRO *et alii* (1975) verificaram que a adição de sulfato de amônio aumentava consideravelmente a concentração microbiana, indicando que o nitrogênio era fator limitante para multiplicação. Observaram em *S. cerevisiae* que a

massa celular produzida e o teor de nitrogênio nas leveduras aumentavam nos tratamentos com nitrogênio e, conseqüentemente, a concentração do elemento no meio decrescia.

É uma afirmação de BISHOP (1971) que o nitrogênio proporciona à levedura melhores condições para o seu desenvolvimento, tornando-a mais resistente às infecções normalmente provocadas por bactérias. Segundo o mesmo autor, as adubações com nitrogênio indubitavelmente aumentam os teores do elemento no produto, mas podem diminuir-lhe a qualidade. Entretanto, se o nitrogênio for corretamente utilizado, sem dúvida beneficiará a produção sem perigos à qualidade.

LITVINENKO *et alii* (1981) informam que, com *Candida utilis*, aumentos na concentração de  $NH_4$  no meio de multiplicação levam a decréscimos da taxa de absorção da glicose e crescimento da levedura. A taxa de brotamento apresentava flutuação cíclica e o total do número de células por unidade de volume permanecia constante.

O nitrito tem efeito danoso à multiplicação (NOTKINA *et alii*, 1975). Em leveduras de panificação, se o nitrato é reduzido a nitrito, o desenvolvimento da levedura é prejudicado. Os autores (NOTKINA *et alii*, 1975) adicionaram 0,0037% de  $NO_2$  no mosto e observaram que a produção de massa celular foi 8-10% abaixo do normal. Com adição de 0,009% de  $NO_2$ , notaram que a produção de massa celular decresceu 17 a 21%.

Estudando a assimilação de nitrogênio por *S. schenckii* na fase levedunifome, MINAMI (1975) verificou ter havido preferência na absorção do amônio em relação ao nitrato.

As quantidades recomendadas por FULMER *et alii* (1921) para cloreto de amônio, sulfato de amônio, nitrato de amônio e tartrato de amônio são que, sejam adicionados no mosto numa concentração de 0,06% (g/100 ml de meio).

FALCONE e ARRUDA (1964) informam que nas indústrias alcooleiras do Brasil a suplementação de nitrogênio é feita pela adição de 1 a 1,5 g de fosfato ácido de amônio por litro de mosto.

ARAUJO (1969), multiplicando *S. cerevisiae* em melão, verificou que sem nutrição o peso da massa celular produzida chegava a 0,084 g/100 ml, enquanto que, quando o mosto recebia 0,5 g/l de  $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$  a massa celular produzida era 0,230 g/100 ml, apresentando, portanto, incremento de 63% sobre o mosto sem nutrição.

O fósforo é elemento essencial tanto para o crescimento como para a fermentação, sendo muito importante no metabolismo de carboidratos devido ao mecanismo de acúmulo, transferência e liberação de energia, através de ligações fosfóricas de alto nível energético (STUPIELLO e HORII, 1981).

Existe uma relação entre polifosfato e entrada de glucose na célula (STEVENINCK e BOOIS, 1964), segundo a qual, o polifosfato pode servir como um carregador fosforilado para o transporte ativo da glucose (STEVENINCK e ROTHSTEIN, 1965).

Segundo INDGE (1968), polifosfato é uma forma como pode ser acumulado o fosfato no vacúolo da célula.

Registra-se em AMORIM (1977), que as leveduras sempre acumulam grande quantidade de metafosfato solúvel e insolúvel dentro do vacúolo, e os utilizam quando necessário. Sobre fontes comerciais de fósforo, menciona ainda o mesmo autor que elas incluem os sais de fósforo e amônio, superfosfato simples e triplo e ácido fosfórico. Compostos orgânicos podem ser desfosforilados pela enzima fosfatase situada na parede celular e este grupo fosfato pode ser posteriormente absorvido pela levedura.

ZAGO (1982), estudando o efeito da suplementação de fósforo, nas doses: zero, 75 e 150 ppm, na forma de fosfato monoácido de potássio, verificou que o fósforo, quando em baixa concentração, afeta a produção da massa celular, embora de uma forma menos acentuada que o nitrogênio.

FALCONE e ARRUDA (1964) informam que, a nível industrial, utiliza-se de 1 a 1,5 g de fosfato monoácido de amônio por litro de mosto de melão (234 a 352 ppm de fósforo).

Segundo FULMER *et alii* (1921), a concentração ótima no mosto está em torno de 0,02% de fosfato bibásico de potássio, que corresponde a 35,6 ppm de fósforo.

Estudando o efeito da suplementação com fósforo em mosto de melão, ARAÚJO (1969), utilizando 0,6 g/l de  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  no meio, verificou que a massa celular produzida alcançava 0,108 g/100 ml. Os melhores resultados foram 0,569 g de massa celular/100 ml, obtidos com suplementação de 0,5 g/l de  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  mais 0,6 g/l de

$\text{NaHPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ .

JUNI *et alii* (1948), pesquisando sobre a distribuição de compostos fosfatados no metabolismo da *S. cerevisiae*, observaram que, quando o meio continha fósforo e nitrogênio, havia aumento na quantidade de compostos fosfatados em relação ao meio que não continha nitrogênio. Neste caso (sem nitrogênio), o teor de ácido ortofosfórico era 3,2 mg/100 g de matéria fresca da massa celular e quando continha nitrogênio o teor de ácido ortofosfórico era 4,0 mg/100 g, o teor de ácido metafosfórico, em meio sem nitrogênio era 6,6 mg/100 g e com nitrogênio 7,3 mg/100 g de matéria fresca da massa celular.

A produção de biomassa de levedura em vinhaça está relacionada, segundo TAUK e GAMBALE (1978), com fatores de crescimento, e depende da espécie utilizada. Trabalhando com o gênero *Candida*, verificaram que a suplementação de  $\text{H}_3\text{PO}_4$  em doses crescentes proporcionaram aumentos crescentes nos teores de fósforo (1,54 a 1,87%). Relacionando estes valores com os teores de nitrogênio, observaram que o menor teor de P (1,54%) correspondeu ao maior teor de N (7,32%). Concomitantemente, o maior teor de P (1,87%) correspondeu ao menor teor de N (4,8%). Concluíram que, se aumentando o teor de P na levedura, há uma tendência de diminuir a concentração de N.

JENNINGS *et alii* (1958) verificaram que durante a absorção de fósforo pela levedura, as células adquirem capacidade para absorver Mn e Mg. O fósforo funciona como carregador destes ele-

mentos, fato que ocorre no processo de fosforilação, através do qual os cátions formam pares e há absorção do fosfato.

Estudos que salientam a importância do potássio para levedura são encontrados em AMORIM (1977), que o ressalta nas seguintes funções: ativador de uma série de reações da glicólise e em outros passos do metabolismo; ajuda a estabilizar, juntamente com o Ca e Mg, as membranas celulares; ou, ainda, o íon fosfato não é absorvido pela levedura na ausência de potássio no meio.

A quantidade de potássio absorvida pela levedura durante a multiplicação e crescimento é a metade em relação à quantidade exigida na fermentação (SUOMALAINEN e OURA, 1971).

HIDEO *et alii* (1975), estudando os efeitos do potássio na multiplicação do fermento, utilizaram doses numa amplitude de variação de 0,2 a 10 mM e verificaram que, quando o meio continha menos de 4 mM, a produção de massa celular diminuía. Observaram também aumento na massa celular, mas diminuição no teor de potássio e nitrogênio.

GAMBALE (1980), multiplicando leveduras do gênero *Candida*, usando como substrato a vinhaça, verificou que quantidades crescentes de  $K_2SO_4$  (0,30 a 0,60 g de  $K_2SO_4$ /l de vinhaça) funcionaram como indutoras na produção de biomassa de algumas espécies. As doses de  $K_2SO_4$  utilizadas na vinhaça fizeram variar o teor de nitrogênio na levedura, que foi determinado entre 6 e 7% de N.

FOULKES (1956), pesquisando o transporte de cátions em levedura, observou que se adicionando glucose e fósforo no subs-



trato, consegue-se aumentar a absorção de potássio, e determinaram 81 micromoles de K por grama de levedura.

Estudos de CONWAY e BEARY (1958) salientam que o ion magnésio pode ser ativamente transportado em grande quantidade através da membrana celular, funcionando o ion  $K^+$  como carregador. Entretanto, isto ocorre somente quando o ion  $Mg^{2+}$  encontra-se presente como cátion inorgânico em meio fluido e em apreciável concentração. Inibição na absorção de Mg em torno de 50% foi verificada quando a concentração de potássio estava em torno de 0,58 mM. Dentro de certos limites, aumentando-se a concentração de potássio verificou-se redução na absorção de magnésio.

Evidenciam ROTHSTEIN *et alii* (1957), que a absorção de Mg e Mn é estimulada pelo potássio quando em baixa concentração, mas inibida pelo elemento quando em alta concentração. Por outro lado, o transporte do Mg e Mn no interior da célula é realizado por um mecanismo que envolve fósforo e proteína celular.

CONWAY e DUGGAN (1956) afirmam que o potássio e o magnésio são absorvidos pela célula por meio de um mesmo carregador. Observaram que se aumentando o teor de potássio no mosto reduz-se, dentro de certos limites, a absorção do magnésio.

O magnésio destaca-se como catalizador de uma série de transferases de fosfato e um certo número de descarboxilases e, portanto, tem um papel fundamental para o crescimento das leveduras (DEVEREUX e TANNER, 1927; LING e HOSENEY, 1977; AMORIM, 1977).

FALCONE e ARRUDA (1964) recomendam, para mosto de melaço, utilizar 0,2 a 0,25 gramas de sulfato de magnésio penta-hidratado por litro de mosto, o que corresponde de 22 a 27,5 ppm de magnésio.

Segundo AMORIM (1977), não se considera o cálcio muito importante para levedura, e concentrações altas podem afetar sensivelmente tanto o crescimento da levedura como a fermentação alcoólica. Este efeito inibidor do cálcio parece estar ligado à competição entre  $Ca^{++}$  e o  $Mg^{++}$  e outros cátions pelo mesmo sistema de transporte, através do plasmalema.

RICHARDS (1925) encontrou que a melhor concentração de cálcio para produção de massa celular e fermentação da *S. cerevisiae* está em torno de 0,0001 M. Altas concentrações de Ca desempenham papel inibidor e baixas concentrações são inadequadas para melhores multiplicação do fermento e fermentação alcoólica.

As ações catalíticas dos micronutrientes nos processos: de metabolismo, de ativador de enzimas e de estimulante no desenvolvimento de microorganismos, têm sido amplamente estudadas por diversos pesquisadores.

O manganês está associado com a ativação da arginase e a biossíntese da tiamina é fortemente por ele ativada (MORRIS, 1958; PECIULIS, 1973).

Segundo MORRIS (1958), a dose de 10 ppm de manganês estimula o crescimento da levedura, enquanto que, doses acima de 500

ppm têm efeito tóxico.

O zinco tem sido assinalado como essencial para as leveduras, pelas funções fisiológicas que desempenha, tais como, co-fator para numerosas metaloenzimas. Ressalte-se que as RNA polimerase são zinco metaloenzimas, segundo relatam AULD *et alii* (1976) e WANDZILAK e BENSON (1977).

É uma afirmação de PECIULIS (1973) que a adição de zinco aumenta a quantidade de nitrogênio total em levedura. Também o zinco pode ativar fosfatases ácidas e estimular a biossíntese de riboflavina e ácido fólico.

De acordo com MC HARGUE e CALFEEC (1931), doses de zinco entre 0,2 a 200 ppm estimulam o crescimento da levedura, enquanto doses entre 300 a 500 ppm o inibem parcialmente.

POPENKO e BAYAKHUNOV (1971), estudando os efeitos dos micronutrientes: Cu (10 mg/l de  $\text{CuSO}_4$ ); Fe (50 mg/l de  $\text{FeSO}_4$ ); Mn (30 mg/l de  $\text{MnSO}_4$ ) e Zn (30 mg/l de  $\text{ZnSO}_4$ ), verificaram que, nestas concentrações, os nutrientes estimulavam o desenvolvimento dos microrganismos.

Resultados obtidos por KARVANEK e JANICEK (1972), mostraram que os teores de micronutrientes determinados em levedura de panificação foram os seguintes: Cu = 18,6 mg/kg; Fe = 108,6 mg/kg; Mn = 38,4 mg/kg e Zn = 142,6 mg/kg de levedura.

Analisando os teores (ppm) dos nutrientes na cevada, malte e levedura, POMERANZ e DIKEMAN (1977) encontraram os seguin

tes resultados: cevada: K = 5.190; Mg = 1.630; Ca = 1.399; Cu = 11; Fe = 38; Mn = 16; Zn = 16; malte: K = 3.610; Mg = 1.290; Ca = 1.280; Cu = 7; Fe = 36; Mn = 14; Zn = 20; levedura: K = 1.960; Mg = 1.870; Ca = 310; Cu = 11; Fe = 79; Mn = 5; Zn = 29.

Durante o processo de produção de massa celular, são realizadas análises de controle da multiplicação, que incluem, entre outras, as de viabilidade e brotamento celulares.

ZAGO (1982) verificou que as análises de viabilidade e brotamento celulares são importantes, principalmente quando se pretende produzir grande quantidade de massa celular em pouco tempo, pois quanto mais células viáveis e em brotamento houverem, maior será a utilização dos açúcares para produção de células. Estes parâmetros podem ser adotados para o controle da multiplicação com uma margem de confiança razoável. O mesmo autor, suplementando mosto de xarope com diferentes níveis de nitrogênio, numa amplitude de variação de zero a 400 ppm, verificou, para o levedo Fleischmann, que a porcentagem de brotamento esteve entre os limites de 7,7 a 30,5%, enquanto que a viabilidade permaneceu entre 92,4 a 99,8%.

Outro parâmetro de avaliação é o consumo de açúcar pela levedura durante a multiplicação, que é medido através das análises de Brix e AR do resíduo. É evidente que o consumo será tanto maior quanto melhor for o teor de açúcar determinado no resíduo.

Segundo ZAGO (1982), o teor de ART do resíduo variou de acordo com os níveis de nitrogênio e fósforo, suplementados no mosto de xarope, meio usado para multiplicação do levedo Fleischmann.

Verificou ainda que, numa amplitude de variação de zero a 400 ppm de nitrogênio, e de zero a 150 ppm de fósforo, o teor de ART decresceu de 1,80 a 0,002 g/100 ml. Concluiu (ZAGO, 1982) que houve maior consumo de açúcar pela levedura nos tratamentos que receberam maiores teores de nitrogênio e fósforo.

## 2.5 - Fermentação Alcoólica

Atualmente, com a necessidade de se produzir mais álcool e a preços mais compensadores, uma série de linhas de pesquisas estão sendo formuladas e passadas à execução a curto prazo, com o objetivo de dar um maior apoio técnico, não só às usinas de açúcar que produzem álcool, mas, também, às destilarias autônomas. Por esta razão, as pesquisas no sentido de melhorar o rendimento e a velocidade na produção de álcool pelas leveduras estão sendo incentivadas (AMORIM, 1977).

As leveduras requerem, para a fermentação, diversos nutrientes, fundamentalmente o nitrogênio, o fósforo, o potássio, o magnésio, o cálcio, e outros em menores proporções, além de micronutrientes.

AZAMORA (1978) relata que o nitrogênio, para constituição protoplasmática, é utilizado pela levedura, fundamentalmente na forma de sais amoniacais e de aminoácidos. Entre os aminoácidos mais adequados figuram o ácido aspártico, ácido glutâmico, a aspargina, a leucina e a fenilalamina. Os nitratos parecem exercer efeito tóxico.

MAGALHÃES *et alii* (1980), estudando a influência da fonte de nitrogênio para fermentação alcoólica, observaram que a adição de sulfato de amônio acarreta aumento tanto na quantidade de proteína da levedura residual da fermentação, quanto na produtividade em etanol.

STUPIELLO e HORII (1981) afirmam que se existe uma limitação de nitrogênio, o crescimento celular é diminuído, e como consequência, uma significativa parte de glicose pode ser convertida em glicogênio (substância de reserva), além do fato de que, em ausência de nitrogênio a velocidade de fermentação diminui, aumentando conseqüentemente o tempo de fermentação e diminuindo a produtividade. O nitrogênio deve aparecer em níveis da ordem de 300-350 ppm de N total, ocorrendo um residual da ordem de 30 a 50 ppm de N total. Igualmente se pode verificar que, teores elevados de nitrogênio não estão unicamente relacionados a maior crescimento celular, mas também concorrem para maior rendimento alcoólico.

Segundo NOVAIS (1980), o aproveitamento do nitrogênio e os produtos de sua metabolização dependem consideravelmente da forma pela qual ele é oferecido à levedura. Uma fonte não adequada de nitrogênio acarreta um aumento na produção de componentes secundários no vinho, como os álcoois amílico, isoamílico, propílico, butílico, etc., que devem ser eliminados durante a retificação. Assim, por exemplo, quando a levedura não encontra o nitrogênio na forma amoniacal (a mais provável à sua assimilação) no meio, ela o retira

de outros compostos, como os aminoácidos, resultando os produtos in desejáveis citados anteriormente, em grande quantidade.

A importância do fósforo reside na sua função durante a transformação do açúcar em álcool, assim como na produção de ATP, tanto na glicólise como na cadeia respiratória (AMORIM, 1977).

Considera LEGGETT (1961) que entre as funções que o fósforo desempenha no metabolismo celular estão a participação nas reações gerais da glicólise, ação da gliceraldeído-3-fosfato desidrogenase, potencial de redox e oxidações na cadeia respiratória.

Segundo STUPIELLO e HORII (1981), para que ocorra uma fermentação alcoólica de bom rendimento, o fósforo deverá encontrar-se dentro dos níveis de 125-150 ppm de  $P_2O_5$ .

A função do potássio é ressaltada por AZAMORA (1978), segundo o qual o íon  $K^+$  toma parte nos processos respiratórios (ativação da enolase).

Pode ser aquilatado em ROTHSTEIN e DEMIS (1953) que a quantidade de açúcar consumido aumenta 83% na presença de potássio no meio.

AZAMORA (1978) relata que as leveduras necessitam de sais para o seu crescimento, destacando, para os nutrientes, as seguintes funções: o Mg é ativador de enzimas que transferem fosfatos; em alguns casos se agregam ions  $Fe^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$  e  $Mn^{2+}$ , que participam em reações de enzimas. O  $Fe^{2+}$  atua a nível de citocromo e da catalase, sendo também necessário na síntese de cofatores (0,1% do peso seco). O  $Cu^{2+}$  (12-15 mg/l) é essencial para formação de citocromo e atua-

ção de oxidases. O  $Mn^{2+}$  supõe-se que ative a arginase em leveduras.

Verifica-se em FEDOROVA *et alii* (1978), que em leveduras de panificação, os mostos que continham mais zinco e menos cobre fermentavam melhor.

Informa HORII (1980) que elementos como o Cu, Zn e outros, em baixas concentrações, são considerados como ativadores do metabolismo das leveduras, porém, em concentrações relativamente elevadas, podem agir como inibidores, impedindo a utilização da glicose.

PECIULIS (1973) relata que os micronutrientes Cu, Mn e Zn estimulam a fermentação alcoólica. Fosfatases ácidas são ativadas pelo cobre e zinco. A biossíntese da tiamina é fortemente ativada pelo Mn; a riboflavina é estimulada pelo zinco.

Pesquisando sobre as funções do ferro e cobre para a levedura, ELVEHJEM (1931) verificou que o ferro acelera a taxa de crescimento e metabolismo das leveduras e exerce influência na síntese do citocromo. O cobre tem a propriedade de estimular a formação de certos compostos hemáticos. A dose 0,02 mg de Cu por 200 cc de mosto é o nível ótimo para estimular a formação do citocromo a.

Do trabalho de STEINER e LANZLINGER (1978), se infere que fermentações com variações nas doses de Zn entre 20 e 200 microgramos/litro mostraram que 200 microgramos/litro era a mais efetiva concentração. A este nível de adição de zinco, a concentração de ácidos voláteis, aldeídos e diacetil era baixa na fermentação. Ressaltaram que deficiência de Zn no meio inibia a desidrogenase na



fermentação, enzima que cataliza a redução do acetaldeído à etanol e que requer zinco para ativá-la.

A presença dos nutrientes é fundamental para o processo fermentativo, entretanto, seus efeitos são medidos principalmente através dos resultados de rendimento, viabilidade celular e tempo de fermentação.

Segundo AMORIM (1982), o rendimento médio das destilarias no Brasil (75/76) era de 70 a 75%, e o tempo médio de fermentação era em torno de 24 horas. Entretanto, houve um avanço tecnológico, e hoje (1982) é possível completar uma fermentação entre seis e sete horas e com teores de álcool na dorna de 8 a 10% (V/V).

LOPES *et alii* (1981) desenvolveram um ensaio de fermentação alcoólica, utilizando três variedades de sorgo sacarino: Brandes BR 501, Rio BR 500 e o híbrido BR 602. Verificaram que a variedade Brandes apresentou 91,56% de rendimento alcoólico, a 'Rio' 87,57% e o híbrido 86,80%. Os teores de ART (g/100 g) foram os seguintes: 'Brandes' 14,04%, 'Rio' 15,39% e o híbrido 13,53%.

Foi demonstrado por evidências de TEIXEIRA e SALATI (1957) que a fermentação da cana-de-açúcar enriquecida com 1 g/l de  $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$  produziu rendimento de 87,5% e caldo enriquecido com 1 g/l de  $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$  mais 0,02 g/l de  $\text{Mn SO}_4$  fermentou com rendimento em torno de 88,02% do teórico. Partindo de um mesmo ART 16,93%, foram obtidos teores de álcool 9,76 e 9,74 (V/100) para os tratamentos em que foram suplementados 1 g/l de  $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$  e 1 g/l de  $(\text{NH}_4)_2$

SO<sub>4</sub> mais 0,02 g/l de MnSO<sub>4</sub>, respectivamente.

Estudando a produção de álcool etílico de sorgo, TEIXEIRA *et alii* (1976) encontrou no caldo a seguinte composição: °Brix 14,0; açúcares totais 12,86% e açúcares redutores 8,35%. O caldo foi suplementado com 1 g/l de (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub> SO<sub>4</sub>, 0,1 g/l de KH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e 1 g/l de farelo de arroz. O caldo foi inoculado com *S. cerevisiae* e após 24 horas de fermentação o vinho apresentava 6,7 G.L. e rendimento alcoólico 82% do teórico.

Adicionando H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> em mosto de melado, LEVANDOVSKI *et alii* (1981) obtiveram, após fermentação, teor alcoólico 9,24%. A adição de nitrogênio e fósforo resultou em teor alcoólico 9,17%. Na ausência de ambos os nutrientes, conseguiram 9,10% de teor alcoólico.

ROSOLEM *et alii* (1982) conduziram ensaios de campo utilizando duas cultivares de sorgo sacarino (Brandes e Rio) cultivadas em dois solos (Latosol Roxo e Latossol Vermelho Escuro textura média), para estudo dos efeitos da aplicação de N, P e K sobre a produção de colmos e álcool. Avaliaram os efeitos das adubações nos teores de sacarose, açúcares redutores, brix, fibra e produção de álcool do sorgo sacarino. Com relação à produção de álcool por hectare, a cultivar Brandes respondeu positivamente ao N no LR e ao N e K no LEM, ao passo que a cultivar Rio não apresentou respostas significativas às adubações. As produções de álcool foram explicadas principalmente pelas produções de colmos, o que demonstra ser a pro

dução de álcool por área uma função principalmente da quantidade de caldo produzido, desde que a cultivar apresente características tecnológicas dentro de um limite razoável.

Trabalhando com a variedade Brandes, GERMEK e STURION (1980), visando à produção de etanol, encontraram os seguintes resultados: ART % = 12,4, grau do vinho = 7,5 G.L. e rendimento da fermentação = 75,2% do teórico.

TEIXEIRA *et alii* (s/d), partindo de °Brix 17,40, e após 70 horas de fermentação, conseguiram rendimento em torno de 92% do teórico, utilizando caldo de sorgo sacarino.

Das observações de DREWS (1959) se conclui que, após 17-28 horas de fermentação do melaço de cana, obtém-se vinho com °Brix 1,3 a 1,6 e teor alcoólico (V/V) 5,3 a 5,9%.

TOLEDO e TEIXEIRA (1957), trabalhando com mosto de uva, iniciaram a fermentação com °Brix 25,16 e ART 21,09%; obtiveram do vinho °Brix 0,46 a 3,36 e ART 0,40 a 2,5%. O estudo foi realizado com 25 estirpes do gênero *Saccharomyces* e as leveduras comportaram-se diferentemente durante o processo de fermentação.

O objetivo da fermentação é, em última análise, a produção de 100% de etanol. Entretanto, outros compostos são também formados, muitos deles indesejáveis. Os ácidos e aldeídos são sabidos agentes corrosivos, enquanto que os outros componentes necessitam mais estudos.

Salienta AMORIM (1982), que se torna indispensável, quando se trata de análise para se saber a qualidade do álcool, quan

to de aldeído acético, metanol, acetato de etila, álcoois superiores e benzol este álcool possui.

Postularam SOUMALAINEN e KAHANPAA (1963), que a adição de sulfato de amônio a uma solução de 10% de sacarose estimulava a formação de alcóois isobutílico e isoamílico. O di-isopropil amino e o di-isobutil amino não foram metabolizados, havendo, portanto, inibição na formação do álcool fúsel. A influência do sal de amônia pode ser devido ao seu efeito no desenvolvimento da levedura, o que facilita a efetiva utilização do ceto-ácido formado, limitando assim sua transformação em álcool fúsel.

De acordo com BRAU (1957), a produção de óleo fúsel, bem como a natureza de seus constituintes dependem da composição do meio a ser fermentado. Portanto, a adição de leucina aumenta o teor de óleo fúsel, enquanto que a adição de 79 kg de sulfato de amônio, na dorna de 100.000 litros, com °Brix 24, produz o mínimo de óleo fúsel na fermentação do malte.

É uma afirmação de OUGH e BELL (1981), que a adubação nitrogenada da videira pode afetar os teores de alcóois superiores (n-propanol, isobutanol, iso-amilo e álcool amílico) presentes no vinho fermentado. Fertilizações com baixas doses de nitrogênio aumentam os teores de alcóois isolutílico e isoamílico. Adubações com doses superiores a 112 kg/ha de nitrogênio causam aumentos desprezíveis na concentração dos alcóois.

THALACKER e KALTWASSER (1978) observaram em cerveja,

variações nos teores de hidroximetil furfural, analisando as cervejas pilsen, exportação e escura. Os maiores teores observados foram os seguintes: cerveja pilsen, 6,7 HMF mg/l; cerveja exportação 6,5 HMF mg/l; e cerveja escura, 7,8 HMF mg/l. No mosto da cevada, os teores de hidroximetil furfural variaram entre 4,1 a 5,4 mg/l.

INGRAHAM e GUYMON (1960), estudando a formação de alcôois superiores alifáticos por *Saccharomyces cerevisiae*, separaram por cromatografia os alcôois isoamílico, propílico e butílico. Observaram que se a levedura era deficiente em leucina, havia formação de traços de álcool isoamílico e maior formação de propanol. Se a levedura era deficiente em isoleucina, não havia formação de álcool amílico, mas se verificavam maiores quantidades de alcôois isoamílico e isobutílico. Os resultados confirmavam a hipótese de que a formação de alcôois superiores envolviam certas reações nas quais participavam amino-ácidos.

Evidenciaram CHEN e GUELUWE (1976) que teores de nitrogênio-amínico (100-300 ppm), determinados durante a fermentação não mostraram correlação positiva entre a concentração de nitrogênio e a quantidade de óleo fúsel formado. Os alcôois determinados no óleo fúsel foram os seguintes: n-propanol, isobutanol, 2-metil - 1 butanol, e o 3-metil - 1 butanol. A adição de açúcar (principalmente glicose) no mosto de cevada, reprimiu a formação de n-propanol, mas promoveu a produção do 3-metil - 1 butanol.

CHEN e GUELUWE (1976), trabalhando com as leveduras

*S. cerevisiae* e *S. carlsbergensis*, verificaram que a quantidade de álcool fúsel aumentava gradualmente com a fermentação, sendo igual para as duas leveduras. Determinaram os teores de alcôois no malte, encontrando os seguintes resultados: a *S. cerevisiae* produziu: n-propanol 21,62 mg/l; isobutanol 22,50 mg/l; 2-metil - 1 butanol 11,00 mg/l; 3-metil - 1-butanol 43,64 mg/l; e a *S. carsbergensis* produziu: n-propanol 8,70 mg/l; isobutanol 16,60 mg/l; 2 - metil - 1 butanol 52,80 mg/l.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 - Local do Ensaio de Campo

O experimento foi instalado na Fazenda Experimental de São Manoel, SP, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu, SP, apresentando um solo classificado como Latossol Vermelho Escuro - fase arenosa, segundo o CENTRO NACIONAL DE ENSINO E PESQUISAS AGRONÔMICAS (1960). O local possui, de acordo com dados do IBGE (1958), aproximadamente as seguintes coordenadas geográficas: 22°44' de latitude Sul e 48° e 34' de longitude W.Gr. Está situado (SELTZER, 1946) em região de clima sub-tropical úmido com estiagem no inverno; a temperatura do mês mais quente é superior a 22°C, enquanto a do mês mais frio é inferior a 18°C.

Os resultados das análises químicas do solo em que foi conduzido o ensaio são mostrados na Tabela 1.

O procedimento analítico adotado foi o seguinte:  $K^+$ ,  $H^+$ ,  $Al^{3+}$  e  $PO_4^{3-}$ , segundo CATANI *et alii* (1955);  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ , de acordo com GLÓRIA *et alii* (1964).

Tabela 1 - Resultados da análise química do solo em que foi instalado o ensaio.

pH	$PO_4^{3-}$	$Ca^{++}$	$Mg^{++}$	$K^+$	$H^+$	$Al^{3+}$
e.mg/100 g TFSA						
5,5	0,079	0,69	0,27	0,19	2,88	0,40

A interpretação dos resultados apresentados na Tabela 1 pode ser, de acordo com CATANI e JACINTO (1974), assim delineada:  $PO_4^{3-}$ , pobre;  $Ca^+ + Mg^{++}$ , pobre;  $K^+$ , pobre;  $Al^{3+}$ , médio.

### 3.2 - Cultivar Utilizada

A cultivar utilizada foi a Brandes. As sementes foram cedidas pelo Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, da EMBRAPA. A cultivar Brandes é, segundo a EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (1979), resistente às principais doenças e de difícil acamamento, sensível ao fotoperiodismo, ciclo de aproximadamente 130-150 dias, e indicada para produção de álcool. É a cultivar que se tem usado em diversos ensaios de sorgo sacarino, tal



como mostram os trabalhos recentes de: EMBRAPA (1979), STEVENS (1981), ESTEVES *et alii* (1981), ROSOLEM *et alii* (1982) e ZANINI (1982).

### 3.3 - Tratamentos

Foram estudados 10 tratamentos, com N, P, K, utilizando-se as seguintes doses: N (zero, 60, 120 e 180 kg/ha de N), P (zero, 100, 200 e 300 kg/ha de  $P_2O_5$ ) e K (zero, 60, 120 e 180 kg/ha de  $K_2O$ ), que foram combinadas e distribuídas como seguem:  $N_0P_2K_2$  (022);  $N_1P_2K_2$  (122);  $N_2P_2K_2$  (222);  $N_3P_2K_2$  (322);  $N_2P_0K_2$  (202);  $N_2P_1K_2$  (212);  $N_2P_3K_2$  (232);  $N_2P_2K_0$  (220);  $N_2P_2K_1$  (221) e  $N_2P_2K_3$  (223). Os adubos foram utilizados nas formas de sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio. Foram aplicados no tratamento  $N_1P_2K_2$  (122), 30 kg/ha de N por ocasião da semeadura, 15 kg/ha em cobertura aos 30 dias de emergência da planta e mais 15 kg/ha aos 50 dias. No tratamento  $N_2P_2K_2$  (222) foram aplicados 30 kg/ha de N na semeadura, 45 kg/ha aos 30 dias da emergência da planta e mais 45 kg aos 50 dias. No tratamento  $N_3P_2K_2$  (322) foram aplicados 30 kg/ha de N na semeadura, 75 kg/ha aos 30 dias e mais 75 kg/ha aos 50 dias da emergência da planta. Foi aplicada 1/2 da dose de  $K_2O$  na ocasião da semeadura e 1/2 da dose em cobertura, aos 30 dias da emergência da planta. O adubo fosfatado foi aplicado no sulco, na época da semeadura.

### 3.4 - Instalação e Condução do Ensaio

A instalação do ensaio foi realizada no dia 5 do mês de novembro de 1980. Por ocasião do plantio foram abertos sulcos de 8-10 cm de profundidade, espaçados de 0,70 m. Procedeu-se à adubação no sulco de plantio, misturando o adubo com a terra. A seguir foi feita a sementeira com 15 a 20 sementes por metro linear, e estas foram cobertas com 2 a 4 cm de terra. Aos 20 dias após a emergência das plantas, procedeu-se ao desbaste, deixando-se 10 plantas por metro linear de sulco. As ervas daninhas foram controladas através de capinas manuais. Ressalte-se que 90 dias antes do plantio foram aplicadas no solo 2 t de calcário dolomítico por hectare.

### 3.5 - Colheita e Preparo do Material para Análise

A colheita foi realizada no dia 24 de março de 1981 e as plantas foram colhidas no estágio de grão duro. Nesta ocasião, foram anotados os pesos dos colmos por parcela.

O caldo foi extraído em moendas de um terno, filtrado em filtro de pano, acondicionado em frascos plásticos e congelados até o momento das análises.

A colheita das folhas foi realizada seguindo-se o procedimento de amostragem para fins de análise química. Quando as plantas alcançaram a época do emborrachamento (80 dias após o plantio) foi feita em todos os tratamentos uma única amostragem das folhas, da porção média da planta, sendo colhida uma folha de cada planta,

totalizando 20 folhas da linha central por parcela.

Após a amostragem, o material foi submetido à secagem em estufa de circulação forçada de ar a 80°C, pelo menos 72 horas. Devidamente seco, o material foi moído em moinho tipo Wiley, com peneira de malha número 20 (20 malhas/pol). Em seguida, foi acondicionado em saco de papel até a realização das análises químicas.

### 3.6 - Análises Químicas da Folha e do Caldo

As amostras de tecidos foliares foram submetidas às digestões nítrico-perclórica (JORGENSEN, 1977) e sulfúricas (PARKINSON e ALLEN, 1975), utilizando-se bloco digestor BD 40 da Technicon.

As análises de N e P foram realizadas por colorimetria em autoanalisador Technicon, conforme TECHNICON INDUSTRIAL METHOD (1977).

No caldo, o nitrogênio foi determinado com auxílio do micro Kjeldahl, cujo procedimento analítico é encontrado em SARRUGE e HAAG (1974).

No tecido foliar e no caldo, o Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn foram dosados por espectrometria de emissão atômica com plasma induzido em argônio e o K por espectrometria de emissão atômica, seguindo-se os métodos descritos por ZAGATTO *et alii* (1981).

### 3.7 - Análises Tecnológicas

Foram realizadas no caldo, as seguintes análises: ART, AR e Sacarose, dosados pelo método colorimétrico de Somogy-Nelson, seguindo-se o procedimento analítico expresso em AMORIM *et alii* (1983) e o °Brix, pelo densímetro digital de ANTON-PAAR mod. DMA-46.

#### 3.7.1 - Análise do ART no caldo

Foram pipetados 2 ml de caldo e diluídos a 200 ml com água destilada. Nesse diluído foi adicionado 0,2 g de oxalato de sódio e agitado; a seguir, foi acrescentado 1 g de celite (sílica de diatomáceas) e agitado durante 3 minutos. O conteúdo foi filtrado em papel de filtro qualitativo, sendo desprezados os primeiros 20-25 ml.

Foram pipetados 50 ml do filtrado e transferidos para balão volumétrico de 200 ml.

Adicionaram-se 10 ml de HCl 0,75N e o balão foi colocado em banho-maria a 65°C, por 30 minutos.

Após resfriamento do material até a temperatura ambiente, foram acrescentados 10 ml de Na OH 0,75 N e o volume completado a 200 ml, com água destilada.

### 3.7.1.1 - Procedimento analítico

Foram numerados os tubos de ensaio e adicionadas as seguintes soluções:

tubos 1 e 2: 1 ml de água destilada (prova em branco);

tubos 3 e 4: 1 ml de padrão de açúcar invertido (50 µg de ART/ml);

outros tubos: 1 ml dos diluídos, conforme obtido no item 3.7.1.

Foi colocado, em cada um dos tubos, 1 ml do reativo de Somogy e agitado.

Os tubos foram aquecidos durante 15 minutos em água em ebulição.

Após o resfriamento dos tubos em água corrente, foi adicionado em cada tubo 1 ml do reativo de Nelson e agitado. A seguir foram colocados em cada tubo 7 ml de água destilada e agitado.

Após 15 minutos de repouso, foi feita a leitura em colorímetro Klett-Summerson, usando-se o filtro verde com comprimento de onda de 54 nm.

### 3.7.2 - Análise do AR no caldo

Foram pipetados 25 ml de caldo e diluídos a 500 ml com água destilada. No diluído foi adicionado 0,2 g de oxalato de sódio e agitado; a seguir, foi acrescentado 1 g de celite (sílica de diatomáceas) e agitado durante 3 minutos. O conteúdo foi filtrado em

papel de filtro qualitativo, sendo desprezados os primeiros 20-25 ml.

Foram pipetados 25 ml do filtrado e diluídos a 100 ml com água destilada.

### 3.7.2.1 - Procedimento analítico

O procedimento analítico para o AR foi realizado conforme descrição em 3.7.1.1.

### 3.7.3 - Teor de Sacarose

O teor de sacarose foi calculado utilizando-se os resultados obtidos de ART e AR, empregando-se a fórmula:

$$\text{Sacarose} = 0,95 (\text{ART} - \text{AR})$$

## 3.8 - Multiplicação do Levedo

### 3.8.1 - Mosto

Foram utilizados mostos preparados a partir do caldo extraído dos colmos despalhados, correspondentes aos 10 tratamentos de adubação. O caldo era diluído até as concentrações de 2 e 4% (P/V) de ART e o pH acertado a 4,0 com ácido sulfúrico.

Os teores minerais contidos no caldo e nos mostos com

2 e 4% de ART, encontram-se nas Tabelas 2, 3 e 4.

Tabela 2 - Teores de alguns nutrientes minerais (ppm) contidos no caldo, em função dos tratamentos.

TRATAMENTOS	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
022	457	170	2.356	713	459	1,3	34	35	8,6
122	609	89	2.217	591	374	1,4	19	30	5,4
222	762	67	1.669	557	279	1,5	26	30	3,4
322	838	73	1.458	598	326	1,2	23	28	3,8
202	609	52	1.417	504	335	1,3	28	26	4,8
212	838	63	1.768	478	331	2,1	21	25	3,2
222	762	67	1.669	557	279	1,5	26	30	3,4
232	685	68	1.725	626	360	1,2	22	29	3,4
220	838	83	1.433	783	408	1,1	22	29	4,0
221	762	72	1.871	642	323	1,1	21	29	4,3
222	762	67	1.669	557	279	1,5	26	30	3,4
223	736	59	2.059	479	188	1,1	28	29	3,3

Tabela 3 - Teores de alguns nutrientes minerais (ppm) contidos no mosto 2% ART, em função dos tratamentos.

TRATAMENTOS	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
022	62	23	320	97	62	0,2	5	5	1,2
122	84	12	305	81	51	0,2	3	4	0,7
222	96	8	211	70	35	0,2	3	4	0,4
322	99	9	172	71	38	0,1	3	3	0,4
202	75	6	175	62	41	0,2	3	3	0,6
212	97	7	205	55	38	0,2	2	3	0,4
222	96	8	211	70	35	0,2	3	4	0,4
232	81	8	203	74	42	0,1	3	3	0,4
220	99	10	169	92	48	0,1	3	3	0,5
221	90	8	220	76	38	0,1	2	3	0,5
222	96	8	211	70	35	0,2	3	4	0,4
223	87	7	242	56	22	0,1	3	3	0,4



Tabela 4 - Teores de alguns nutrientes minerais (ppm) contidos no mosto 4% de ART, em função dos tratamentos.

TRATAMENTOS	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
022	124	46	640	194	124	0,4	10	10	2,4
122	168	24	610	162	102	0,4	6	8	1,4
222	192	16	422	140	70	0,4	6	8	0,8
322	198	18	344	142	76	0,2	6	6	0,8
202	150	12	350	124	82	0,4	6	6	1,2
212	194	14	410	110	76	0,4	4	6	0,8
222	192	16	422	140	70	0,4	6	8	0,8
232	162	16	406	148	84	0,2	6	6	0,8
220	198	20	338	184	96	0,2	6	6	1,0
221	180	16	440	152	76	0,2	4	6	1,0
222	192	16	422	140	70	0,4	6	8	0,8
232	174	14	484	112	44	0,2	6	6	0,8

### 3.8.2 - Suplementação de sais

Para o estudo da otimização da multiplicação, os mostos foram suplementados com sais de NPK, utilizando-se as concentrações sugeridas por ZAGO (1982). O caldo foi diluído até as concentrações correspondentes a 2 e 4% em ART e os sais foram suplementados às seguintes concentrações:

600 ppm de N na forma de sulfato de amônio;

150 ppm de P na forma de diamônio fosfato;

1.000 ppm de K na forma de sulfato de potássio.

O sulfato de amônio  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , de fabricação da J.T. Baker Produtos Químicos Ltda., SP; o fosfato monoácido de amônio, da Riedel - De Haen A.G. Seelze bei Hannover, e o sulfato de potássio da J.T. Baker Produtos Químicos Ltda., SP. Todos os sais utilizados tinham a especificação puro-pró-análise. Estes sais, antes de serem usados, foram colocados em dessecador à vácuo, com sílica gel, durante uma semana.

Para os cálculos das quantidades de sais suplementado aos mostos, foram levados em consideração os teores dos elementos N, P, K do caldo, bem como os teores de açúcares totais (ART).

Na Tabela 5 encontram-se os volumes das soluções de sulfato de amônio, fosfato monoácido de amônio e sulfato de potássio, adicionadas nos mostos 2 e 4% de ART, em ml/litro de mosto.

Tabela 5 - Volumes das soluções adicionadas nos mostos 2 e 4% de ART, em função dos tratamentos (ml/1 de mosto). Soluções de 25 mg N/ml, 10 mg P/ml e 10 mg K/ml.

TRATAMENTOS	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (ml/1)		$(\text{NH}_4)_2\text{H PO}_4$ (ml/1)		$\text{K}_2\text{SO}_4$ (ml/1)	
	Mosto 1	Mosto 2	Mosto 1	Mosto 2	Mosto 1	Mosto 2
022	19,4	14,5	12,7	10,4	68,0	36,1
122	18,4	11,8	13,8	12,5	69,5	39,0
222	17,8	10,5	14,1	13,3	78,9	57,9
322	17,7	10,3	14,1	13,3	84,1	68,1
202	18,6	12,0	14,3	13,7	82,4	64,8
212	17,8	14,4	14,3	13,5	79,6	59,2
222	17,8	10,4	14,1	13,3	78,9	57,9
232	18,5	11,9	14,0	13,0	79,9	59,8
220	17,8	10,4	14,0	13,0	83,1	66,2
221	18,0	11,1	14,5	13,3	77,8	55,6
222	17,8	10,5	14,1	13,3	78,9	57,9
223	18,1	11,2	14,3	13,6	75,7	51,3

Mosto 1: Diluição do caldo para 2% de ART.

Mosto 2: Diluição do caldo para 4% de ART.

O caldo era diluído até as concentrações correspondentes, o pH acertado a 4,0 e os mostos armazenados em congelador (-15°C). Quando havia suplementação de sais, estes eram adicionados durante a diluição, com exceção do sal fosfatado, que era adicionado no dia da inoculação. Uma alíquota de cada tratamento era separada para análise de ART.

Tabela 6 - Análise do ART dos mostos (% ART P/V).

TRATAMENTOS	SEM SUPLEMENTAÇÃO		COM SUPLEMENTAÇÃO	
	Mosto 1	Mosto 2	Mosto 1	Mosto 2
022	2,2	4,0	2,0	4,2
122	1,9	3,9	2,0	3,7
222	1,9	3,8	2,1	3,8
322	2,0	3,7	1,9	3,7
202	2,2	3,8	1,9	4,1
212	1,7	4,3	2,0	3,8
222	1,9	3,8	2,1	3,8
232	1,9	3,9	2,0	4,1
220	1,8	3,7	2,0	3,8
221	2,1	3,8	2,1	3,9
222	1,9	3,8	2,1	3,8
223	2,3	3,9	2,1	4,2

### 3.8.3 - Equipamentos utilizados no experimento

A multiplicação da levedura foi realizada em tubos de ensaios de 45 mm por 300 mm. O arejamento era fornecido por um compressor de ar (2,3 ml de ar/ml de mosto/minuto). O ar era esterilizado pela passagem em uma solução de dicromato de potássio a 2% e depois lavado pela passagem em água esterilizada.

A multiplicação do fermento em escala de laboratório foi realizada seguindo-se a metodologia descrita por ZAGO (1982).

### 3.8.4 - Levedura utilizada

Foi utilizado o fermento biológico fresco Fleischmann (levedura *Saccharomyces*), provavelmente o mais empregado para a fermentação alcoólica no Brasil.

### 3.8.5 - Condução do experimento

Foram tomados 0,5 g de fermento prensado (0,208% do substrato) e adicionados em cada tubo de multiplicação. Após a inoculação, foram acrescentados 60 ml de mosto 2% de ART. De cada tubo foi pipetada uma alíquota de 10 ml e determinada a massa celular inicial, em mg/tubo. Em seguida, o ar foi injetado (2,3 ml de ar/ml de mosto por minuto) e após três horas de multiplicação foram adicionados mais 60 ml de mosto 4% em ART. Deixava-se arejando mais três horas e após este período adicionava-se mais 120 ml de mosto com 4% em ART.

Decorridas 7 horas de multiplicação, foram coletados de cada tubo 10 ml do conteúdo para se determinar a massa celular produzida.

O arejamento continuava constante até se completarem 22 horas de multiplicação, quando mais 10 ml foram coletadas para a determinação da massa celular produzida e 1 ml para determinação da viabilidade e brotamento celulares.

O material foi centrifugado, separando-se resíduo e massa celular. O resíduo foi analisado quanto ao <sup>o</sup>Brix e AR. Parte da massa celular foi submetida à secagem em estufa a 85<sup>o</sup>C até peso constante. Devidamente seco, o material foi triturado em moinho triturador (DANGOUMAU GRINDER da PROLABO - Paris, França). Em seguida, foi acondicionado em frascos de vidro até a realização das análises químicas. A outra parte da massa celular, correspondente a 0,5 g, era utilizada para um novo ciclo de multiplicação.

### 3.8.6 - Determinação da massa celular produzida

A determinação da quantidade da massa celular produzida foi realizada pela medida da turbidez da amostra em colorímetro Klett-Summerson, usando-se filtro vermelho com comprimento de onda de 660 nm, cujo procedimento analítico foi adaptado do método descrito por PELCZAR *et alii* (1980). Para tanto, foi construída uma curva padrão para a *Saccharomyces*, sendo esta levedura multiplicada em mosto de sorgo sacarino, nas mesmas condições do experimento.

### 3.8.7 - Determinações do °Brix e AR do resíduo da multiplicação

O °Brix foi determinado pelo densímetro digital da ANTON-PAAR mod. DMA-46.

O AR foi determinado pipetando-se inicialmente 50 ml do resíduo centrifugado e o diluindo a 500 ml com água destilada. No diluído foi adicionado 0,2 g de oxalato de sódio e agitado; a seguir, acrescentou-se 1,0 g de celite (sílica de diatomáceas) e se agitou o balão volumétrico durante 3 minutos. O conteúdo foi filtrado em papel de filtro qualitativo, desprezando-se os primeiros 20-25 ml.

Pipetaram-se 50 ml do filtrado, diluindo-os a 100 ml com água destilada.

#### 3.8.7.1 - Procedimento analítico

O procedimento analítico foi realizado como descrito em 3.7.1.1.

### 3.8.8 - Determinações da viabilidade e brotamento celulares

Em uma lâmina de vidro foram colocadas 1 gota de corante (azul de metileno + citrato de sódio), 1 gota de dispersil (TWIN-80) e 2 µl do material a ser analisado (diluído para contagem de 40 a 60 células por campo). Estas substâncias foram homogeneiza-

das com o auxílio de uma alça de platina e em seguida foi colocada uma lamínula sobre o material homogeneizado.

A contagem foi realizada ao microscópio usando-se objetiva de imersão (100 X). Após a observação de aproximadamente 1.000 células, foram calculadas as porcentagens de células vivas e em brotamento.

A porcentagem de células viáveis foi calculada levando-se em consideração o número de células vivas em relação ao total de células observadas.

A porcentagem de células em brotamento foi calculada usando-se o número de células em brotamento em relação ao número total de células vivas.

### 3.8.9 - Determinações dos elementos minerais

A massa celular foi analisada quanto aos teores de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn, seguindo-se os métodos descritos em 3.6.

## 3.9 - Fermentação Alcoólica

### 3.9.1 - Mosto

Foram utilizados os caldos extraídos dos colmos despalhados, correspondentes aos 10 níveis de adubação. Determinaram-se os teores de ART do caldo e o pH foi acertado a 4,0.



Tabela 7 - Teores de ART contidos no caldo em função dos tratamentos (g/100 ml).

TRATAMENTOS	ART %
022	14,73
122	14,52
222	15,82
322	16,92
202	16,16
212	17,26
222	15,82
232	16,99
220	16,99
221	16,99
222	15,82
223	16,99

### 3.9.2 - Equipamentos utilizados no experimento

A fermentação foi realizada em tubos de ensaio de 40 mm por 145 mm, sem arejamento.

O fermento biológico utilizado foi o Fleischmann (levedura *Saccharomyces*), também usado nos ensaios de multiplicação.

### 3.9.3 - Condução do experimento

Foram tomados 4,0 g de fermento úmido, correspondentes a 8,7% do volume de mosto a ser fermentado. O levedo foi adicionado em cada tubo de fermentação e após a inoculação foram acrescentados 10 ml de caldo. A seguir, os tubos foram colocados em banho-maria à temperatura de 32°C. Após 2 horas de fermentação foram adicionados 15 ml de caldo por tubo. Deixava-se fermentar mais 2 horas e após este período acrescentava-se 21 ml de caldo.

Decorridas 22 horas de fermentação, o material foi centrifugado, separando-se vinho e levedo. O vinho foi analisado quanto ao pH, °Brix e teor alcoólico. O levedo foi utilizado em um novo ciclo de fermentação.

Antes do início de cada fermentação, o levedo era tratado com água ácida pH 2,3, suficientemente baixo para favorecer posteriormente a atividade da levedura e inibir o crescimento de bactérias contaminantes.

### 3.9.4 - Determinações no mosto fermentado

O pH foi determinado no vinho deslevedurado, utilizando-se o pH metro digital da Orion Research. O °Brix foi determinado como em 3.8.7. Os valores de pH e °Brix foram estabelecidos apenas como um guia para se ter uma avaliação da mudança do pH e do consumo de açúcar durante a fermentação.

A determinação do teor alcoólico foi realizada, uti-

lizando-se um conjunto, microdestilador Kjeldahl adaptado para álcool e o densímetro digital da ANTON-PAAR, adotando-se o seguinte procedimento analítico:

Transferiu-se 25 ml de vinho para o microdestilador Kjeldahl e deixou-se destilando até que o volume da solução atingisse o dobro do volume original.

Uma alíquota de 5 ml do destilado foi injetada no densímetro, fazendo-se a leitura da densidade da solução e convertendo-se os valores em porcentagem de álcool (V/V).

Conhecendo-se o ART, o teor alcoólico e considerando-se o rendimento baseado no teórico (100 kg de açúcares totais (ART) produzem no máximo 64,7 litros de álcool, 100% puro a 20°C), calculou-se o rendimento médio da fermentação, em função dos tratamentos.

### 3.9.5 - Suplementação de sais

Para o estudo da otimização da fermentação e análise da qualidade do álcool, foram selecionados 7 tratamentos, levando-se em consideração os menores e os maiores níveis de adubação com N ( $N_0P_2K_2$  e  $N_3P_2K_2$ ), P ( $N_2P_0K_2$  e  $N_2P_3K_2$ ) e K ( $N_2P_2K_0$  e  $N_2P_2K_3$ ), que foram suplementados com N, P e K, respectivamente, além do nível de adubação  $N_1$  ( $N_1P_2K_2$ ), que foi suplementado com sais dos três nutrientes NPK.

Os sais foram adicionados no seguinte esquema:

300 ppm de N na forma de sulfato de amônio;  
 100 ppm de P na forma de fosfato monoácido de sódio;  
 1.000 ppm de K na forma de sulfato de potássio.

Os sais foram dissolvidos em água destilada nas seguintes quantidades:

Sulfato de amônio	6,50 g/100 ml
Fosfato monoácido de sódio	2,04 g/100 ml
Sulfato de potássio anidro	10,00 g/100 ml

Foi pipetado 1 ml da solução e adicionado aos tratamentos que receberam sais.

Os tratamentos para o estudo da otimização da fermentação foram os seguintes:

$N_0P_2K_2$ (022)	sem suplementação de N
$N_0P_2K_2$ (022)	com suplementação de N
$N_3P_2K_2$ (322)	sem suplementação de N
$N_3P_2K_2$ (322)	com suplementação de N
$N_2P_0K_2$ (202)	sem suplementação de P
$N_2P_0K_2$ (202)	com suplementação de P
$N_2P_3K_2$ (232)	sem suplementação de P
$N_2P_3K_2$ (232)	com suplementação de P

$N_2P_2K_0$  (220) sem suplementação de K

$N_2P_2K_0$  (220) com suplementação de K

$N_2P_2K_3$  (223) sem suplementação de K

$N_2P_2K_3$  (223) com suplementação de K

$N_1P_2K_2$  (122) sem suplementação de NPK

$N_1P_2K_2$  (122) com suplementação de NPK

#### 3.9.5.1 - Condução do experimento

A condução do experimento foi realizada conforme descrição em 3.9.3.

#### 3.9.5.2 - Determinações no mosto fermentado

Foram realizadas análises de pH,  $^{\circ}$ Brix e teor alcoólico do mosto fermentado (vinho) seguindo-se o procedimento analítico descrito em 3.9.4.

#### 3.9.5.3 - Alcôois superiores

Os teores de alcôois superiores foram determinadas pela técnica da cromatografia gasosa em cromatógrafo CG 17, equipado com detector de ionização de chama, usando-se  $N_2$  como gás de arraste. Foi empregada uma coluna de HALLCOMIC M-18 15% em Chromosorb W d 2,2 x 3/16" de diâmetro interno, na temperatura de 120°C. A temperatura do detetor foi de 270°C e a do injetor de 180°C.

### 3.10 - Planejamento Experimental e Análises Estatísticas

As análises estatísticas dos dados de produção de colmos foram realizadas obedecendo ao modelo matemático próprio para o delineamento em blocos ao acaso. As análises estatísticas das análises químicas, tecnológicas, de multiplicação e fermentação alcoólica foram realizadas seguindo o modelo matemático próprio para o delineamento inteiramente casualizado e descrito por GOMES (1973). Para os dois delineamentos utilizados foram adotados 12 tratamentos e cada tratamento foi repetido 4 vezes.

Foram determinadas as regressões linear e quadrática na análise de variância, e estabelecidos os coeficientes de correlação  $r$  e o de determinação  $R^2$ , respectivamente.

Os esquemas de análise de variância adotados para os ensaios no campo e no laboratório são apresentados a seguir.

Tabela 8 - Esquema de análise de variância para o delineamento em blocos ao acaso.

Causas da Variação	G.L.
Tratamentos	I-1
Blocos	B-1
Resíduo	(N+1)-(I+B)
Total	N-1

Tabela 9 - Esquema de análise de variância para o delineamento inteiramente casualizado.

Causas de Variação	G.L.
Tratamentos	I-1
Resíduo	N-I
Total	N-1

onde: I = número total de tratamentos;

B = número total de blocos;

N = número total de parcelas.

As comparações entre as médias dos tratamentos foram efetuadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

As análises dos dados foram realizadas através do computador eletrônico IBM-1130 do Departamento de Matemática e Estatística da ESALQ/USP, e os gráficos confeccionados através do Micro-Computador HP 85 da FERMENTEC Ltda. - Assessoria em Fermentação Alcoólica, Piracicaba, SP.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 - Produção de Matéria Verde de Colmos

Encontram-se na Tabela 10 (Apêndice), os resultados médios obtidos para produção de matéria verde de colmos (t/ha), e na Figura 1 encontram-se as curvas construídas com as equações de regressão polinomial referentes à produção de colmos e doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$ , em kg/ha.

Verifica-se na Figura 1 que as produções de colmos verdes aumentaram linearmente com a adubação nitrogenada, apresentando produções máximas nas maiores doses de nitrogênio por hectare. Também ROSOLEM (1979) obteve maiores produções de colmos e CARVALHO *et alii* (1980) maiores produções de grãos, quando aumentaram as quantidades de nitrogênio por hectare.



Quanto ao fósforo, constata-se (Tabela 10) que houve maior produção de colmos no tratamento 300 P (232) kg de  $P_2O_5$ /ha, que foi adubado com a maior dose do fertilizante, enquanto que, a menor produção foi registrada no tratamento 0 P (202) kg de  $P_2O_5$ /ha, que não recebeu adubação fosfatada.

Verifica-se na Figura 1, que as produções de colmos verdes mostraram correlação positiva com as doses de fósforo, traduzidas por uma equação de regressão linear, evidenciando que, as condições para produção de colmos verdes são mais favoráveis quando são utilizadas maiores doses do adubo fosfatado.

Os resultados mostram que, aumentando-se as doses de fósforo, obtém-se aumento na produção de colmos verdes, embora as respostas à aplicação de fósforo sejam menores que para o nitrogênio. ROSOLEM (1979), aplicando diferentes doses de fósforo, conseguiu aumentar a produção de colmos; TOVAR *et alii* (1972) produziram rendimentos significativos na produção de grãos, com doses de fósforo entre 30 e 80 kg/ha de  $P_2O_5$ .

Com relação ao potássio, verificaram-se maiores diferenças de produção de colmos entre os tratamentos 0 K (220) e 180 K (223) kg de K/ha, correspondentes a menor e maior doses de potássio aplicadas no solo. Por outro lado, observa-se que a produção correspondente ao tratamento 180 K (223) kg de  $K_2O$ /ha está bem próxima do

tratamento 60 K (221) kg de  $K_2O$ /ha, e portanto não diferindo entre si.

As produções de colmos mostraram correlações com os níveis de potássio, segundo a equação de regressão linear constante da Figura 1, indicando certamente que o potássio produz efeito positivo na produção de colmos verdes.

Esses dados estão consistentes com aqueles relatados por ROSOLEM (1979), que encontrou aumentos na produção de colmos com adubações de 50 a 100 kg/ha de  $K_2O$ . Entretanto, SADER *et alii* (1976) não observaram efeito do potássio na produção de grãos quando usaram as doses de 0-70 kg/ha de  $K_2O$ .

FONTES e FILHO (1979) observaram que as necessidades de potássio não são tão grandes quanto as de nitrogênio, evidência também conseguida no presente trabalho, em que 180 kg/ha de N produziram maior peso de colmos que a mesma quantidade de  $K_2O$  por hectare.

Através dos resultados contidos na Tabela 10, relativos à produção de colmos verdes, pode-se estabelecer, mediante a utilização do teste de Tukey, as seguintes exigências decrescentes para cada um dos nutrientes, referentes à cultivar Brandes:

$$N (322) > K (223) \approx P (232)$$

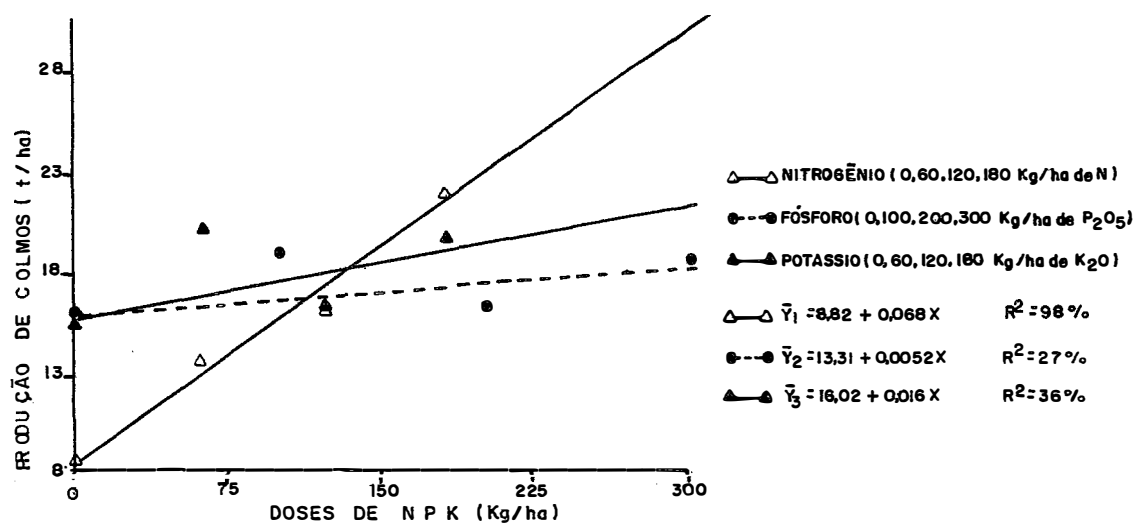


Figura 1 - Produção (t/ha) de colmos verdes, em função das doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio aplicadas no solo.

## 4.2 - Teores de Nutrientes Contidos nas Folhas

### 4.2.1 - Nitrogênio

Os dados referentes aos teores dos nutrientes na folha, em função dos níveis de adubação, se encontram na Tabela 11 (Apêndice), e nas Figuras 2, 3 e 4 acham-se as análises de regressão polinomial, traduzidas por equações do 1º e 2º graus.

A observação dos dados constantes na Tabela 11 permite evidenciar, para o nitrogênio, que houve diferença entre os teo-

res na folha, em função das doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$ , adicionados no solo, comparando-se as médias pelo teste de Tukey a 5%.

Com os dados constantes na Tabela 11, e mediante a utilização da análise de regressão até o 2º grau, foram obtidas as curvas referentes ao nitrogênio, presentes na Figura 2.

Quando se correlacionaram as doses de nitrogênio adicionadas no solo com os teores foliares de nitrogênio, constatou-se que 79% da variação dos dados foram explicáveis por uma equação de regressão polinomial do 2º grau, ou seja, houve efeito múltiplo entre as doses do fertilizante e o nitrogênio contido na folha. Entretanto, ficou evidenciado que a adubação estimulou a concentração do nutriente entre os tratamentos com nitrogênio, conforme foi dado a observar na Figura 2. Este efeito positivo das doses de nitrogênio sobre os teores foliares de nitrogênio foi também observada por FILHO (1982).

Ao se analisarem os efeitos das doses crescentes de fósforo sobre a concentração de nitrogênio na folha, foi constatado que 84% da variação dos dados foram explicáveis por equação de regressão polinomial do 1º grau, com o fósforo mostrando ação depressiva sobre o teor foliar de nitrogênio, fato este também observado por DANTAS (1982), em sorgo granífero, cv. TEY-101.

A análise do efeito de doses crescentes de potássio sobre o teor foliar de nitrogênio permitiu determinar que a equação de regressão significativa foi a de 1º grau ( $R^2 = 43\%$ ) com o potás-

sio apresentando ação positiva sobre o nitrogênio. O comportamento observado entre o nitrogênio e o potássio foi constatado também por MENGEL (1976), que considera o potássio como nutriente que influencia a translocação de compostos nitrogenados e exerce efeito positivo no transporte dos mesmos da raiz à parte aérea.

Os dados contidos na Tabela 11 permitiram constatar que os teores de nitrogênio na folha, obtidos no presente trabalho, são considerados adequados quando comparados com os dados (1,83 - 2,52% de N) obtidos por ROSOLEM (1979) na localidade Boracéia; sendo inferiores aos teores considerados adequados (2,30 - 2,90% de N) por DANTAS (1982) e superiores à concentração foliar (1,87% de N) considerada deficiente por MALAVOLTA *et alii* (1979).

#### 4.2.2 - Fósforo

A observação dos dados da Tabela 11 permite evidenciar que houve diferença entre os teores de fósforo na folha, nos tratamentos que receberam doses crescentes dos adubos com N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$ , quando as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%.

Na Figura 2 encontram-se as equações de regressão polinomial até o 2º grau e as curvas construídas com os teores de fósforo na folha e as doses dos fertilizantes aplicados em kg/ha.

Quando se correlacionam as doses de nitrogênio aplicadas no solo, com os teores foliares de fósforo, constata-se que 76% da variação dos dados foram explicáveis por uma equação de re-

gressão polinomial do 2º grau, ou seja, houve um efeito múltiplo entre o nitrogênio fornecido ao solo e o fósforo contido na folha. Analisando-se a Figura 2, percebe-se que a partir do tratamento 60 N (122) kg de N/ha, os teores de fósforo na folha aumentaram com as doses do nitrogênio, demonstrativo de acordo com ARNON (1975) de uma interação positiva entre o nitrogênio e o fósforo.

A adição de doses crescentes de fósforo no solo ocasionou mudanças significativas nos teores de fósforo contidos nas folhas, amostradas no estágio de emborrachamento.

Em razão da significância encontrada, mediante a utilização da regressão polinomial do 2º grau, foi obtida a curva respectiva equação, presentes na Figura 2. Nela se constata elevado coeficiente de determinação, ou seja, 99% da variação dos dados foram explicáveis por uma correlação múltipla. Do exposto, foi observado que à medida que se elevaram as doses de fósforo no solo ocorreram acréscimos nos teores de fósforo na folha, indicativo, de acordo com KUO e MIKKELSEN (1981) e DANTAS (1982), de uma ação positiva do adubo sobre os teores foliares de fósforo.

Ao se correlacionarem doses crescentes de potássio com a concentração de fósforo na folha, foi constatado que 45% da variação dos dados foram explicáveis por equação de regressão polinomial do 2º grau, com o potássio mostrando efeito múltiplo sobre o teor foliar de fósforo. Ao se analisar a Figura 2, percebe-se que a adubação reduziu a concentração do fósforo, mormente quando se com-

parou o tratamento 0 K (220) kg de  $K_2O$ /ha, que não foi adubado com potássio, com aquele que recebeu 180 kg de  $K_2O$ /ha (223). O efeito depressivo ocasionado pelo potássio sobre o fósforo, observado no presente trabalho, foi igualmente constatado por STUKENHOLTZ *et alii* (1966).

Em razão do exposto, constata-se que os teores de fósforo na folha, obtidos no presente trabalho, são considerados adequados quando comparados com os dados (0,25 - 0,27% de P), obtidos por ROSOLEM (1979), na localidade de Boracéia, sendo inferiores aos teores considerados adequados (0,44% de P) por DANTAS (1982) e superiores à concentração foliar (0,14% de P), considerada deficiente por MALAVOLTA *et alii* (1979).

#### 4.2.3 - Potássio

Os teores médios obtidos para potássio na folha encontram-se na Tabela 11 (Apêndice), onde, mediante a utilização do teste de Tukey a 5%, permitiu constatar que a adição de doses crescentes dos fertilizantes contendo N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  ocasionaram mudanças significativas nos teores foliares de potássio.

Com os dados originais referentes ao potássio, e mediante a utilização da análise de regressão polinomial até o 2º grau, foram obtidas as curvas atribuídas ao potássio, presentes na Figura 2,

Quando se correlacionaram as doses de nitrogênio aplicadas no solo com os teores foliares de potássio, permitiu-se constatar que 96% da variação dos dados foram explicáveis por uma equação polinomial do 2º grau, ou seja, houve um efeito múltiplo entre o nitrogênio fornecido ao solo e o potássio contido na folha. Verificou-se, na Figura 2, que a partir do tratamento 60 N (122) kg de N/ha, ocorrem acréscimos nos teores foliares de potássio à medida que se aumentam as quantidades do fertilizante nitrogenado aplicado por hectare. Este efeito positivo do nitrogênio sobre o potássio foi também observado por KOCK e MENGEL (1977), porém está em desacordo com os resultados obtidos por MAYNARD *et alii* (1968).

Ao se analisar o efeito das doses de  $P_2O_5$  aplicadas ao solo com os teores foliares de potássio, foi observado que 62% da variação dos dados obtidos foram explicáveis por uma equação de regressão do 2º grau. Os resultados mostram que até o tratamento 300 P (232) kg de  $P_2O_5$ /ha, o fósforo exerceu efeito positivo sobre o potássio, discordando das afirmações de STUKENHOLTZ *et alii* (1966). Entretanto, MALAVOLTA e CROCOMO (1982) relatam que o fósforo não altera a absorção do potássio.

Quando se correlacionaram doses crescentes de  $K_2O$  fornecidas ao solo, com os teores de potássio, foi evidenciado elevado coeficiente de determinação, ou seja, 97% da variação dos dados foram explicáveis pela equação polinomial do 2º grau. Em razão do exposto, foi observado que a partir do tratamento 60 K (221) kg de



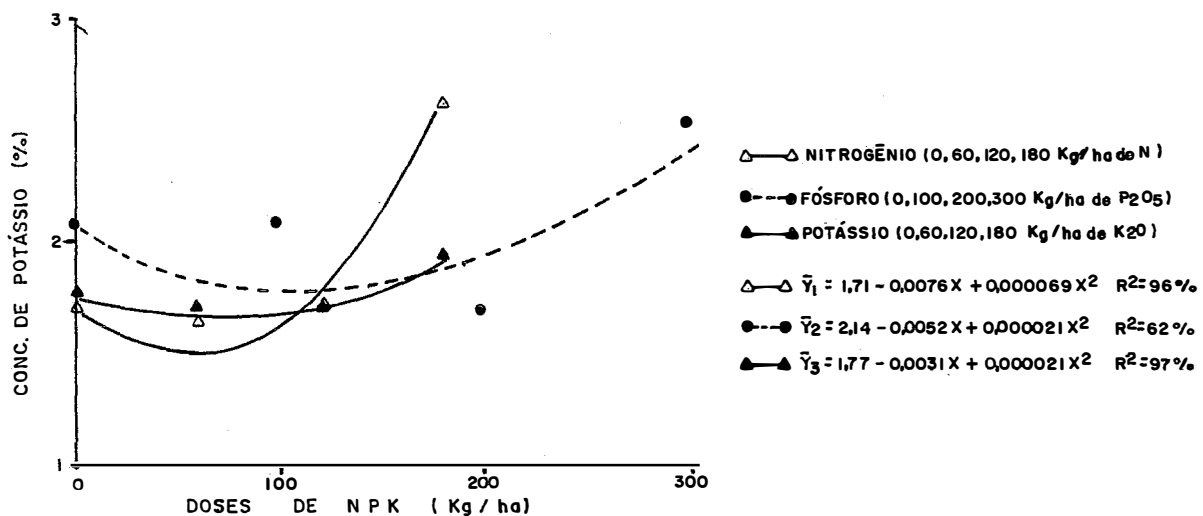
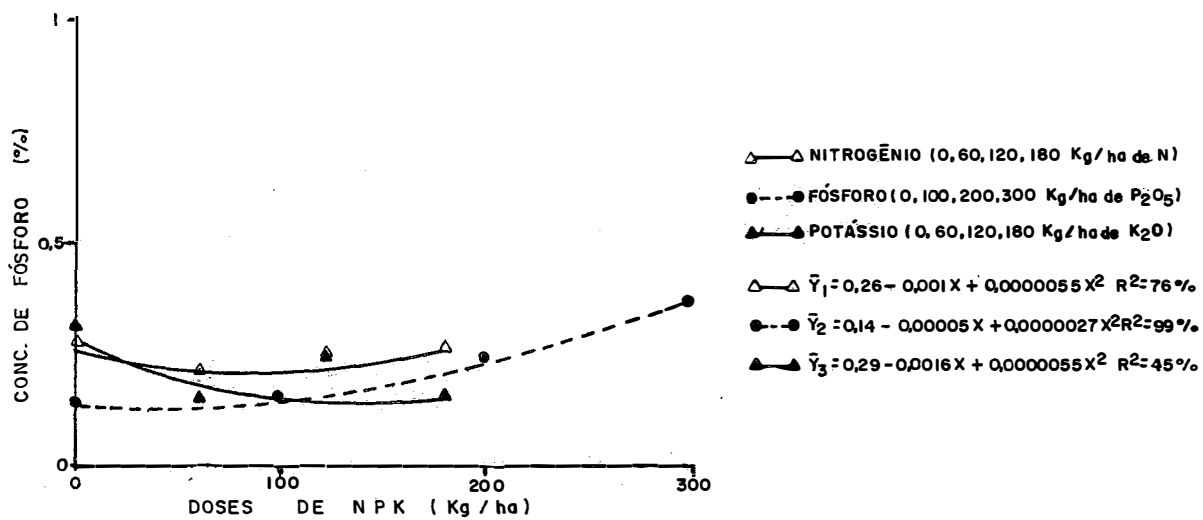
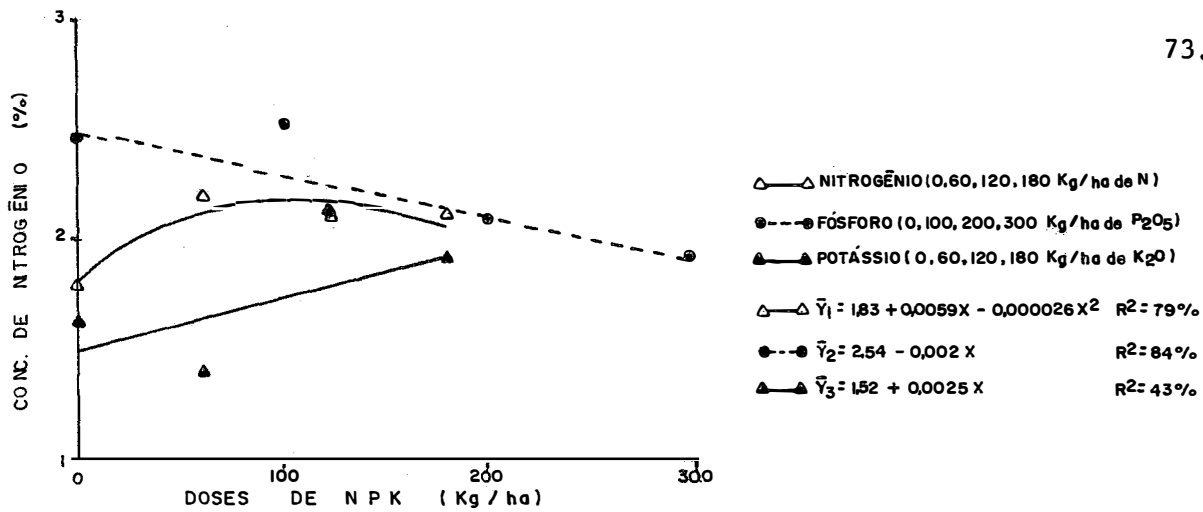


Figura 2 - Concentração (%) de nitrogênio, fósforo e potássio na folha em função das doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio aplicadas no solo.

$K_2O$ /ha, os teores de potássio na folha aumentaram com as doses crescentes de potássio aplicadas no solo. O efeito positivo do fertilizante sobre os teores foliares do potássio foi igualmente observado por FILHO (1982), trabalhando com duas variedades de arroz em solução nutritiva, e em casa de vegetação.

Os dados referentes aos teores de potássio na folha, obtidos no presente trabalho, são considerados adequados quando comparados com os dados (1,45 - 1,72% de K) obtidos por ROSOLEM (1979) na localidade de Boracéia, e por HIPP e THOMAS (1968), em plantas desenvolvidas em solução nutritiva; e superiores à concentração foliar (0,73% de K), considerada deficiente por MALAVOLTA *et alii* (1979),

#### 4.2.4 - Cálcio

Os resultados médios obtidos para os teores de cálcio na folha encontram-se na Tabela 11, onde, mediante a utilização do teste de Tukey a 5%, permitiram constatar que a adição de doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  ocasionaram mudanças significativas nos teores foliares.

Mediante a utilização da análise de regressão polinomial sobre os dados referentes aos teores foliares de cálcio e doses de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  aplicadas no solo, foram observados elevados coeficientes de determinação ( $R^2$ ), em que 99%, 89% e 95%, respectivamente, da variação dos dados, foram explicáveis pela equação de

regressão do 2º grau. Baseando-se em tais teores, foram determinadas graficamente as curvas da Figura 3.

Os resultados evidenciam que o nitrogênio exerceu efeito positivo sobre o cálcio, a partir do tratamento 60 N (122) kg de N/ha, à semelhança dos resultados obtidos por MASCARENHAS (1977). Do conhecimento deste fato, é importante salientar que MASCARENHAS (1977) atribui o efeito sinérgico do nitrogênio sobre o cálcio à elevação da CTC das raízes, promovido pelo N, permitindo assim que as plantas absorvam mais cálcio.

A análise da Figura 3 mostra que o fósforo estimulou a concentração do cálcio na folha, vez que deteve o maior teor foliar do cálcio no tratamento 300 P (232) kg de  $P_2O_5$ /ha, que recebeu a maior dose do adubo por hectare. Estudos que salientam este efeito sinérgico do fósforo sobre o cálcio são encontrados em MILLER *et alii* (1972).

Com relação aos efeitos de doses crescentes de potássio sobre os teores de cálcio na folha, percebe-se maior teor foliar no tratamento 0 K (220) kg de  $K_2O$ /ha, com decréscimo no teor de cálcio, à medida que se aumentam as doses de potássio no solo. Este efeito depressivo foi igualmente observado por MALAVOLTA (1980) que atribui o antagonismo do potássio sobre o cálcio devido à inibição competitiva.

Os teores de cálcio constatados na folha acham-se na faixa considerada adequada (0,21 a 0,86% de Ca) por DANTAS (1982) e

superiores à concentração foliar (0,40% de Ca) considerada deficiente por MALAVOLTA *et alii* (1979).

#### 4.2.5 - Magnésio

O fornecimento de doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  ao solo ocasionou mudanças estatisticamente significativas sobre a concentração foliar do magnésio, conforme pode ser evidenciada na Tabela 11, por meio do teste de Tukey a 5%.

Ao se correlacionarem as doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  aplicados no solo, com a concentração foliar do magnésio, observa-se que 98%, 57% e 92% respectivamente da variação dos dados obtidos foram explicáveis por equações de regressão polinomial do 2º grau.

Em vista dos resultados obtidos, verifica-se, para o nitrogênio (Figura 3), que a partir do tratamento 60 N (122) kg de N/ha, os teores de magnésio aumentam, acompanhando as doses crescentes de nitrogênio aplicadas no solo. Do mesmo modo, DANTAS (1982) observou efeito positivo do nitrogênio sobre o magnésio. Entretanto, PRIMAVERSI (1980) considera existir efeito antagônico do nitrogênio amoniacal sobre a absorção do magnésio.

Observa-se igual efeito do fósforo na concentração do magnésio, constatando-se o maior teor de magnésio no tratamento 300 P (232) kg de  $P_2O_5$ /ha. Este efeito positivo do fósforo sobre o magnésio foi da mesma forma relatado por LOURENÇO *et alii* (1968), que a-

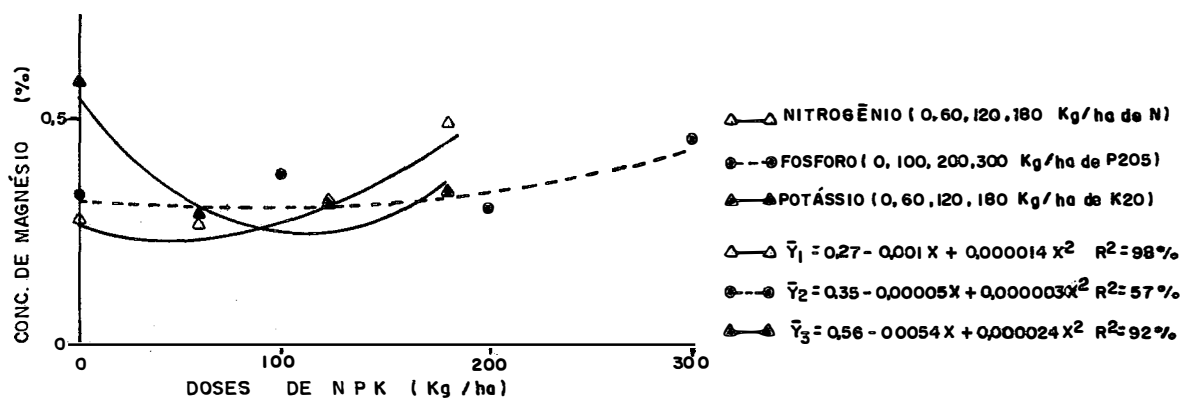
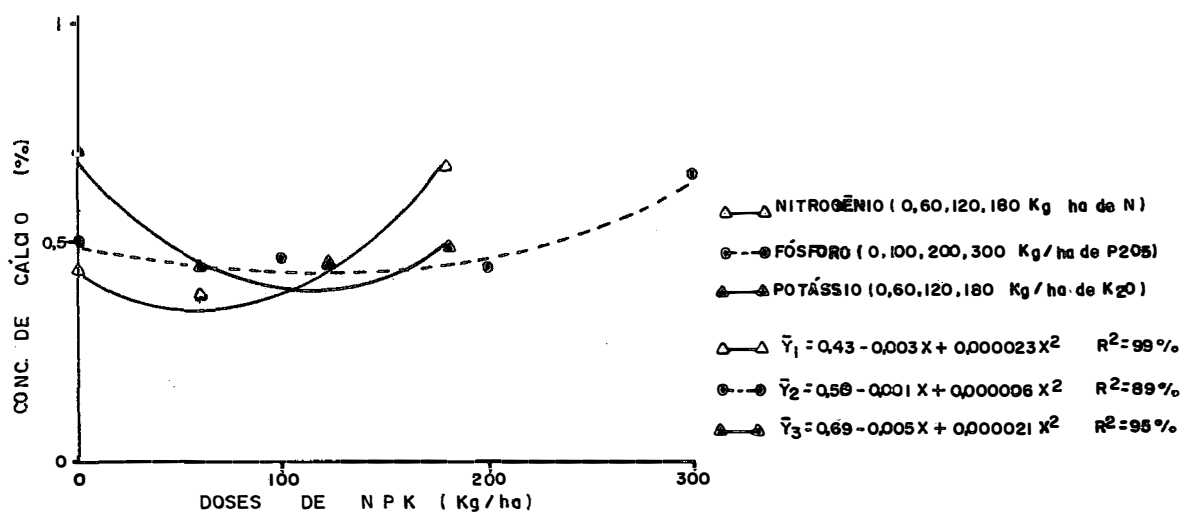


Figura 3 - Concentração (%) de cálcio e magnésio na folha, em função das doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio, aplicadas no solo.

tribuí ao magnésio a função de carregador do fósforo.

Quanto ao efeito do potássio sobre o magnésio, observa-se maior teor de magnésio no tratamento que não recebeu adubação potássica, constatando-se em seguida decréscimos nos teores de magnésio à medida que se aumentam as doses do potássio no solo. Este efeito depressivo do potássio sobre o magnésio foi também observado por DIJLSHOORN *et alii* (1974).

Utilizando-se os dados originais, infere-se que os teores de magnésio na folha são considerados adequados quando comparados com os dados (0,18 a 0,49% de Mg) obtidos por DANTAS (1982) e superiores à concentração foliar (0,05% de Mg), considerada deficiente por MALAVOLTA *et alii* (1979).

#### 4.2.6 - Cobre

A análise de variância revelou valor de F não significativo, para os teores de cobre na folha, conforme pode ser verificado na Tabela 11. Entretanto, mediante a utilização da análise de regressão até o 2º grau, foram correlacionadas doses de adubos com teores foliares.

Na Figura 4 encontram-se as curvas construídas com os teores foliares de cobre e doses crescentes dos fertilizantes, indicando que 99%, 90% e 11% da variação dos dados foram explicáveis por equações de regressão polinomial, respectivamente para as

doses de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$ .

Ao se correlacionarem teores de cobre com doses de nitrogênio, verifica-se que a equação de regressão significativa foi a de 2º grau, com coeficiente de determinação ( $R^2$ ) da ordem de 99%, ou seja, os teores de cobre na folha aumentaram em função das doses crescentes de nitrogênio adicionadas no solo. Este efeito positivo do nitrogênio sobre o teor de cobre foi também verificado por DANTAS (1982), em Botucatu.

Quando se analisam os efeitos ocasionados por doses crescentes de fósforo sobre a concentração de cobre na folha, observa-se que os teores decresceram à medida que se aumentaram as doses de fósforo, até o tratamento 200 P (222) kg de  $P_2O_5$ /ha. Este efeito depressivo do fósforo sobre o cobre foi igualmente relatado por SHUKLA e SINGH (1979) e BINGHAN *et alii* (1958). Os últimos autores acreditam que o fósforo possa imobilizar o cobre como fosfato pouco solúvel.

O efeito causado pelas doses de potássio sobre o teor foliar do cobre não foi significativo, embora se tenha constatado o menor e o maior teores de cobre nas doses intermediárias. Da mesma forma, DANTAS (1982) verificou apenas tendências do potássio exercer efeito depressivo sobre o cobre.

Ao se analisar a Tabela 11, deduz-se que os teores de cobre na folha são considerados adequados quando comparados com os dados (10 - 30 ppm de Cu) obtidos por DANTAS (1982) e superiores

ã concentração foliar (8 ppm de Cu), considerado deficiente por MALVOLTA *et alii* (1979).

#### 4.2.7 - Ferro

Analisando-se a Tabela 11, verifica-se que o valor de F não foi significativo. Por outro lado, mediante a utilização da análise de regressão polinomial, foram correlacionadas doses de adubos com teores foliares, conforme pode ser visualizado na Figura 4.

Ao se analisar o efeito dos fertilizantes sobre os teores foliares de ferro, foi evidenciado que 82%, 22% e 69% da variação dos dados foram explicáveis por equações de regressão polinomial, respectivamente para os tratamentos que receberam doses crescentes de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O.

Com respeito aos efeitos dos teores crescentes de nitrogênio sobre o teor de ferro na folha, evidenciou-se que a equação de regressão representativa foi a de 1º grau ( $R^2 = 82\%$ ), com teores foliares decrescendo linearmente com as doses crescentes de nitrogênio. O efeito depressivo do nitrogênio sobre o ferro, observado neste trabalho, concorda com o obtido por DANTAS (1982), trabalhando com a cultivar C-102 na localidade de Botucatu, mas difere do encontrado pelo mesmo autor, com a cultivar E-57, na localidade de Anhembi, fatos estes demonstrativos de efeitos genéticos e/ou ambientais sobre o teor de um dado nutriente.



Não se constatou no presente trabalho efeito estatisticamente significativo do fósforo sobre o ferro, embora seja referido por OLSEN (1972) interação entre estes dois nutrientes.

Mediante a utilização da análise de regressão polinomial sobre os dados referentes aos teores foliares de ferro contido na folha e doses crescentes de potássio aplicadas no solo, foi constatado ser a equação de regressão representativa a 2º grau. A análise da Figura 4 evidencia teores crescentes de ferro a partir do tratamento 0 K (220) kg de  $K_2O$ /ha até o tratamento que recebeu no solo a dose de 120 kg de  $K_2O$ /ha (222). Este efeito positivo do potássio sobre o ferro foi igualmente observado por DANTAS (1982), com a Cv. C-102, na localidade de Botucatu, embora MENGEL e KIRKBY (1982) afirmem que a absorção do ferro seja consideravelmente influenciada por outros cátions.

Os dados contidos na Tabela 11 permitiram constatar que os teores de ferro foram superiores aos determinados por DANTAS (1982), dentro da faixa considerada adequada (68 a 84 ppm de Fe) e comparáveis à concentração foliar (157 ppm de Fe), considerada deficiente por MALAVOLTA *et alii* (1979). Estes fatos são atribuídos provavelmente à eficiência da Cv. Brandes em absorver determinados nutrientes.

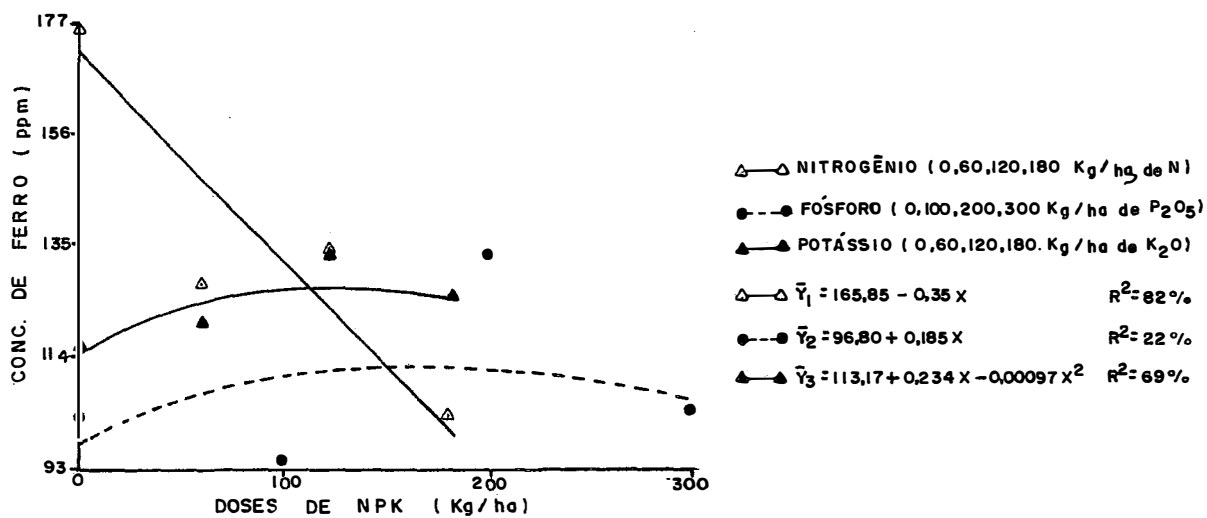
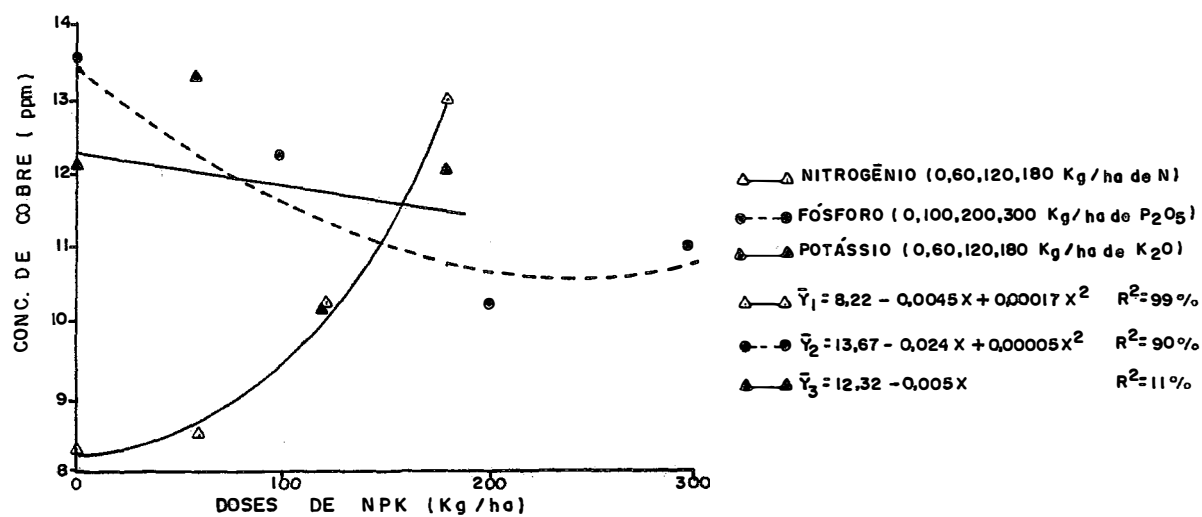


Figura 4 - Concentração (ppm) de cobre e ferro na folha, em função das doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio, aplicadas no solo.

#### 4.2.8 - Manganês

A observação dos dados constantes na Tabela 11 permitiu constatar que a análise de variância relevou valor de F não significativo para os teores de manganês na folha. Todavia, ao se analisarem as correlações entre as doses crescentes dos fertilizantes e concentrações de manganês na folha, foi observado que 97%, 95% e 99% da variação dos dados foram explicáveis por equações de regressão polinomial do 2º grau, respectivamente, para as doses de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$ , conforme se verifica na Figura 5.

Ao se estudar o efeito do adubo nitrogenado sobre o teor foliar de manganês, observam-se teores crescentes na folha, à medida que se aumentam as doses do fertilizante, até o tratamento 120 N (222) kg de N/ha. Este efeito positivo do nitrogênio sobre o manganês é sobejamente conhecido e pode ser constatado em MORAES *et alii* (1976) e MURAOCA (1981).

A análise da correlação entre doses crescentes de fósforo e teores de manganês na folha sugere efeito depressivo do fósforo sobre o manganês, embora o maior teor na folha esteja nas doses intermediárias do fertilizante. Este efeito depressivo foi igualmente observado por BORTNER (1935), que considera a imobilização do manganês devida à formação de fosfato pouco solúvel.

As variações das concentrações de manganês na folha em função das doses crescentes de potássio adicionadas no solo, fo-

ram explicadas por uma correlação múltipla, com os maiores teores foliares nas doses intermediárias. Estes resultados não foram consistentes com a literatura. Assim sendo, foi constatado por TENORIO (1981) que a adição de potássio na solução nutritiva provocou diminuição na concentração de manganês na matéria seca do feijoeiro e EVANS *et alii* (1950) verificaram deficiência de manganês nas folhas de soja desenvolvidas em solução nutritiva deficiente em potássio, contrariando assim os resultados obtidos no presente trabalho.

Os teores de manganês constantes na Tabela 11 são superiores aos considerados por DANTAS (1982), como adequados (34 a 72 ppm de Mn) e comparáveis à concentração foliar (144 ppm de Mn) considerada deficiente por MALAVOLTA *et alii* (1979).

#### 4.2.9 - Zinco

A análise de variância revelou valor de F não significativo para os teores de zinco na folha, conforme pode ser verificado na Tabela 11. Entretanto, mediante a realização da análise de regressão polinomial, utilizando-se os teores de zinco na folha e as doses dos fertilizantes, foi possível determinar que 98%, 96% e 84% da variação dos dados foram explicáveis por equações de 2º, 1º e 2º graus, respectivamente, para as doses crescentes de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O. As correlações entre os parâmetros examinados encontram-se na Figura 5.

Ao se estudar o efeito da adubação nitrogenada sobre os teores de zinco na folha, verificam-se acréscimos nos teores foliares, juntamente com as doses crescentes do fertilizante. Este efeito positivo do nitrogênio sobre o zinco foi igualmente verificado por MURAOKA (1981) e DANTAS (1982).

A análise da correlação entre doses crescentes de fósforo e teores foliares de zinco mostram que o zinco decresceu linearmente com o aumento das doses do fertilizante aplicadas no solo. Este efeito depressivo do fósforo sobre o zinco é bastante conhecido e pode ser encontrado, entre outros, nos trabalhos de MALAVOLTA e GOROSTIAGA (1974) e FILHO (1982).

Ao se examinarem os dados referentes às doses crescentes de potássio aplicadas no solo e teores foliares de zinco, verifica-se que a partir do tratamento 60 K (221) kg de  $K_2O$ /ha, os teores foliares decresceram com o aumento das doses do fertilizante, da mesma forma observada por TENORIO (1981), trabalhando com feijoeiro em solução nutritiva.

Observando-se os dados originais, infere-se que os teores de zinco na folha são considerados adequados quando em confronto com os dados (12 - 22 ppm de Zn) obtidos por DANTAS (1982) e comparáveis à concentração foliar (16 ppm de Zn), considerada deficiente por MALAVOLTA *et alii* (1979). Estas variações são provavelmente decorrentes dos fatores genéticos e/ou climáticos que possam modificar a capacidade da cultivar em absorver determinados nutrientes,

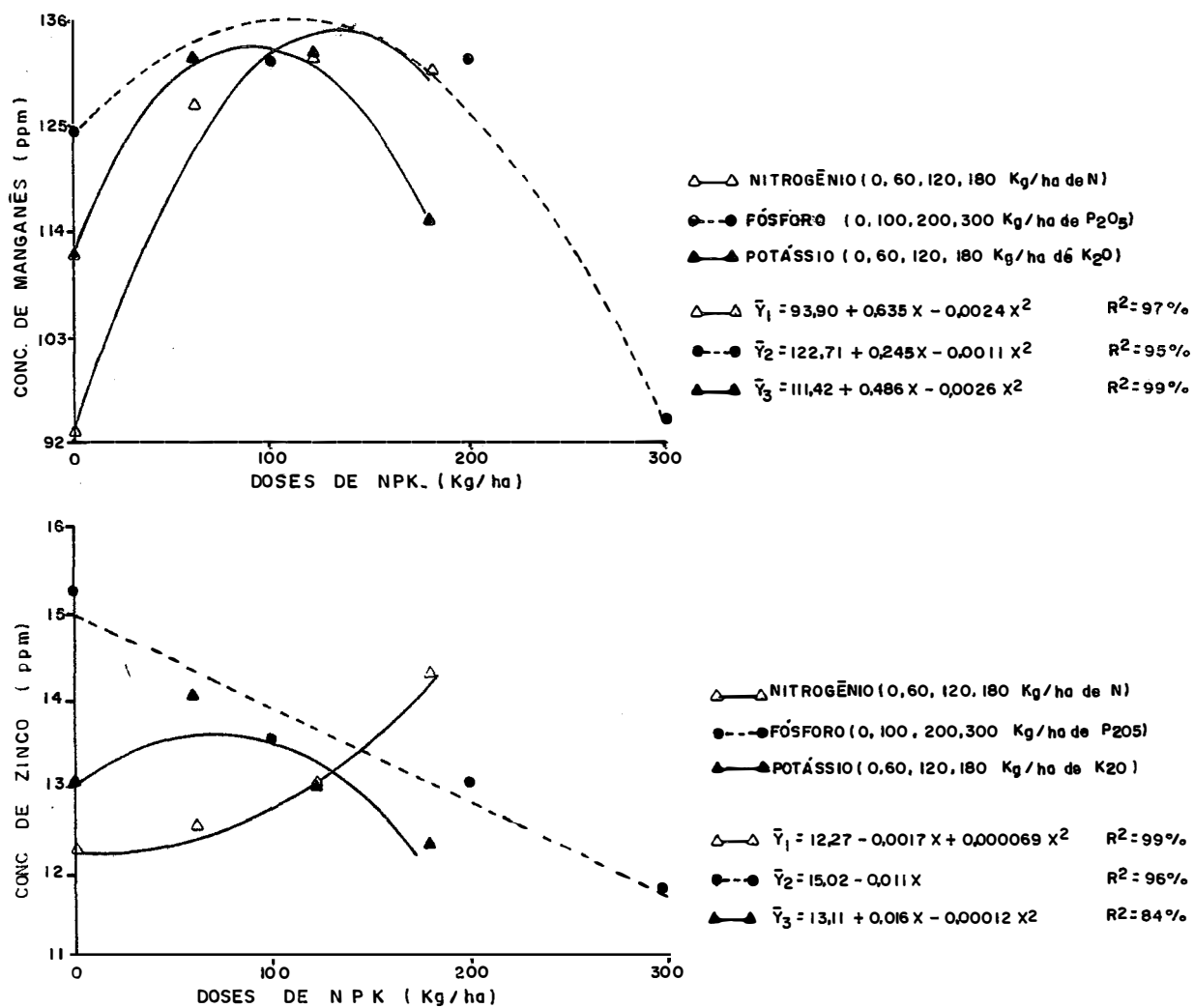


Figura 5 - Concentração (ppm) de manganês e zinco na folha, em função das doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio, aplicadas no solo.

### 4.3 - Teores de Nutrientes No Caldo

Os dados referentes à concentração dos nutrientes no caldo encontram-se na Tabela 12 (Apêndice), e as Figuras 6, 7, 8 e 9 mostram as representações gráficas construídas com os dados originais e mediante a utilização da análise de regressão polinomial até o 2º grau.

#### 4.3.1 - Nitrogênio

A análise de variância que determinou os efeitos da adição de doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  no solo revelou valor de F significativo, e o teste de Tukey a 5% permitiu constatar a ocorrência de mudanças significativas nos teores de nitrogênio no caldo, em função das adubações, conforme pode ser visto na Tabela 12.

Na Figura 6, onde se correlacionaram as doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  adicionadas no solo com os teores de nitrogênio no caldo, evidencia-se que 98%, 84% e 91% da variação dos dados foram explicáveis por equações de regressão polinomial do 1º e 2º graus, ou seja, houve efeito linear entre o nitrogênio fornecido ao solo e o nitrogênio contido no caldo, e efeito múltiplo entre o fósforo e o potássio fornecidos ao solo e os teores de nitrogênio no caldo.

O efeito linear entre doses crescentes do adubo ni-

trogenado e teores de nitrogênio no caldo foi altamente positivo. Trabalhando com plantas de arroz em solução nutritiva e em casa de vegetação, FILHO (1982) verificou igualmente efeito positivo de doses crescentes de nitrogênio na solução nutritiva sobre os teores foliares de nitrogênio.

Ao se analisarem os efeitos ocasionados por doses crescentes do adubo fosfatado, verifica-se que a partir do tratamento 100 P (212) kg de  $P_2O_5$ /ha, houve redução nos teores de nitrogênio no caldo, igualmente observado no presente trabalho com relação à concentração de nitrogênio na folha. O efeito depressivo do fósforo sobre o nitrogênio foi constatado também por DANTAS (1982).

Em razão das significâncias encontradas, relativas ao potássio, infere-se que houve efeito depressivo do fertilizante aplicado no solo sobre a concentração de nitrogênio no caldo, estando em desacordo com o verificado no presente trabalho em relação aos teores de nitrogênio na folha. Do conhecimento destes fatos é importante salientar que MAYNARD *et alii* (1968) e PRIMAVESI (1980) constatarem antagonismo do nitrogênio sobre o potássio quando o primeiro era fornecido na forma amoniacal.

Em função dos resultados obtidos no presente trabalho, referentes aos efeitos de doses crescentes de potássio sobre os teores foliares de nitrogênio, não foi possível chegar-se a uma aproximação razoável com as evidências da literatura, aconselhando-se, neste caso, a análise do nitrogênio no caldo, que permitiu a



obtenção de resultados mais consistentes.

Os dados contidos na Tabela 12 permitiram constatar que os teores de nitrogênio no caldo foram coincidentes com aqueles obtidos por SERRA e STUPIELLO (1974) em caldo de cana-de-açúcar e igualmente concordantes com os resultados obtidos por GLÓRIA *et alii* (1972), em vinhaça.

#### 4.3.2 - Fósforo

Na Tabela 12 (Apêndice) encontram-se os teores de fósforo determinados no caldo do sorgo sacarino em função das doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$ . Na Figura 6 acham-se as curvas referentes ao fósforo, construídas em função das adubações e utilizando-se as equações de regressão polinomial até o 2º grau.

Pela Tabela 12 pode-se notar que o valor de F foi significativo ao nível de 1% de probabilidade e o teste de Tukey a 5% permitiu evidenciar diferenças entre as médias referentes aos teores de fósforo no caldo, obtidos em função das doses crescentes dos fertilizantes.

A observação da Figura 6, inerente ao fósforo, permite constatar a ocorrência de maiores concentrações do nutriente no tratamento que não recebeu adubação nitrogenada; a partir daí, verifica-se redução nos teores de fósforo no caldo à medida que se aumentam as doses de nitrogênio no solo até o tratamento 120 N (222)

kg de N/ha. As variações desses dados são explicadas por uma equação polinomial do 2º grau, cujo coeficiente de determinação ( $R^2 = 99\%$ ) foi altamente significativo.

O efeito depressivo do nitrogênio sobre o fósforo foi igualmente verificado no presente trabalho, com relação aos teores foliares de fósforo. Esta influência do nitrogênio sobre o fósforo foi da mesma forma obtida por DANTAS (1982).

Na Figura 6 evidencia-se que doses crescentes de adubos fosfatados aplicados no solo influenciaram nos teores de fósforo no caldo, cujas variações dos dados foram explicadas por uma equação de regressão linear, com efeito altamente positivo ( $R^2 = 94\%$ ).

Este efeito das doses crescentes de  $P_2O_5$  aplicados no solo sobre os teores de fósforo no caldo foi igualmente verificado no presente trabalho, no que se referem aos teores de fósforo na folha. Entretanto, as diferenças entre as médias são melhor visualizadas pelo teste de Tukey a 5%, quando são utilizados os teores de fósforo no caldo.

Com respeito às concentrações de fósforo no caldo em função das doses crescentes de  $K_2O$  aplicadas no solo, foi observado que o potássio apresentou ação depressiva sobre o fósforo, fato este explicado por uma equação de regressão linear, com coeficiente de determinação altamente significativo ( $R^2 = 98\%$ ).

Este efeito depressivo do potássio sobre o fósforo foi também verificado no presente trabalho, com relação aos teores

de potássio na folha. Todavia, a análise do caldo permitiu obter resultados mais sensíveis, segundo pode ser verificado através da comparação entre médias pelo teste de Tukey e pelo coeficiente de determinação. O antagonismo entre potássio e fósforo foi observado também por STUKENHOLTZ *et alii* (1966).

Em vista dos resultados obtidos, foi possível verificar no presente trabalho que os teores de fósforo no caldo de sorgo sacarino foram semelhantes àqueles obtidos por SERRA *et alii* (1974), em caldo de cana-de-açúcar, e da mesma forma coincidentes com os de GLÓRIA *et alii* (1972), em vinhaça.

#### 4.3.3 - Potássio

A observação dos dados constantes na Tabela 12 permitiu constatar a ocorrência de diferentes concentrações de potássio no caldo em função das doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$ , revelando valor de F significativo ao nível de 1% de probabilidade. O teste de Tukey a 5% evidenciou mudanças significativas nos teores de potássio quando se adicionaram doses crescentes dos fertilizantes no solo.

Verifica-se na Figura 6, que os teores de potássio no caldo, relativo às doses crescentes de nitrogênio, demonstraram efeito depressivo do nitrogênio sobre o potássio, traduzido por uma equação de regressão linear altamente significativa, com coeficiente de determinação da ordem de  $R^2 = 95\%$ . Este efeito depressivo foi

igualmente verificado em 4.2.3, e sugere que a análise química do caldo oferece melhor indicativo que a análise da folha quando se pretende estudar a concentração de nutrientes do sorgo sacarino desenvolvido em condições de campo.

As concentrações de potássio no caldo sofreram influência das doses crescentes de fósforo aplicadas no solo, conforme pode ser observado na Figura 6. Mediante a utilização da análise de regressão polinomial, foi observado que 75% da variação dos dados foram explicáveis por uma equação do 2º grau. Os resultados obtidos evidenciam que o menor teor de potássio no caldo foi constatado no tratamento O P (202) kg de  $P_2O_5$ /ha, verificando-se em seguida acréscimos desses teores no suco do caule, comparando-se os resultados com o tratamento que não recebeu adubo fosfatado. Este efeito positivo do fósforo sobre o potássio foi da mesma forma observado no presente trabalho, com respeito à concentração de potássio na folha, embora o coeficiente de determinação obtido para os teores de potássio no caldo permitam maior probabilidade de acerto.

Na Figura 6, onde se correlacionaram os teores de potássio no caldo com doses crescentes do fertilizante potássico, foram observados aumentos na concentração do nutriente no caldo à medida que se aumentaram as doses de  $K_2O$  aplicadas no solo, constatando-se coeficiente de determinação linear,  $R^2 = 64\%$ . Este resultado foi igualmente verificado por FILHO (1982), estudando o efeito de doses crescentes de potássio adicionadas em solução nutritiva sobre os

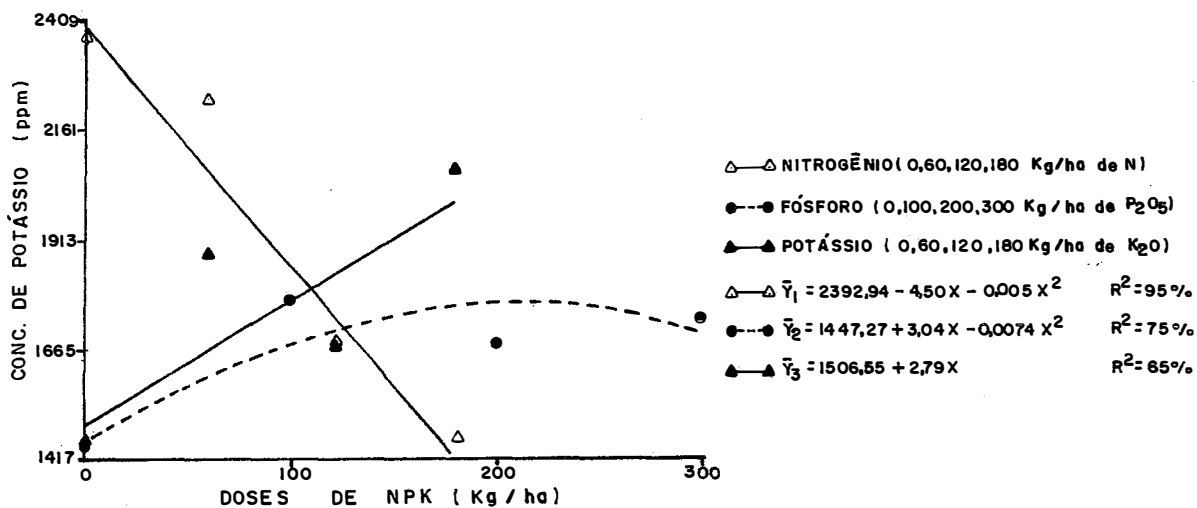
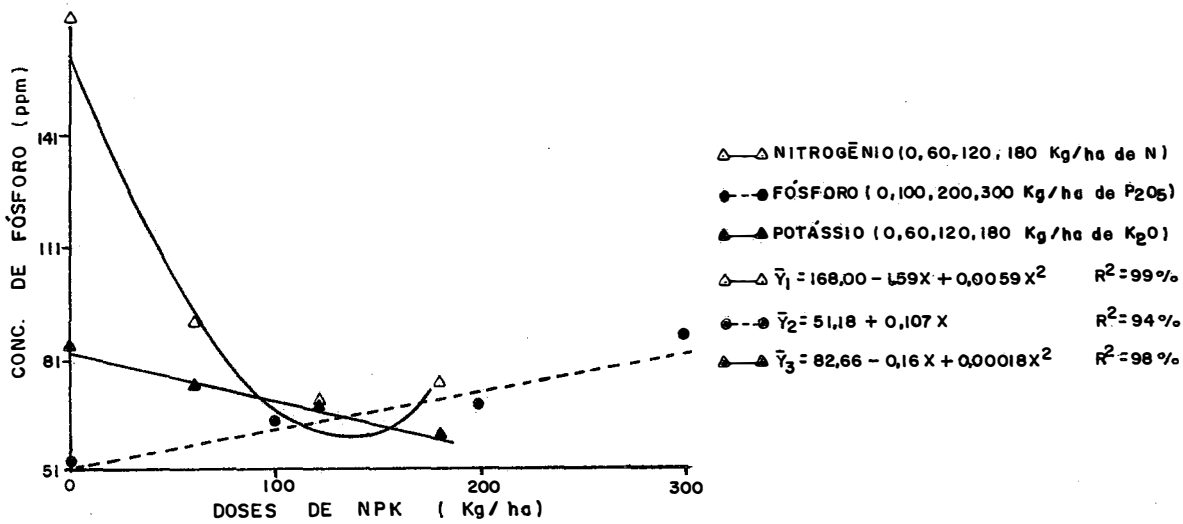
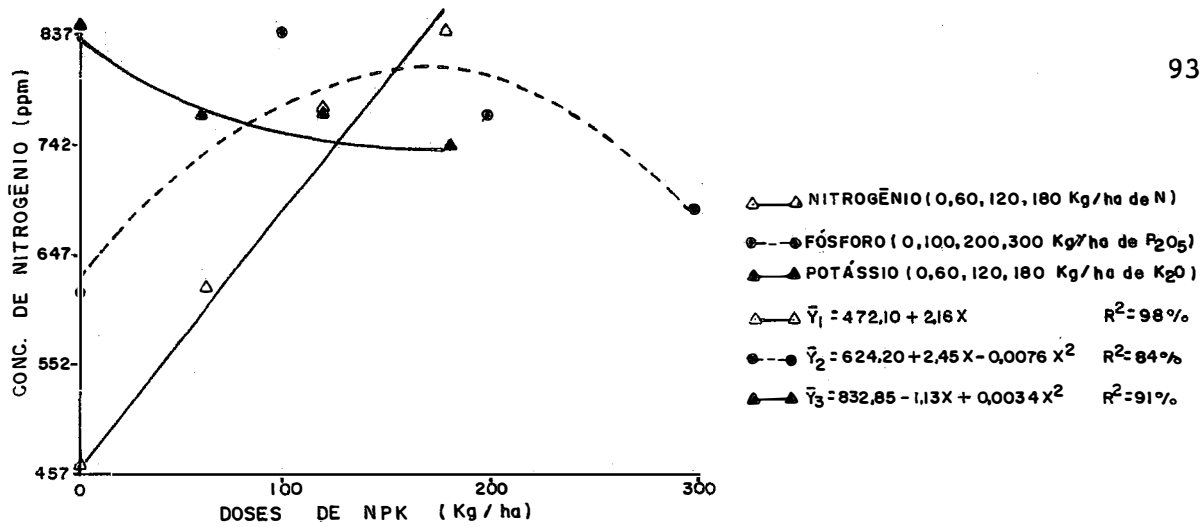


Figura 6 - Concentração (mg/l) de nitrogênio, fósforo e potássio no caldo, em função das doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio, aplicadas no solo.

teores de potássio na folha.

Os dados da Tabela 12 permitem evidenciar que os teores de potássio no caldo são comparáveis com aqueles obtidos por CE SAR et alii (1978) em caldo de cana-de-açúcar.

#### 4.3.4 - Cálcio

Os estudos realizados entre doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  adicionados no solo, e teores de cálcio no caldo, determinaram valor de F significativo ao nível de 1% de probabilidade e o teste de Tukey a 5% permitiu verificar diferenças significativas nos teores de cálcio em função das adubações, como pode ser evidenciado na Tabela 12.

Utilizando-se a análise de regressão polinomial até o 2º grau, foi construída a Figura 7, permitindo visualizar que 99%, 94% e 98% da variação dos teores de cálcio no caldo foram explicáveis por equações de 2º, 2º e 1º graus, respectivamente, em função das doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$ .

Este efeito depressivo observado na Figura 7, entre o nitrogênio e o cálcio, contrariam os resultados obtidos no presente trabalho, ao se estudar o efeito de doses crescentes do fertilizante nitrogenado sobre o teor foliar de cálcio, provavelmente devido à concentração do nutriente no tecido foliar.

A análise da correlação (Figura 7) entre doses crescentes de  $P_2O_5$  e teores de cálcio no caldo, sugerem efeito positivo do fósforo sobre o cálcio, a partir do tratamento 100 P (212) kg de  $P_2O_5$ /ha, da mesma forma observado no presente trabalho, para os teores foliares de cálcio. O efeito sinérgico do fósforo em relação ao cálcio é também relatado por MILLER *et alii* (1972).

Ao se analisar o efeito de doses crescentes de potássio sobre a concentração de cálcio no caldo, verifica-se que os teores de cálcio decresceram com o aumento das doses de potássio aplicadas no solo. Este efeito depressivo do potássio sobre o cálcio foi igualmente observado no presente trabalho com relação aos teores foliares de cálcio, sendo também evidenciado por MALAVOLTA (1980).

Os dados originais da Tabela 12 permitiram evidenciar que os teores de cálcio no caldo foram superiores àqueles obtidos por GLÓRIA e RODELLA (1972), com cana-de-açúcar.

#### 4.3.5 - Magnésio

A adição de doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  no solo permitiu constatar, mediante a utilização do teste de Tukey a 5%, a ocorrência de mudanças significativas nos teores de magnésio no caldo.

Na Figura 7, resultado da correlação entre doses crescentes dos fertilizantes fornecidos ao solo, com teores de mag-

nésio no caldo, observou-se que 93%, 52% e 94% da variação dos dados foram explicáveis por regressão de 2º e 1º graus, ou seja, o nitrogênio e o fósforo proporcionaram efeito múltiplo, enquanto o potássio propiciou efeito linear sobre o magnésio.

A análise dos dados referentes às doses crescentes de nitrogênio e concentração de magnésio no caldo indicam efeito depressivo do nitrogênio sobre o magnésio até o tratamento 120 N (222) kg de N/ha, fato que diverge dos resultados obtidos no presente trabalho com respeito às doses crescentes de nitrogênio adicionadas no solo e teores foliares de magnésio. Por sua vez, PRIMAVESI (1980) considera que existe efeito antagônico do nitrogênio amoniacal sobre a absorção do magnésio.

O resultado da correlação múltipla entre doses crescentes de  $P_2O_5$  e teores de magnésio constata efeito mais expressivo a partir do tratamento 200 P (222) kg de  $P_2O_5$ /ha, onde se inicia a ação positiva do fósforo sobre o magnésio, o que está concordante com os resultados obtidos no presente trabalho em 4.2.5 e por LOURENÇO *et alii* (1968).

O efeito depressivo do potássio sobre a concentração de magnésio no caldo, que se verifica na Figura 7, foi também observado no presente trabalho, em 4.2.5, e por DIJLSHOORN *et alii* (1974).

Em função dos resultados presentes na Tabela 12, infere-se que os teores de magnésio no caldo de sorgo sacarino foram superiores aos obtidos por GLÓRIA e RODELLA (1972), em cana-de-açú-



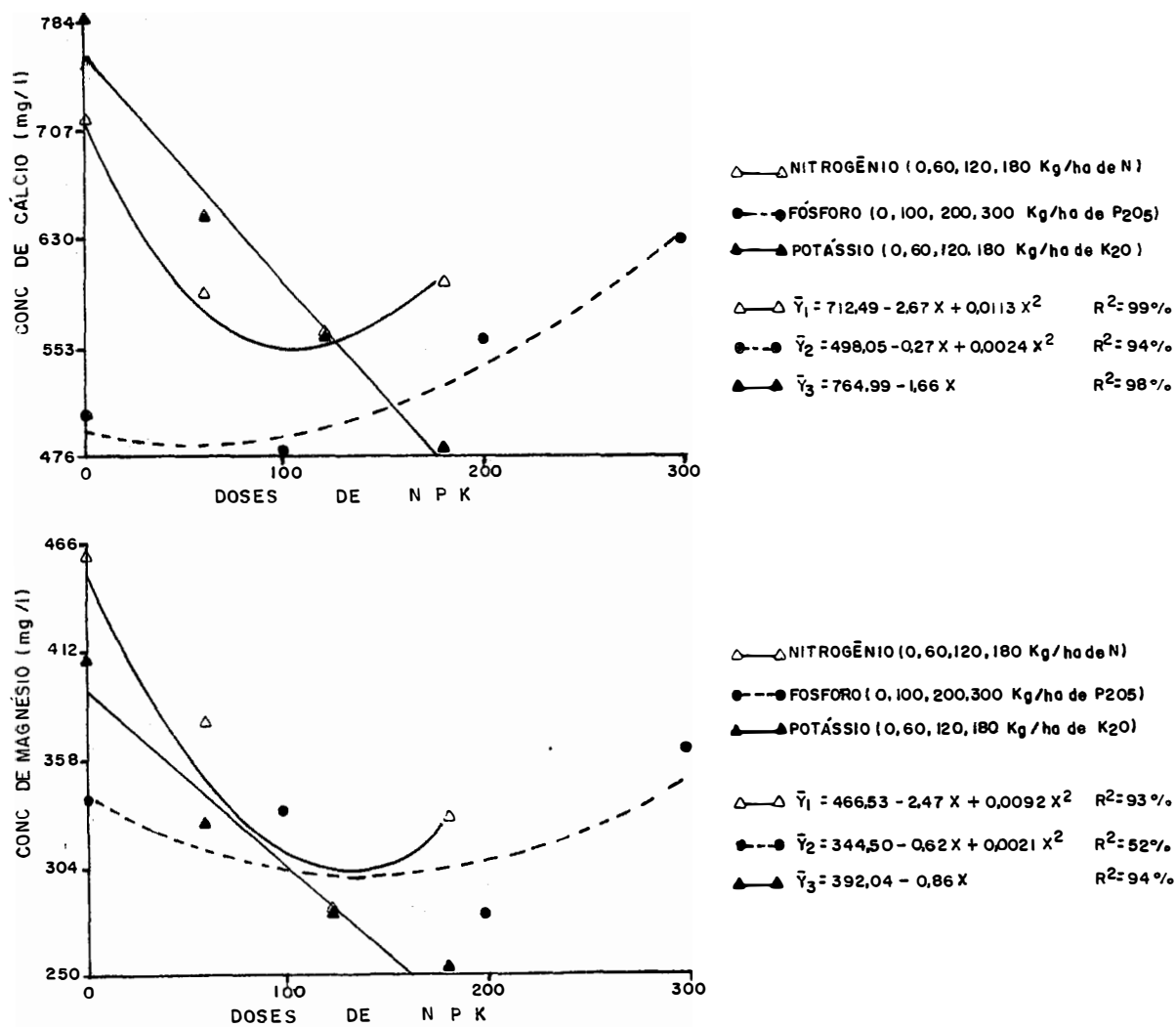


Figura 7 - Concentração (mg/l) de cálcio e magnésio no caldo, em função das doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio, aplicadas no solo.

car, e concordantes com os obtidos por GLÓRIA *et alii* (1972), trabalhando com vinhaça.

#### 4.3.6 - Cobre

Os resultados que evidenciam os efeitos das doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  empregadas no solo, determinam mudanças significativas sobre o teor de cobre no caldo, conforme pode ser verificado na Tabela 12.

Utilizando-se os dados originais, e através da análise de regressão polinomial do 2º grau, foram obtidas as curvas referentes à Figura 8, onde se correlacionam doses crescentes de fertilizantes adicionados no solo e teores de cobre no caldo. Esses resultados indicam que 64%, 68% e 24% da variação dos dados obtidos foram explicáveis por equações de regressão quadrática, respectivamente, para as doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$ .

É oportuno notar que o efeito de doses crescentes de nitrogênio sobre os teores de cobre na planta é melhor observado na folha do que no caldo, conforme se constata através das equações de regressão, representativas para os teores de cobre na folha (Figura 4) e no caldo (Figura 8).

Os resultados que evidenciam (Figura 8) a correlação entre doses crescentes de fósforo adicionadas no solo e teores de cobre no caldo, favorecem a avaliação de que a partir do tratamento 100 P (212) kg de  $P_2O_5$ /ha, aumentos das doses de fósforo reduzem o

teor de cobre no caldo. Este efeito depressivo do fósforo sobre o co  
bre foi também observado neste trabalho com relação aos teores de co  
bre na folha, e por BINGHAM *et alii* (1958).

Pode ser equilatado no presente trabalho que os efei-  
tos de doses crescentes de potássio sobre os teores de cobre no cal-  
do carecem de resultados mais expressivos para se obter informação  
mais segura. Mesmo assim, os teores de cobre no caldo dão melhores in-  
dicativos de correlação múltipla do potássio sobre o cobre que os teo-  
res foliares.

#### 4.3.7 - Ferro

Encontram-se na Tabela 12 os resultados médios obti-  
dos para teores de ferro no caldo. A análise de variância determinou  
valor de F significativo ao nível de 1% e o teste de Tukey a 5% per-  
mitiu evidenciar mudanças significativas nos teores de ferro no cal-  
do, em função das doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  adicionadas no  
solo.

Em virtude do constatado na Tabela 12, e com a equa-  
ção de regressão polinomial do 2º grau, foram construídas as curvas  
da Figura 8, referente ao ferro. Como pode ser visto na Figura 8, cer-  
ca de 57%, 33% e 86% da variação dos dados obtidos foram explicáveis  
por equações de regressão quadrática, respectivamente, para as doses  
crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$ .

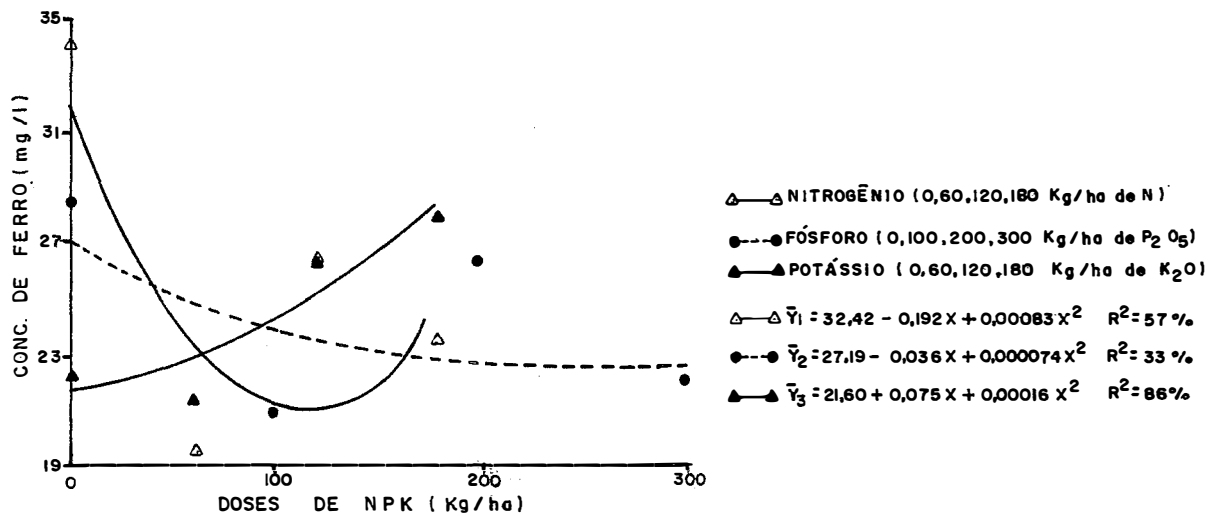
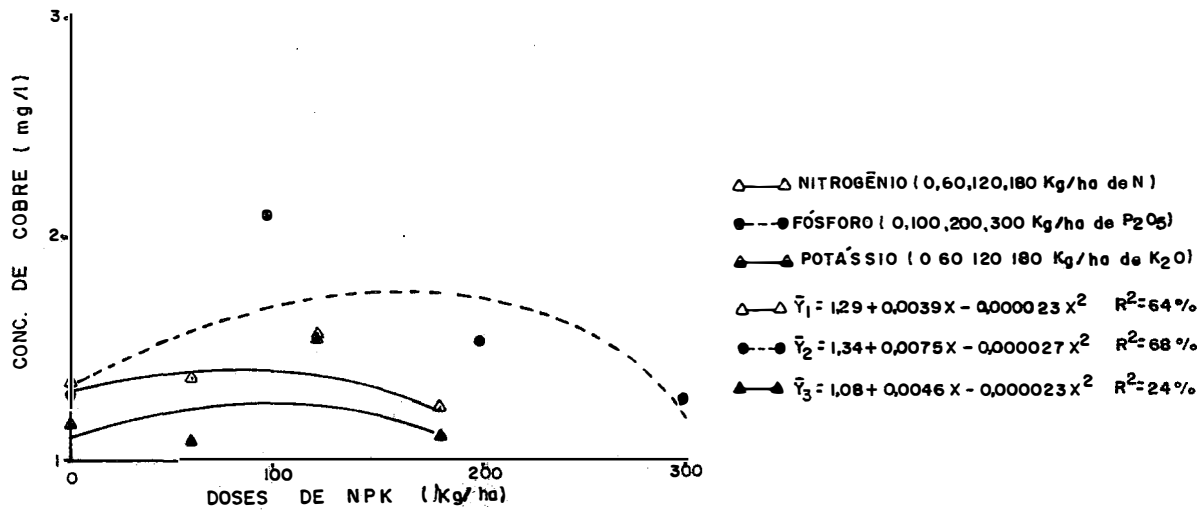


Figura 8 - Concentração (mg/l) de cobre e ferro no caldo, em função das doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio, aplicadas no solo.

A análise de correlação existente entre doses crescentes de nitrogênio adicionadas no solo, com os teores de ferro no caldo, permitiu inferir que o efeito depressivo do nitrogênio sobre o ferro foi da mesma forma observado no presente trabalho no que diz respeito aos teores foliares de ferro e concordantes com DANTAS (1982).

Os resultados encontrados evidenciam (Figura 8) que o fósforo exerceu efeito depressivo sobre o ferro, principalmente quando comparados o tratamento que não recebeu adubação fosfatada com aquele em que foram adicionados 300 kg de  $P_2O_5$ /ha (232). Este efeito do fósforo sobre o ferro foi igualmente observado por CUMBUS (1977).

Em razão da correlação observada entre doses crescentes de potássio e teores de ferro no caldo, verifica-se que houve efeito positivo do potássio sobre o ferro a partir do tratamento 60 K (221) kg de  $K_2O$ /ha, da mesma forma observado neste trabalho em 4.2.7, e por DANTAS (1982).

#### 4.3.8 - Manganês

Os teores de manganês determinados no caldo variaram estatisticamente, conforme evidencia o valor de F expresso na Tabela 12. Mediante a utilização do teste de Tukey, foi permitido constatar que a adição de doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  no solo ocasionou mudanças significativas no teor de manganês no caldo do sorgo sacarino.

A Figura 9, referente à concentração de manganês no caldo, mostra a ocorrência de correlação múltipla do nutriente com as doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  adicionadas no solo. Desta forma, verificou-se que 93%, 66% e 46% n.s. da variação dos dados foram explicáveis por equação de regressão polinomial do 2º grau, ou seja, houve efeito múltiplo de N e  $P_2O_5$  aplicados no solo sobre os teores de manganês no caldo, não sendo o mesmo observado para o adubo potássico.

Este efeito depressivo do nitrogênio sobre o manganês, que se observa na Figura 9, é discordante dos resultados obtidos neste trabalho, referentes aos teores de manganês na folha, bem como dos trabalhos realizados por MORAES *et alii* (1976) e MURAOCA (1981). As explicações residem provavelmente na concentração do manganês na folha sempre mais elevada do que no caldo.

Pela Figura 9 se constata ainda que doses crescentes de fósforo aplicadas no solo tendem a aumentar os teores de manganês no caldo, fato discordante daquele verificado no presente trabalho, relativo aos teores de manganês na folha e das afirmações de BORTNER (1935).

Em função dos resultados referentes às doses crescentes de  $K_2O$  aplicados no solo e teores de manganês no caldo, verifica-se que não houve efeito do potássio sobre o manganês e, neste caso, infere-se que a análise da folha permitiu a obtenção de resultados mais consistentes, conforme pode ser evidenciado em 4.2.8.

#### 4.3.9 - Zinco

A adição de doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  no solo ocasionou mudanças estatisticamente significativas sobre a concentração do zinco no caldo, conforme pode ser visualizado na Tabela 12, através do teste de Tukey a 5%.

Em razão das significâncias encontradas, mediante a utilização da análise de regressão polinomial do 2º grau, foram obtidas as curvas da Figura 9. Os coeficientes de determinação foram 97%, 87% e 71%, respectivamente, para as correlações entre as doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$ , e teores de zinco no caldo.

Do exposto, foi observado (Figura 9) efeito antagônico do nitrogênio adicionado no solo sobre os teores de zinco no caldo, o que está em desacordo com os resultados obtidos no presente trabalho, referentes aos teores de zinco na folha, e igualmente contrário aos relatos de MURAOCA (1981) e DANTAS (1982).

Na Figura 9, onde se correlacionaram doses crescentes de fósforo aplicado no solo com teores de zinco no caldo, verificou-se efeito depressivo do fósforo sobre o zinco, da mesma forma evidenciado em 4.2.9 com relação a teores foliares de zinco, e concordante também com FILHO (1982).

Ao se analisar o efeito de doses crescentes do fertilizante potássico sobre a concentração de zinco no caldo (Figura 9), observa-se efeito depressivo do potássio sobre o zinco, sendo con-

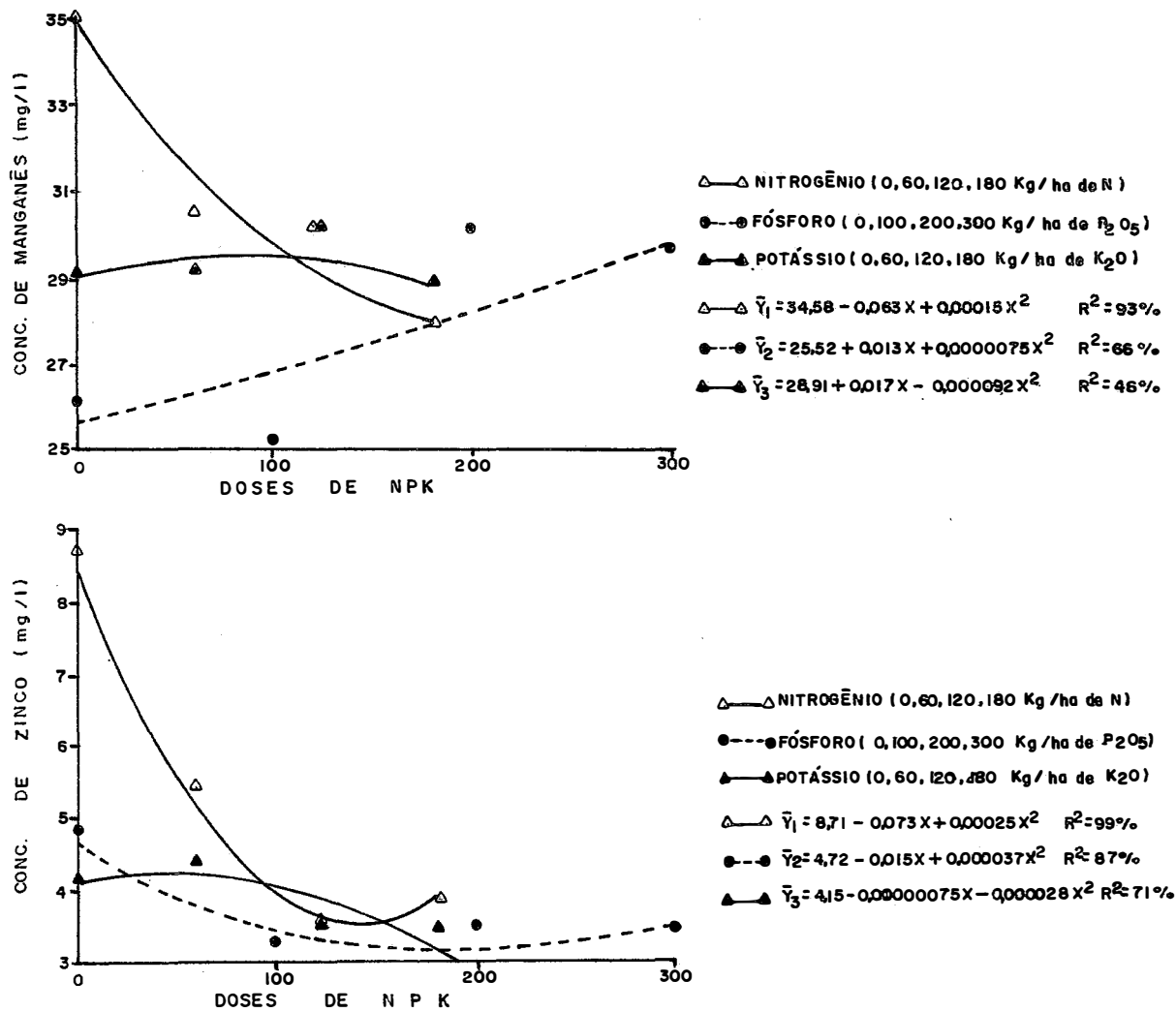


Figura 9 - Concentração (mg/l) de manganês e zinco no caldo, em função das doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio, aplicadas no solo.



cordante com os resultados obtidos neste trabalho com respeito a teores foliares de zinco e da mesma forma evidenciado por TENÓRIO(1981).

#### 4.4 - Análise Tecnológica do Caldo

Os dados referentes aos valores de  $^{\circ}\text{Brix}$  (V/V), ART %, AR % e Sacarose % do caldo do sorgo sacarino, obtidos em função das doses crescentes de N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$  aplicadas no solo, se acham na Tabela 13, onde mediante a utilização do teste de Tukey a 5%, permitiram constatar que os fertilizantes ocasionaram mudanças significativas nas características tecnológicas estudadas.

Na Figura 10 são encontradas as curvas referentes aos parâmetros examinados, e foi construída mediante a utilização da análise de regressão polinomial até o 2º grau.

##### 4.4.1 - $^{\circ}\text{Brix}$

Ao se estudar a correlação existente entre os valores do  $^{\circ}\text{Brix}$  no caldo com as doses crescentes de nitrogênio, foi evidenciado que a equação de regressão significativa foi a de 1º grau ( $R^2 = 94$ ), ou seja, o  $^{\circ}\text{Brix}$  cresceu linearmente com as doses do fertilizante. Estes resultados são concordantes com os observados por ROSOLEM (1982), trabalhando com sorgo Cv. Rio, mas contrários aos dados obtidos pelo mesmo autor para a Cv. Brandes. Estes resultados refletem provavelmente o comportamento varietal e as interferências dos

fatores ambientais frente à adubação nitrogenada.

Como se pode observar na Figura 10, o efeito de doses crescentes do fósforo no solo sobre o  $^{\circ}$ Brix do caldo foi explicado por equação de regressão polinomial do 2<sup>o</sup> grau, com teores máximos nas doses intermediárias. Destes resultados se infere que o melhor teor do  $^{\circ}$ Brix com relação às doses crescentes do fósforo foi o referente ao tratamento 100 P (212) kg de  $P_2O_5$ /ha, seguido pelo tratamento 300 P (232) kg de  $P_2O_5$ /ha. Estas evidências sugerem que doses crescentes de  $P_2O_5$ /ha aumentam o  $^{\circ}$ Brix no caldo do sorgo sacarino.

Com relação às doses crescentes de  $K_2O$  aplicadas no solo, foi observado que o  $^{\circ}$ Brix do caldo decresceu linearmente com a aplicação do adubo. Os resultados obtidos são concordantes com o relato de ROSOLEM (1982), trabalhando com sorgo sacarino Cv. Brandes, que obteve 18,10  $^{\circ}$ Brix.

#### 4.4.2 - Açúcares Redutores Totais (ART)

O fornecimento de nitrogênio na forma amoniacal, em doses crescentes no solo, ocasionou mudanças estatisticamente significativas sobre os teores de ART no caldo de sorgo sacarino.

Na Figura 10, onde foram correlacionadas as doses do fertilizante com teores de ART no caldo, foi constatado elevado coeficiente de determinação linear ( $R^2 = 96\%$ ), em que o nitrogênio favo-

receu o aumento da concentração de açúcares totais no caldo. Estes resultados concordam com aqueles obtidos por ROSOLEM (1982), com a Cv. Rio, embora sejam contrários aos obtidos pelo mesmo autor trabalhando com a Cv. Brandes.

Ao se analisarem os efeitos ocasionados pelas doses crescentes de fósforo aplicadas no solo sobre o teor de ART no caldo, foi observado que a variação dos dados foram explicáveis por uma equação de regressão do 2º grau, com os maiores e menores teores de ART nas doses intermediárias. Os resultados evidenciam que o teor de ART conseguido no tratamento 100 P (212) kg de  $P_2O_5$ /ha, não diferiu do tratamento 300 P (232) kg de  $P_2O_5$ /ha, que recebeu a maior dose de fósforo, mostrando efeito positivo do fósforo quanto utilizado em doses menores. Este efeito positivo do fósforo sobre os teores de açúcares foram também observados por HUMBERT (1968) referindo-se à cana-de-açúcar.

Os dados referentes aos teores de ART, obtidos em função de doses crescentes de  $K_2O$ , evidenciaram redução nos teores de açúcares totais no tratamento 120 K (222) kg de  $K_2O$ /ha. Com exceção deste tratamento, os demais apresentaram valores de ART semelhantes. Assim, embora os teores de ART apresentem diferenças entre os tratamentos, apenas um tratamento diferiu dos demais. Estes resultados discordam dos obtidos por ROSOLEM (1982), que não constatou efeito da adubação sobre os teores de ART.

#### 4.4.3 - Açúcares Redutores (AR)

A adição de doses crescentes de nitrogênio no solo permitiu evidenciar a ocorrência de mudanças significativas nos teores de AR no caldo, conforme pode ser observado na Figura 10. Em razão das significâncias encontradas, mediante a utilização da análise de regressão do 1º grau, foi possível obter coeficiente de determinação altamente significativo ( $R^2 = 96\%$ ), indicando que os açúcares redutores aumentaram linearmente com as doses crescentes de nitrogênio aplicadas no solo. Este efeito do nitrogênio sobre os teores de açúcares redutores foi também observado por MALAVOLTA e HAAG (1964), porém está em desacordo com os resultados obtidos por ROSOLEM (1982).

Ao se correlacionarem os teores de AR no caldo com doses crescentes de fósforo, a equação polinomial significativa foi a de 2º grau, apresentando o fósforo efeito múltiplo sobre os teores de AR, com menores teores na dose intermediária. Este comportamento da cultivar Brandes foi igualmente observado por ROSOLEM (1982) na localidade de Riachuelo.

Quando se analisaram os efeitos das doses crescentes de potássio sobre os teores de AR no caldo, foi observado que 99% da variação dos dados obtidos foram explicáveis por equação de regressão polinomial do 2º grau. Do exposto, e mediante a Figura 10, se infere que os teores de AR decresceram com o aumento das doses do fertilizante aplicadas no solo, no que foi concordante com ROSOLEM

(1982), trabalhando com a Cv. Brandes na localidade de Boracéia.

#### 4.4.4 - Sacarose

Os resultados referentes aos teores de sacarose no caldo, obtidos em função da adubação nitrogenada, permitem constatar mudanças significativas, explicáveis por uma equação de regressão polinomial do 2º grau.

Observando-se a Figura 10, verifica-se que houve correlação múltipla entre as doses crescentes de nitrogênio e os teores de sacarose no caldo, embora se permita inferir que a partir do tratamento 60 N (122), os teores de sacarose aumentaram com as doses crescentes do fertilizante. Este efeito positivo do nitrogênio sobre a sacarose está de acordo com os resultados de BERNAL (1977), observados em cana-de-açúcar.

Analisando-se os efeitos das doses crescentes de fósforo sobre os teores de sacarose, observa-se que as variações ocorridas foram explicáveis por equação de regressão do 2º grau, com teor máximo na dose intermediária. Foi observado teor mais elevado de sacarose no tratamento 100 P (212) kg de  $P_2O_5$ /ha e, à medida que se aumentaram as doses do fertilizantes, ocorreu uma redução nos teores de sacarose. Este efeito depressivo do fósforo sobre a sacarose foi igualmente observado por BERNAL (1977), em sorgo.

O aumento de doses do potássio no solo ocasionou mudanças no teor de sacarose no calso, que foram explicáveis por uma

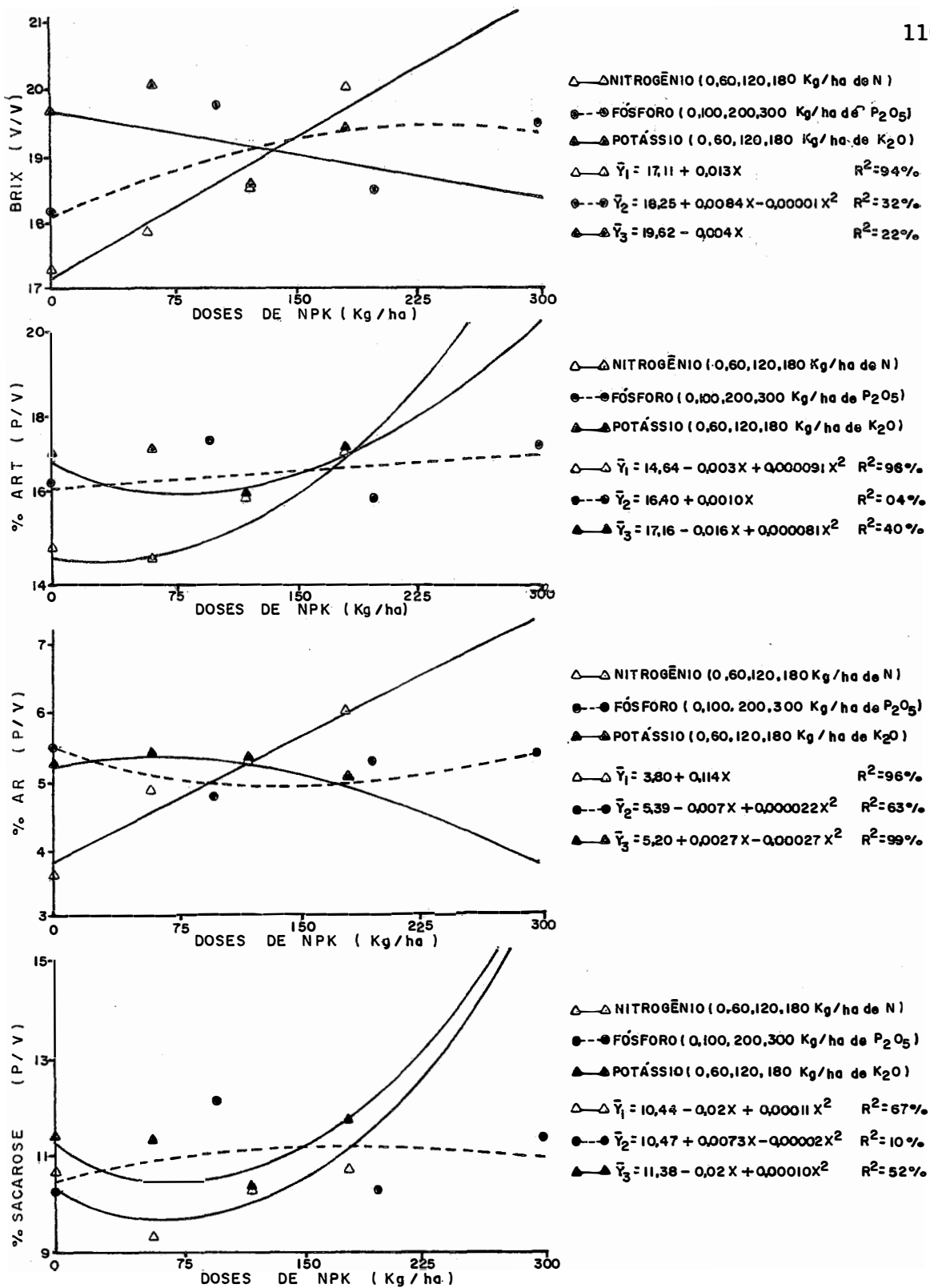


Figura 10 - Teores (%) de sólidos solúveis (Brix), ART, AR e sacarose do caldo, em função das doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio, aplicadas no solo.

equação de regressão polinomial do 2º grau.

Na Figura 10, onde se correlacionaram potássio e sacarose, observa-se que aumentos nas doses de potássio proporcionaram decréscimos nos teores de sacarose até o tratamento 120 K (222) kg de  $K_2O$ /ha, e a partir deste tratamento, quando se aumentou a dose de potássio, ocorreu acréscimo no teor de sacarose do caldo até a quantidade de 180 kg de  $K_2O$ /ha. Este efeito positivo do potássio sobre a sacarose foi igualmente observado por HAAG (1961), trabalhando com cana-de-açúcar.

#### 4.5 - Produção de Massa Celular

Os resultados da produção de massa celular, obtidos em função das adubações e da suplementação com sais encontram-se nas Tabelas 14, 15 e 16 (Apêndice). Tais resultados referem-se a massa celular produzida no primeiro, segundo e terceiro dias, após 7 e após 22 horas de incubação da levedura, multiplicada sob arejamento constante. Mediante a utilização do teste de Tukey a 5%, permitiu-se constatar que os tratamentos que receberam doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$ , sem suplementação e com suplementação, ocasionaram mudanças significativas na produção de massa celular.

Com os dados originais, dos quais resultaram as Tabelas 14, 15 e 16, mediante a utilização da análise de regressão polinomial até o 2º grau, foram obtidas as curvas referentes às Figuras 11, 13 e 14.

#### 4.5.1 - Primeira Multiplicação

Na Figura 11 se correlacionaram os tratamentos com nitrogênio e a massa celular produzida após 7 e 22 horas de multiplicação, sem suplementação e com suplementação de sais. Estas correlações permitiram constatar que 97% e 99% da variação dos dados obtidos após 7 horas de multiplicação, respectivamente, sem suplementação e com suplementação de sais, foram explicáveis por equações de regressão polinomial do 2º grau. Paralelamente constatou-se após 22 horas de multiplicação, que as equações de regressão significativas foram as de 2º grau ( $R^2 = 92\%$ ) e de 1º grau ( $R^2 = 98\%$ ), respectivamente, para produção de massa celular sem suplementação e com suplementação de sais, ou seja, houve um efeito múltiplo e outro linear dos tratamentos com nitrogênio sobre a massa celular produzida.

Em razão dos resultados obtidos após 7 horas de multiplicação, constata-se que a partir do tratamento 60 N (122) kg de N/ha, houve decréscimo na produção da massa celular nos tratamentos com nitrogênio. Os resultados encontrados diferem dos obtidos por ZAGO (1982), que encontrou efeito positivo do nitrogênio sobre a produção de massa celular.

Ainda em razão dos tratamentos relativos ao nitrogênio, verifica-se que a produção de massa celular, após 22 horas de multiplicação sem suplementação de sais, decresceu a partir do tratamento 60 N (122) kg de N/ha, enquanto que, nos tratamentos com suplementação de sais este decréscimo foi linear. A observação dos dados permitiu supor a ocorrência de formas de nitrogênio absorvidas



pela planta que não eram utilizadas pela levedura. Com o fito de possibilitar melhor visualização do assunto, foi realizada a análise de nitrato no caldo, através da qual evidenciou-se maiores teores de  $N-NO_3$ , nos tratamentos que produziram menor quantidade de massa celular, conforme pode ser observado na Figura 12. Neste caso, se infere que nos tratamentos com maior concentração de nitrato foram, na realidade, adicionados no substrato menor teor de  $N-NH_4$ , que é a forma de nitrogênio assimilável pela levedura. Provavelmente esta menor utilização do nitrogênio proporcionou menor produção de massa celular. Referências sobre o nitrato na nutrição de levedura são encontradas em NOTKINA *et alii* (1975) e MINAMI (1975).

Quanto à suplementação de sais de um modo geral, pode-se, através dos resultados constantes na Figura 11, estabelecer que as quantidades de massa celular produzidas foram superiores aos tratamentos sem suplementação, em especial após 22 horas de multiplicação. Igualmente ZAGO (1982) verificou acréscimo na produção de massa celular, com a adição de sais em mosto de xarope e melão.

Pela Figura 11 pode-se notar que houve correlação significativa dos tratamentos com fósforo sobre a produção de massa celular sem suplementação e com suplementação de sais, após 7 e 22 horas de multiplicação, traduzidas por equações polinomiais até o 2º grau.

Do exposto foi constatado que houve decréscimo na massa celular produzida após 7 horas de multiplicação sem suplementação, a partir do tratamento 100 P (212) kg de  $P_2O_5$ /ha, observando-se, para este parâmetro, elevado grau de correlação múltipla ( $R^2 =$

= 91%). Relativo à suplementação, observa-se resposta com tendência linear, coincidindo as menores produções de massa celular com o tratamento 0 P (202) kg de  $P_2O_5$ /ha e produções máximas no tratamento 300 P (232) kg de  $P_2O_5$ /ha.

A observação dos dados permite ainda constatar (Figura 11) que após 22 horas de multiplicação sem suplementação de sais, a quantidade de massa celular decresceu a partir do tratamento 100 P (212) kg de  $P_2O_5$ /ha, com variação dos dados explicáveis pela equação polinomial do 2º grau, e elevado coeficiente de determinação ( $R^2 = 97\%$ ). Ao se analisarem os efeitos ocasionados pela adição de sais sobre a massa celular foi constatado que os sais estimularam a produção, com os melhores resultados no tratamento 300 P (232) kg de  $P_2O_5$ /ha.

Este efeito positivo da adição de sais sobre a produção de massa celular, foi também observado por ZAGO (1982), ARAUJO (1969) e FULMER *et alii* (1921), que ressaltaram em particular os efeitos da suplementação do fósforo sobre a produção de massa celular.

A observação da Figura 11, inerente aos tratamentos com potássio, permitiu constatar diferenças entre as produções de massa celular, após 7 horas e após 22 horas de multiplicação. Estas variações foram explicáveis por equações de regressão polinomial do 2º grau, para a massa celular produzida sem suplementação e com suplementação de sais.

Dos resultados obtidos após 7 horas de multiplicação sem suplementação, observam-se variações muito grandes entre os tratamentos. Todavia, percebem-se aumentos na produção de massa celular a partir do tratamento 60 K (221) kg de  $K_2O/ha$ . Após 7 horas de multiplicação com suplementação de sais, verifica-se a mesma tendência anterior, ou seja, aumento da produção de massa celular, a partir do tratamento (221). Ressalte-se, entretanto, para os tratamentos com suplementação, que a maior produção de massa celular foi obtida no tratamento 0 K (220) kg de  $K_2O/ha$ , que não recebeu adubação potássica.

Quando se analisam as produções de massa celular após 22 horas de multiplicação sem suplementação, observa-se que as menores e as maiores produções encontram-se nos tratamentos intermediários, destacando-se o tratamento 120 K (222) kg de  $K_2O/ha$  com a maior produção. Os tratamentos referentes à produção de massa celular com suplementação de sais, após 22 horas de multiplicação, indicam aumentos na produção a partir do tratamento 60 K (221) kg de  $K_2O/ha$ , embora o tratamento 0 K (220) kg de  $K_2O/ha$ , detenha a maior produção.

Os resultados obtidos evidenciam que a adição de sais influem na produção da massa celular conforme pode ser constatado na Figura 11. O aumento de produção da massa celular em razão da adição de sais no substrato, pode ser observado após 7 horas e após 22 horas de multiplicação. Da mesma forma, HIDEO *et alii* (1975) e GAM-

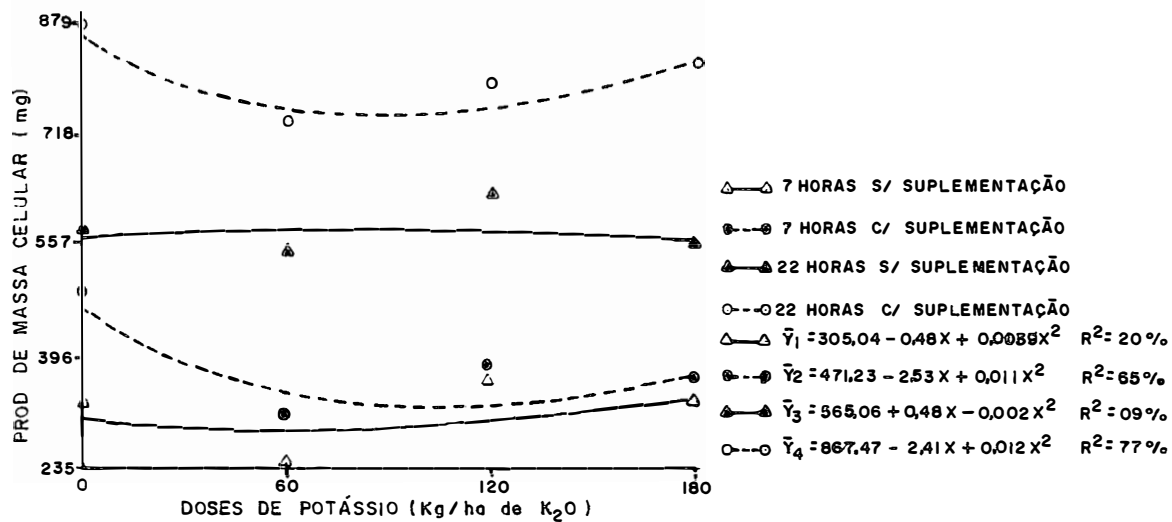
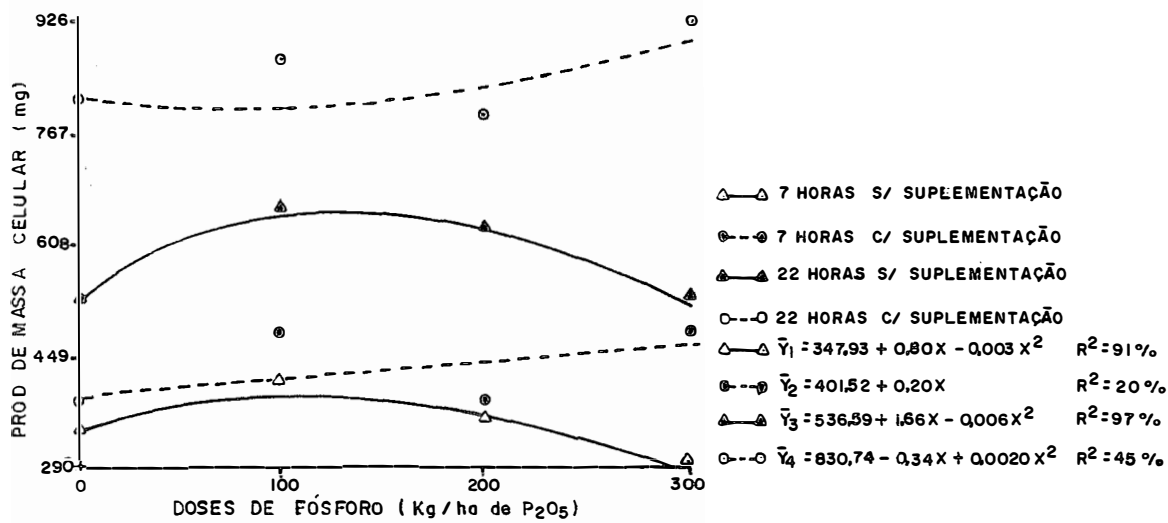
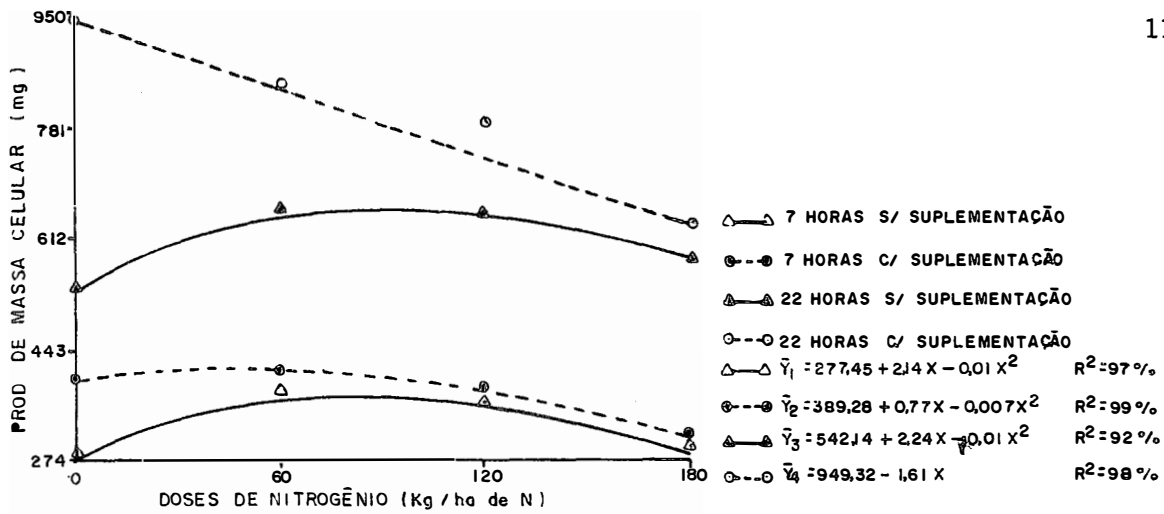


Figura 11 - Produção (mg) de massa celular em função das adubações, sem suplementação e com suplementação de sais no substrato, na primeira multiplicação.

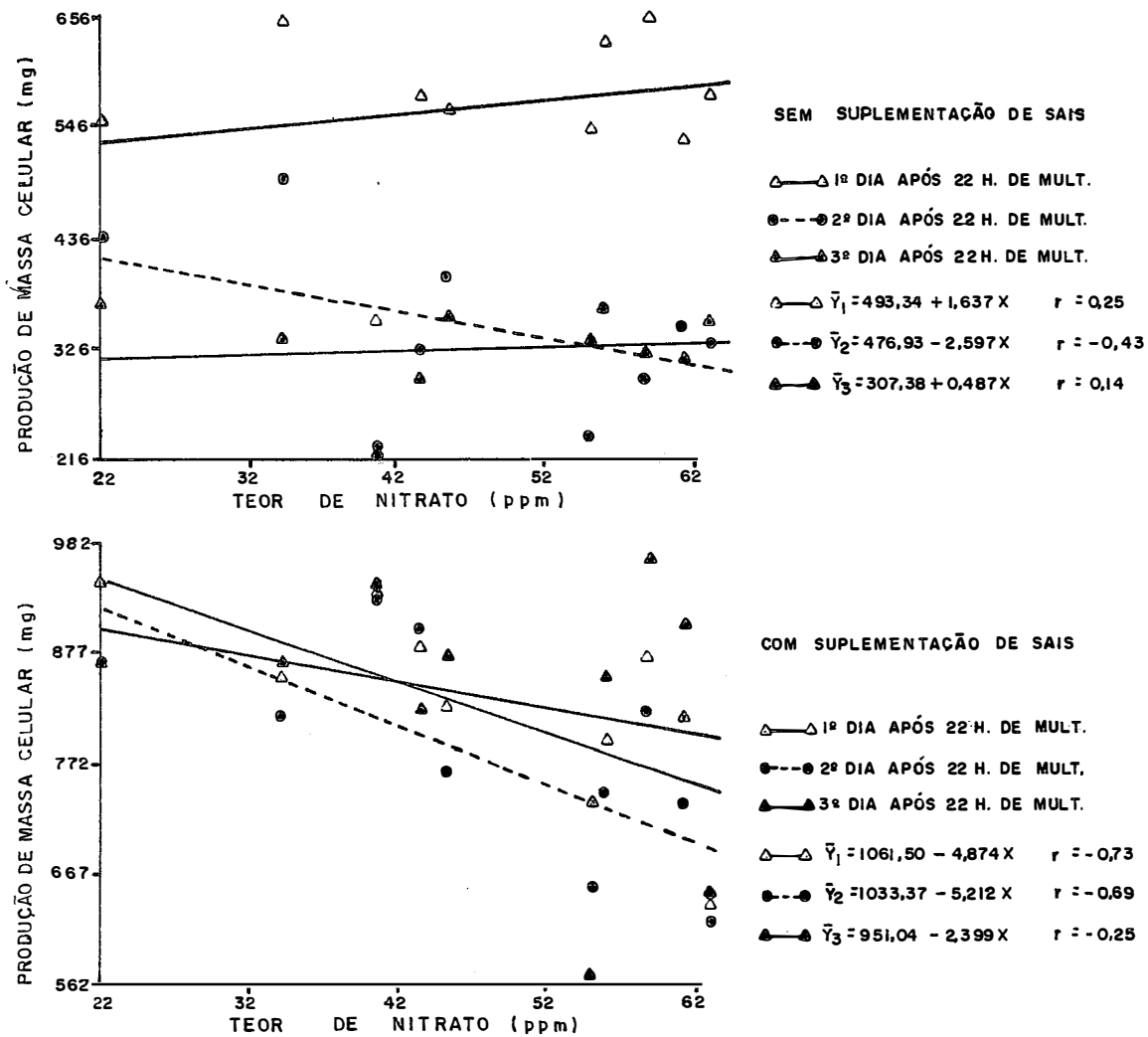


Figura 12 - Correlação entre o teor (mg/l) de nitrato no caldo e a produção de massa celular em função das adubações, sem suplementação e com suplementação de sais no substrato, na primeira, segunda e terceira multiplicações.

BARE (1980), observaram que a adição de sais no substrato, em particular sais de potássio, proporcionaram aumentos na produção de massa celular.

#### 4.5.2 - Segunda Multiplicação

Na Tabela 15 encontram-se os dados referentes à massa celular produzida na segunda multiplicação, após 7 e após 22 horas de incubação da levedura, multiplicada sob arejamento constante. A observação dos dados permite estabelecer, mediante o teste de Tukey a 5% para comparação entre as médias, que os tratamentos que receberam doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$ , sem suplementação e com suplementação de sais, ocasionaram mudanças significativas na produção de massa celular.

Fundamentando-se nos dados de produção da massa celular, obtidos em função dos tratamentos e mediante a utilização da análise de regressão polinomial até o 2º grau, foi construída a Figura 13, onde se permite visualizar as correlações entre os tratamentos com N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  e a massa celular produzida após 7 e após 22 horas de multiplicação, sem suplementação e com suplementação de sais.

Analisando-se a correlação existente entre os tratamentos com nitrogênio e a massa celular produzida após 7 horas de multiplicação, observam-se elevados coeficientes de determinação ( $R^2$ ),

ou seja, 99% da variação dos dados foram explicáveis pela equação de regressão do 2º grau, igualmente para multiplicação sem suplementação e com suplementação de sais.

Em razão do exposto, verifica-se que a massa celular decresceu em função das doses crescentes de nitrogênio, nos tratamentos sem suplementação. Da mesma forma, quando se analisam os tratamentos com suplementação, percebem-se decréscimos na massa celular, com a menor produção no tratamento 180 N (322) kg de N/ha. Verifica-se que este efeito depressivo do nitrogênio sobre a massa celular, evidenciado na segunda multiplicação, foi também observado na primeira multiplicação, fato este atribuído provavelmente à necessidade de maior concentração de  $N-NH_4$  no substrato.

Ressalte-se que a produção de massa celular da segunda multiplicação foi menor que a obtida na primeira multiplicação. A explicação para este fato baseia-se provavelmente no seguinte: a produção da segunda multiplicação foi obtida com a levedura já utilizada na primeira multiplicação e, neste caso, a redução na produção foi devida principalmente a uma nutrição inadequada na segunda multiplicação.

Ao se estudarem os efeitos produzidos pelos tratamentos com nitrogênio sobre a massa celular produzida após 22 horas de multiplicação sem suplementação e com suplementação de sais, evidenciam-se coeficientes de determinação da ordem de 75% e 99%, em que as produções de massa celular variaram no primeiro caso de acordo

com a equação de regressão polinomial do 2º grau e no outro, de acordo com a equação de regressão linear.

Ao se correlacionarem produções de massa celular após 22 horas de multiplicação sem suplementação, verifica-se que a partir do tratamento 60 N (122) kg de N/ha, as produções decresceram com o aumento das doses de nitrogênio no solo. Observa-se ainda que após 22 horas de multiplicação com suplementação de sais, a produção de massa celular decresceu linearmente com o aumento das doses do fertilizante aplicadas no solo. Ressalte-se que as produções de massa celular são menores na segunda multiplicação, fato este também observado após 7 horas de multiplicação. Entretanto, as maiores produções de massa celular foram obtidas com suplementação de sais após 7 horas de multiplicação e de modo especial após 22 horas de multiplicação.

Quanto ao fósforo, pode-se, através da Figura 13, estabelecer que o nutriente influenciou significativamente na produção de massa celular após 7 e após 22 horas de multiplicação, sem suplementação e com suplementação de sais.

Ao se correlacionarem doses crescentes de fósforo com massa celular produzida após 7 horas de multiplicação, foi permitido constatar coeficientes de determinação da ordem de 78% e 67%, traduzidos por equações do 2º e 1º graus, respectivamente, para as produções obtidas sem suplementação e com suplementação de sais.

Os resultados evidenciam que após 7 horas de multi-



plicação sem suplementação, as produções de massa celular foram crescentes até o tratamento 200 P (222) kg de  $P_2O_5$ /ha. Como pode ser visto (Figura 13), adições de fósforo acima de 200 kg de  $P_2O_5$ /ha não proporcionam aumento da produção na segunda multiplicação.

Com respeito aos dados obtidos após 7 horas de multiplicação com suplementação de sais, verifica-se que a produção de massa celular aumentou nos tratamentos com doses crescentes de fósforo aplicadas no solo, com exceção do tratamento 200 P (222) kg de  $P_2O_5$ /ha. É oportuno notar que as maiores produções de massa celular foram obtidas nos tratamentos com suplementação e de modo especial naqueles que apresentaram menores produções sem suplementação. Estes resultados indicam certamente que a adição de sais torna-se mais necessária nos tratamentos que apresentam menor produção de massa celular, sem suplementação.

Ao se analisarem os efeitos das doses crescentes de fósforo após 22 horas de multiplicação, as equações de regressão polinomial foram as de 2º grau, apresentando em ambas as multiplicações, graus de correlação múltipla, respectivamente, 54% e 63%, para as multiplicações sem suplementação e com suplementação de sais.

Do exposto, foi observado que os resultados encontrados após 22 horas de multiplicação sem suplementação levam à evidência de que a produção de massa celular decresceu com as doses crescentes de fósforo, exceto no tratamento 200 P (222) kg de  $P_2O_5$ /ha. Estes resultados acompanham as mesmas evidências proporcionadas pela

massa celular obtida após 7 horas de multiplicação sem suplementação de sais.

Para o caso da massa celular produzida após 22 horas de multiplicação com sais, verificam-se aumentos crescentes de produção, paralelamente às doses crescentes de fósforo aplicadas no solo, com exceção do tratamento 200 P (222) kg de  $P_2O_5$ /ha. Este efeito positivo dos sais sobre a massa celular foi igualmente observado após 7 horas de multiplicação, apresentando em ambos os casos maiores produções em relação aos tratamentos sem suplementação.

A adição de doses crescentes de potássio no solo ocasionou mudanças estatisticamente significativas sobre a produção da massa celular obtida após 7 horas de multiplicação sem suplementação. Em razão das significâncias encontradas, mediante a utilização da análise de regressão polinomial de 2º grau, verificou-se que a produção de massa celular foi crescente com o aumento das doses de potássio, até o tratamento 120 K (222) kg de  $P_2O_5$ /ha, indicando que acima desta dose verifica-se decréscimo na massa celular produzida.

Os resultados de produção de massa celular obtidos após 7 horas de multiplicação com suplementação de sais, evidenciam acréscimos na produção, comparando-se esses resultados com os de massa celular conseguidos sem suplementação.

Ao se correlacionarem doses crescentes de potássio com produção de massa celular, após 22 horas de multiplicação sem suplementação, verifica-se que a equação polinomial significativa foi a do 2º grau, apresentando grau de correlação múltipla ( $R^2 = 65\%$ ). A observação da Figura 13 revela que a produção de massa celular torna-se crescente a partir do tratamento 60 K (221) kg de  $K_2O/ha$ , com a maior produção no tratamento que recebeu a maior dose de potássio por hectare.

Ao se analisar o efeito da adição de sais sobre a produção de massa celular obtida após 22 horas de multiplicação, verifica-se que 73% da variação dos dados foram explicáveis por uma equação de regressão do 2º grau. Destes resultados se infere que a partir do tratamento 60 K (221) kg de  $K_2O/ha$  as produções de massa celular foram crescentes, embora a maior produção tenha sido conseguida no tratamento 0 K (220) kg de  $K_2O/ha$ . Constatou-se ainda que a adição de sais propiciou considerável aumento da produção de massa celular, que neste caso alcançou em média 2,23 vezes a produção de massa celular obtida após 22 horas de multiplicação sem suplementação.

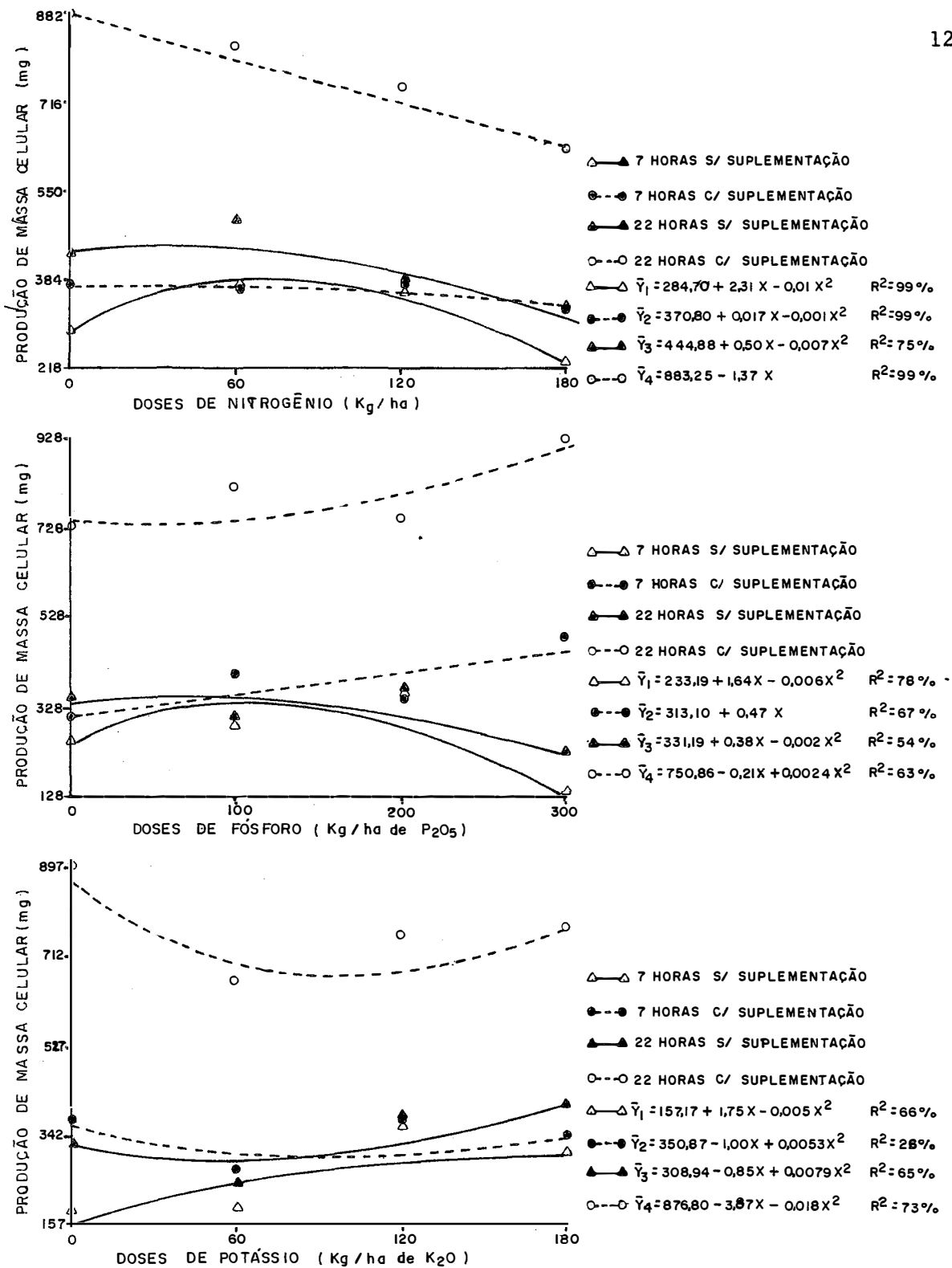


Figura 13 - Produção (mg) de massa celular em função das adubações, sem suplementação e com suplementação de sais no substrato, na segunda multiplicação.

### 4.5.3 - Terceira Multiplicação

Os resultados médios obtidos da terceira multiplicação, encontram-se na Tabela 16, onde mediante a utilização do teste de Tukey a 5% permitiu constatar que a adição de doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  no solo e a suplementação de sais no substrato, ocasionaram mudanças significativas na produção de massa celular obtida após 7 horas e após 22 horas de multiplicação.

Com os dados de produção de massa celular, dos quais resultaram a Tabela 16, mediante a utilização de análise de regressão polinomial até o 2º grau, foi obtida a Figura 14.

Quando se correlacionaram os efeitos das doses crescentes de nitrogênio aplicadas no solo com a massa celular produzida após 7 horas de multiplicação sem suplementação e com suplementação de sais, foi constatado que 89% e 99% da variação dos dados respectivamente, foram explicáveis por equação de regressão polinomial do 2º grau, ou seja, houve efeito múltiplo entre os tratamentos com nitrogênio e a massa celular produzida.

A análise do efeito das doses crescentes de nitrogênio sem suplementação permitiu constatar decréscimos na produção de massa celular, mais evidente a partir do tratamento 60 N (122) kg de N/ha. Do mesmo modo, ao se estudar o efeito da suplementação sobre a massa celular evidenciam-se decréscimos na produção a partir do tratamento 60 N (122) kg de N/ha. O observado reflere provavelmente a necessidade de maior concentração de N- $NH_4$  no substrato, nos tra

tamentos com maior teor de nitrato, fato este verificado na primeira e segunda multiplicações.

Do conhecimento destes fatos, é importante salientar que na terceira multiplicação a produção de massa celular sem suplementação continuou decrescendo em relação às multiplicações anteriores. Entretanto, com suplementação de sais, verificaram-se aumentos na produção de massa celular, em relação à primeira e à segunda multiplicações, indicando efeito positivo da adição de sais na produção de massa celular, confrontando-se esses resultados com aqueles dos tratamentos que não receberam suplementação.

Os efeitos causados pelas doses crescentes de nitrogênio aplicadas no solo sobre a massa celular produzida após 22 horas de multiplicação sem suplementação, são explicáveis por uma equação de regressão polinomial do 2º grau com as menores e maiores produções nos tratamentos intermediários. Este efeito positivo do nitrogênio sobre a massa celular obtida no presente trabalho através de doses crescentes de sulfato de amônio aplicadas no solo, foi também verificado por MASSART e HORENS (1952), ALVES e BIANCO (1971), VAIRO *et alii* (1975) e SALGADO e SARRUGE (1979), adicionando sulfato de amônio no substrato.

Ao se analisarem os efeitos ocasionados após 22 horas de multiplicação com suplementação de sais sobre a produção de massa celular, constatou-se, conforme foi dado a observar na Figura 14, que a produção decresceu com o aumento das doses de nitrogênio

aplicados no solo, fato este observado nas duas multiplicações anteriores. Por outro lado, os resultados obtidos mostram que a adição de sais proporcionou aumentos na produção de massa celular quando comparados estes resultados com os obtidos sem suplementação. Os acréscimos observados foram constatados após 7 horas de multiplicação e em especial após 22 horas de multiplicação, que neste caso, atingiu em média 2,28 vezes a produção de massa celular obtida sem suplementação de sais.

Ao se estudar a correlação existente entre as doses de fósforo aplicadas no solo com a produção de massa celular, após 7 horas de multiplicação, foi constatado que 98% da variação dos dados obtidos foram explicáveis por equação de regressão do 2º grau, igualmente para as multiplicações sem suplementação e com suplementação de sais.

Do exposto, foi observado que após 7 horas de multiplicação sem suplementação a produção de massa celular decresceu a partir do tratamento 100 P (212) kg de  $P_2O_5$ /ha. Verifica-se ainda para o mesmo parâmetro, que as produções de massa celular são inferiores às obtidas nas duas multiplicações anteriores, sugerindo alterações metabólicas na levedura, que a levam a produções decrescentes.

Para o caso da produção de massa celular obtida após 7 horas de multiplicação com suplementação, verificam-se aumentos crescentes da massa celular até o tratamento 300 P (232) kg de  $P_2O_5$ /

ha. Realce-se que da mesma forma observada na primeira e segunda multiplicação, a produção de massa celular com suplementação foi superior à sem suplementação, com resultados mais expressivos da adição de sais nos tratamentos que apresentaram menores produções de massa celular, sem suplementação.

Na Figura 14, onde se correlacionaram as doses crescentes de fósforo aplicadas no solo com a produção de massa celular conseguida após 22 horas de multiplicação sem suplementação, foi observado que 77% da variação dos dados obtidos foram explicáveis por uma equação de regressão do 2º grau. Estas evidências levam à observação adicional de que as produções de massa celular foram crescentes até o tratamento 200 P (222) kg de  $P_2O_5$ /ha, sugerindo que doses de fósforo acima de 200 kg de  $P_2O_5$ /ha não proporcionaram aumento da produção, na terceira multiplicação. Do exposto se infere que este efeito positivo do fósforo sobre a massa celular produzida foi concordante com os resultados obtidos por JUNI *et alii* (1948) e FALCONE e ARRUDA (1964), utilizando fósforo no substrato.

Ao se estudar a massa celular produzida após 22 horas de multiplicação com suplementação de sais, verifica-se que não houve variação significativa dos dados que pudesse ser explicada por uma equação de regressão até o 2º grau. Neste caso, através dos resultados constantes da Tabela 16 (Apêndice), e mediante a utilização do teste de Tukey a 5%, para comparação entre as médias, estabeleceu-se a seguinte ordem decrescente de produção de massa celular nos tratamentos com fósforo: (212) > (232) > (202) > (222). Os re-



sultados (Tabela 16) mostram que as menores e maiores produções estiveram nos tratamentos intermediários.

A adição de doses crescentes de potássio no solo e a suplementação de sais no substrato ocasionaram mudanças significativas sobre a massa celular produzida após 7 horas de multiplicação, respectivamente, para os tratamentos sem suplementação e com suplementação de sais. Estes fatos fornecem a evidência adicional de que as equações de regressão polinomial significativas foram as de 2º grau.

Com respeito à produção de massa celular sem suplementação, observam-se acréscimos na produção até o tratamento 120 K (222) kg de  $K_2O$ /ha, o que foi concorde com os resultados obtidos na primeira e segunda multiplicações. Por seu turno, quando se adicionaram sais no substrato, o tratamento que apresentou maior produção de massa celular foi 0 K (220) kg de  $K_2O$ /ha, verificando-se, a partir deste tratamento, decréscimos da produção, observados de forma mais acentuada no tratamento 60 K (221) kg de  $K_2O$ /ha.

Ao se correlacionarem doses crescentes de potássio aplicadas no solo com a produção de massa celular obtida após 22 horas de multiplicação, as equações de regressão significativas foram as de 2º grau, apresentando em ambas as multiplicações, sem suplementação e com suplementação, graus de correlação múltipla, respectivamente, 98% e 45%.

Os resultados mostram que após 22 horas de multiplicação sem suplementação a produção de massa celular foi crescente, com as doses crescentes de potássio aplicadas no solo, o que concorda com os resultados obtidos na segunda multiplicação. Verifica-se que este efeito positivo do potássio sobre a produção de massa celular foi concordante com os trabalhos de HIDEO *et alii* (1975) e SUOMALAINEN e OURA (1971), referindo-se à adição de potássio no substrato.

Ao se analisar o efeito da adição de sais sobre a massa celular produzida após 22 horas de multiplicação, observam-se aumentos crescentes da massa celular a partir do tratamento 60 K (221) kg de  $K_2O$ /ha, da mesma forma observada na primeira e segunda multiplicações.

Os resultados obtidos evidenciam que a adição de sais proporcionou aumentos na produção de massa celular após 7 horas e após 22 horas de multiplicação, quando comparados estes resultados com os tratamentos que não receberam suplementação de sais. As produções de massa celular foram mais expressivas após 22 horas de multiplicação com suplementação, que neste caso conseguiu, em média, 2,23 vezes a produção de massa celular obtida sem suplementação de sais.

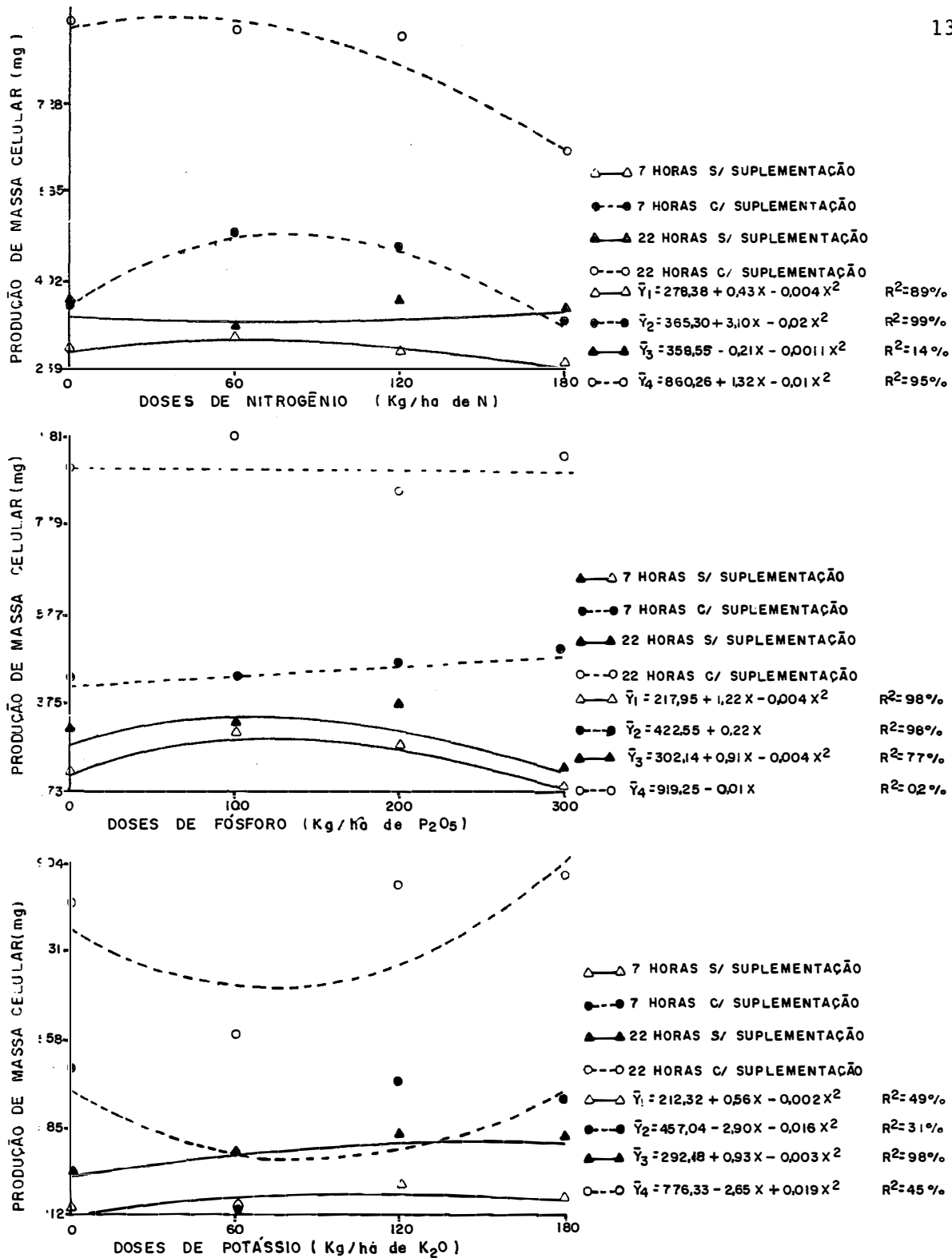


Figura 14 - Produção (mg) de massa celular em função das adubações, sem suplementação e com suplementação de sais no substrato, na terceira multiplicação.

#### 4.6 - Viabilidade Celular

Os resultados de viabilidade celular, obtidos em função das adubações e da suplementação com sais, encontram-se na Tabela 17. Estes resultados referem-se às determinações realizadas no primeiro, segundo e terceiro dias após 22 horas de incubação do fermento.

Os efeitos proporcionados pelas doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$ , e pela suplementação com sais, não foram consistentemente visualizados no presente trabalho, mediante a utilização do teste de Tukey a 5%. Entretanto, com os dados originais dos quais resultaram a Tabela 17 e mediante a utilização da análise de regressão até o 2º grau, foram obtidas as curvas referentes às Figuras 15, 16 e 17.

##### 4.6.1 - Primeira Multiplicação

Na Figura 15 foram correlacionadas viabilidade celular da primeira multiplicação com os tratamentos que receberam adubação e com os tratamentos que foram suplementados com sais no substrato (mosto).

As correlações permitiram constatar, para os tratamentos com nitrogênio, que 93% e 67% da variação dos dados de viabilidade, obtidos respectivamente sem suplementação e com suplementação de sais, foram explicáveis por equações de regressão do 1º e 2º

graus, ou seja, houve um efeito linear e outro múltiplo dos tratamentos com nitrogênio sobre a viabilidade celular.

Em razão dos resultados obtidos sem suplementação de sais, constata-se que o efeito linear entre as doses crescentes de nitrogênio e viabilidade celular foi altamente negativo.

Ao se correlacionarem os tratamentos com nitrogênio que receberam suplementação de sais, com viabilidade celular, verifica-se que houve decréscimos na viabilidade até o tratamento 120 N (222) kg de N/ha. Estes resultados divergem dos obtidos por LITIVINENKO et alii (1981), que não encontraram efeito do N - NH<sub>4</sub> sobre a viabilidade celular.

A análise do efeito de doses crescentes de fósforo sobre a viabilidade celular e do efeito da suplementação com sais sobre o mesmo parâmetro, permitiram determinar que as equações de regressão que explicaram as variações observadas foram as de 2º grau, com coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) da ordem de 55% e 82%, respectivamente, para os tratamentos sem suplementação e com suplementação de sais.

O efeito dos tratamentos sem suplementação mostra de cr é s c i m o s na viabilidade celular até o tratamento 200 P (222) kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, embora todos os tratamentos tenham apresentado menor viabilidada que o tratamento que não recebeu a adubação fosfatada.

A observação dos dados referentes à viabilidade celular obtida com suplementação de sais permite inferir que houve acréscimos

cimos na porcentagem de células vivas a partir do tratamento 100 p (212) kg de  $P_2O_5$ /ha.

Os resultados evidenciam que a viabilidade celular observada nos tratamentos com fósforo, foram comparáveis aos dados obtidos por ZAGO (1982) com relação à levedura *Fleishmann*, multiplicada em mosto de xarope suplementado com fosfato monobásico de potássio.

Ao se analisarem os efeitos ocasionados por doses crescentes de potássio aplicadas no solo, e os proporcionados pela suplementação com sais, sobre a viabilidade celular, observa-se que não houve diferenças estatisticamente significativas entre os parâmetros estudados. Na primeira multiplicação, houve tendências dos resultados de viabilidade celular obtidos com suplementação serem inferiores aos conseguidos sem suplementação de sais. Este decréscimo observado na viabilidade ocorreu provavelmente devido à carência de açúcar no substrato durante a multiplicação. Note-se que o último volume de mosto foi adicionado no substrato 6 horas após a inoculação, e a avaliação da viabilidade somente realizada 22 horas após a incubação. Disto se infere que, com a adição de sais, todo açúcar disponível foi utilizado pela levedura, muito antes de se completarem 22 horas da incubação, havendo, portanto, interrupção do ciclo da multiplicação e, conseqüentemente, diminuição na viabilidade celular.

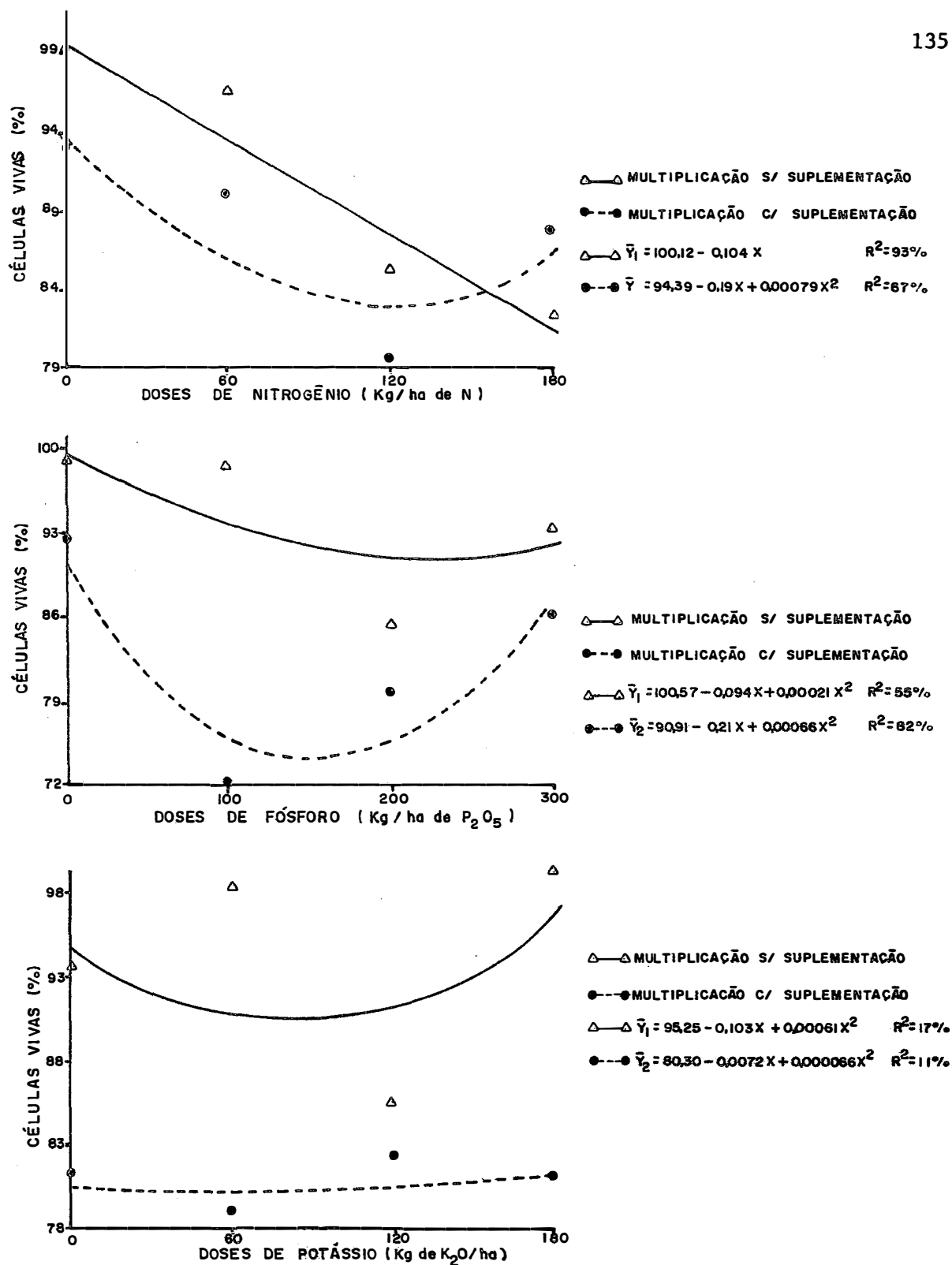


Figura 15 - Viabilidade celular (%) em função das doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio aplicadas no solo, sem suplementação e com suplementação de sais no substrato, na primeira multiplicação.

#### 4.6.2 - Segunda Multiplicação

O fornecimento de doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  no solo e a suplementação com sais no substrato, ocasionaram mudanças estatisticamente significativas sobre a viabilidade celular, determinada na segunda multiplicação, conforme pode ser visualizado na Tabela 17.

Em razão das significâncias encontradas, mediante a utilização da análise de regressão polinomial até o 2º grau, foi obtida a Figura 16, onde se correlacionaram viabilidade celular da segunda multiplicação com os tratamentos que receberam adubação e com os que foram suplementados com sais no substrato (mesto).

Ao se estudarem os efeitos dos tratamentos com nitrogênio sem suplementação e com suplementação de sais, sobre a viabilidade celular, verifica-se que sem suplementação as doses de adubos aplicadas no solo não afetaram a viabilidade celular, permanecendo os percentuais de células vivas acima de 90%, valor considerado adequado por ZAGO (1982). No outro caso, observa-se decréscimo na viabilidade a partir do tratamento 60 N (122) kg de N/ha, cujas variações foram explicadas por uma equação de regressão polinomial do 2º grau, com elevado coeficiente de determinação ( $R^2 = 90\%$ ). Como pode ser observado na Figura 16, os percentuais de viabilidade celular obtidos com suplementação de sais, são menores que os conseguidos sem suplementação, da mesma forma observado na primeira multiplicação.



Ao se analisarem os efeitos dos teores crescentes de fósforo aplicados no solo, e da suplementação de sais no substrato sobre a viabilidade celular, foi constatado, para os dois casos, reduzidos coeficientes de determinação, fatos estes demonstrativos de que o fósforo não exerceu, na segunda multiplicação, influência significativa sobre as variações observadas. Por outro lado, verificam-se tendências dos resultados obtidos sem suplementação serem superiores aos conseguidos com suplementação de sais.

Ao se examinarem os efeitos das doses crescentes de potássio aplicadas no solo, e da suplementação de sais no substrato, sobre a viabilidade celular, foi observado que 69% e 46% da variação dos dados obtidos foram explicáveis por equações de regressão do 1º e 2º graus, respectivamente.

Do exposto verifica-se que o efeito linear observado com relação aos tratamentos sem suplementação foi consideravelmente positivo, ou seja, a viabilidade celular aumentou com as doses crescentes de potássio aplicadas no solo, enquanto que, nos tratamentos com suplementação de sais, observou-se acréscimo no percentual de células vivas até o tratamento 120 K (222) kg de  $K_2O$ /ha. Em última análise, os resultados evidenciam que a viabilidade obtida com as leveduras provenientes dos tratamentos sem suplementação tendem ser, em média, superiores aos obtidos com suplementação de sais.

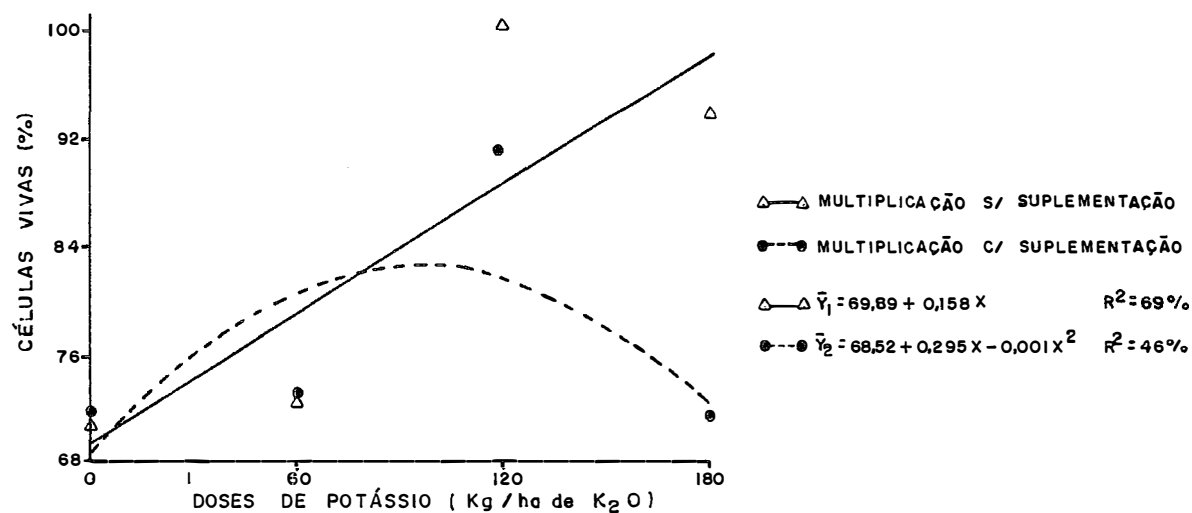
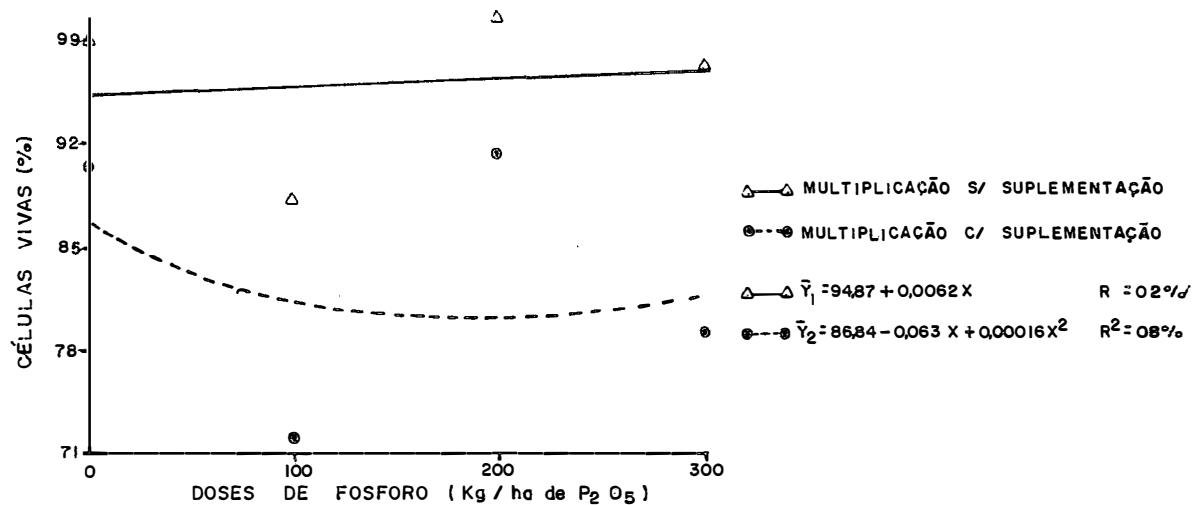
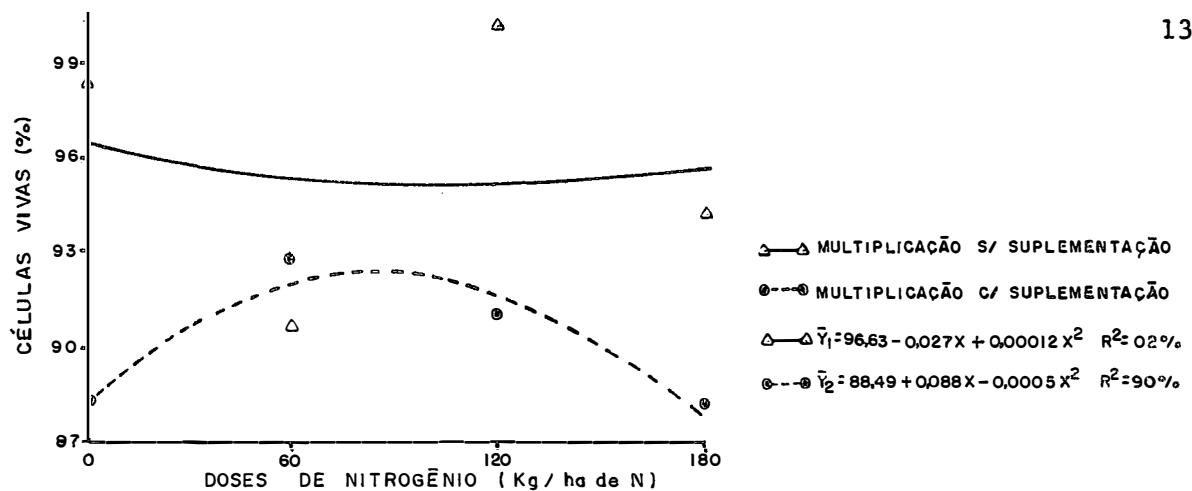


Figura 16 - Viabilidade celular (%) em função das doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio aplicadas no solo, sem suplementação e com suplementação de sais no substrato, na segunda multiplicação.

#### 4.6.3 - Terceira Multiplicação

A adição de doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  aplicadas no solo, e a suplementação de sais no substrato, permitiram constatar, por meio da utilização do teste de Tukey a 5%, a ocorrência de mudanças significativas na viabilidade celular determinada após 22 horas de multiplicação.

Mediante a utilização da análise de regressão polinomial até o 2º grau, foi obtida a Figura 17, onde são mostrados os efeitos da adubação e da suplementação com sais no substrato, sobre o percentual de células vivas.

A análise das correlações existentes entre os tratamentos com nitrogênio e a viabilidade celular, permitiu determinar que 40% e 76% da variação dos dados foram explicáveis por equações do 2º e 1º graus, respectivamente, para os tratamentos sem suplementação e com suplementação de sais.

Os resultados de viabilidade celular obtidos nos tratamentos com nitrogênio sem suplementação, apreciados na Figura 17, mostram decréscimos na viabilidade até o tratamento 120 N (222) kg de N/ha. Da mesma forma, o efeito linear observado entre o percentual de células vivas e os tratamentos com suplementação de sais foi altamente negativo, com os menores percentuais nas maiores doses de nitrogênio aplicadas por hectare. Este efeito sobre a viabilidade celular, observado na terceira multiplicação, foi igualmente verificado nas multiplicações anteriores.

A análise dos dados referentes aos tratamentos com fósforo permitiu constatar que as equações de regressão polinomial significativas foram as do 2º grau, com coeficientes de determinação da ordem de 94% e 99%, respectivamente, para os tratamentos sem suplementação e com suplementação de sais.

Destes resultados se infere que nos tratamentos sem suplementação a viabilidade celular decresceu com o aumento das doses de fósforo aplicadas no solo até o tratamento 200 P (222) kg de  $P_2O_5$ /ha. Ressalte-se que a maior porcentagem de células vivas foi conseguida no tratamento que não recebeu adubação fosfatada. Por sua vez, os dados referentes à viabilidade celular obtidos nos tratamentos com suplementação de sais mostraram também decréscimo no percentual de células vivas, e de forma mais pronunciada que as constatadas nas duas multiplicações anteriores. Estes resultados indicam certamente que as sucessivas gerações obtidas na multiplicação são cada vez mais carentes, conforme considera ZAGO (1982).

Ao se correlacionarem os tratamentos com potássio sobre a viabilidade celular, verifica-se que a regressão polinomial significativa refere-se aos tratamentos sem suplementação, de vez que a adição de sais não proporcionou variações nos percentuais de células vivas.

Em razão do exposto, foi observado que 99% da variação dos dados obtidos foram explicáveis por uma equação de regressão do 2º grau, para os tratamentos sem suplementação com os meno-

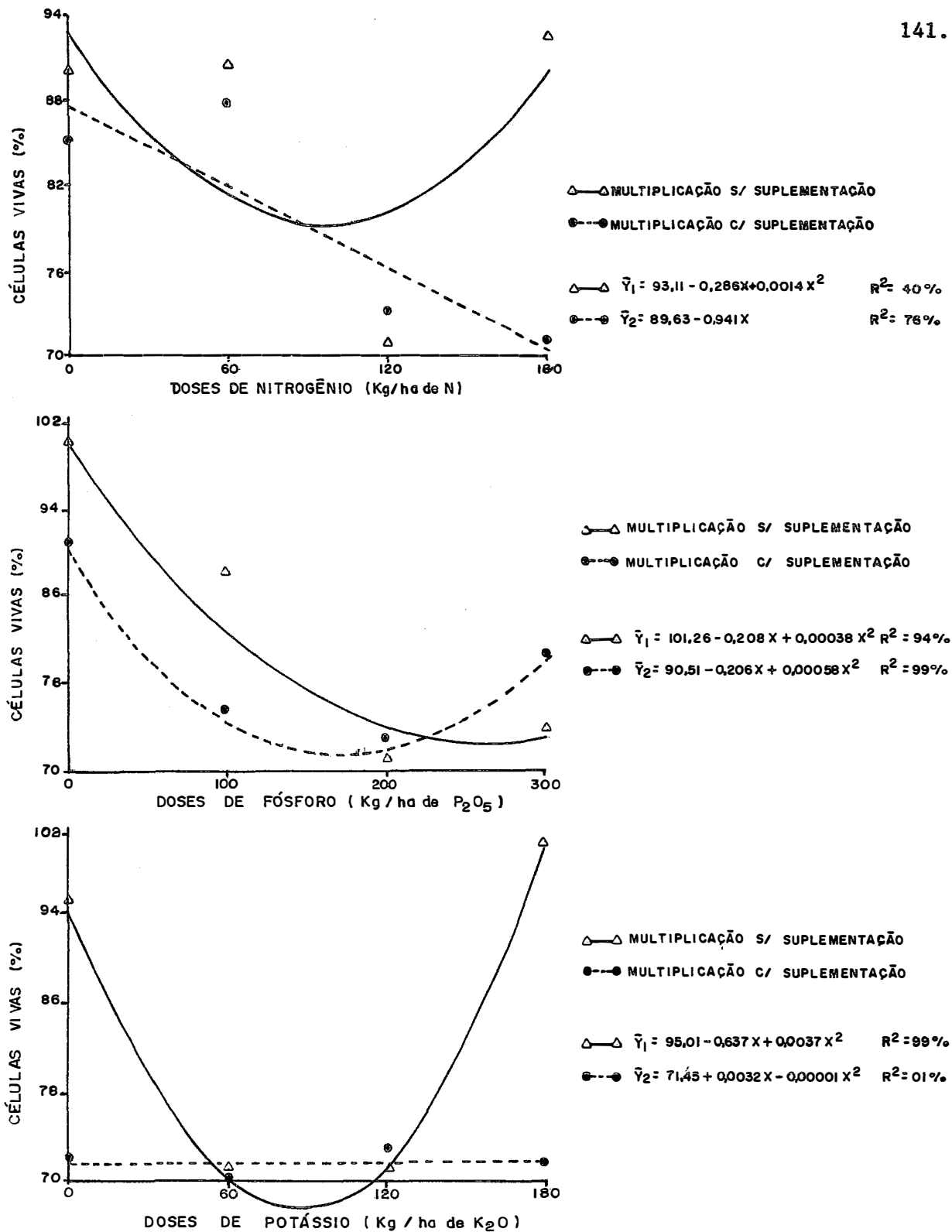


Figura 17 - Viabilidade celular (%) em função das doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio aplicadas no solo, sem suplementação e com suplementação de sais no substrato, na terceira multiplicação.

res porcentuais de células vivas nas doses intermediárias. Com respeito à adição de sais, observou-se que a viabilidade celular permaneceu em torno de 70%, em todos os tratamentos com potássio que receberam suplementação no substrato.

#### 4.7 - Brotamento Celular

Os dados referente ao brotamento celular, obtidos em função das doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  aplicadas no solo, e em função da suplementação com sais, encontram-se na Tabela 18. Essas determinações foram realizadas na primeira, segunda e terceira multiplicações, após 22 horas de incubação do fermento. A observação dos dados permite constatar, mediante a utilização do teste de Tukey a 5%, para comparação entre as médias, que a adubação e a suplementação de sais ocasionaram mudanças significativas no brotamento celular. A associação desses dados e a utilização da análise de regressão polinomial até o 2º grau, permitiram obter as curvas referentes às Figuras 18, 19 e 20, respectivamente, para a primeira, segunda e terceira multiplicações.

#### 4.7.1 - Primeira Multiplicação

A observação da Figura 18, onde se correlacionaram no primeiro dia, brotamento celular com os tratamentos que receberam adubação e com os que foram suplementados com sais, permite constatar comportamento dessemelhante entre os tratamentos.

Ao se estudarem as correlações entre os tratamentos com nitrogênio e brotamento celular, percebe-se que 66% e 99% da variação dos dados obtidos, respectivamente, sem suplementação e com suplementação de sais, foram explicáveis por equações do 2º e 1º graus, ou seja, estes resultados levam à observação de que, no primeiro caso houve um efeito múltiplo e no outro um efeito linear dos tratamentos com nitrogênio sobre o brotamento celular.

Em alegação aos resultados conseguidos sem suplementação de sais, verifica-se que houve decréscimo no brotamento à medida que foi adicionado o adubo nitrogenado no solo, ou seja, a partir do tratamento 60 N (122) kg de N/ha.

As correlações entre os tratamentos com nitrogênio suplementados com sais e brotamento celular, permitiram visualizar que o efeito linear existente entre os parâmetros estudados foi altamente negativo, observando-se a mesma propensão para os resultados obtidos neste trabalho, com relação à viabilidade celular. Este efeito do nitrogênio sobre o brotamento ocorreu provavelmente devido às menores concentrações de nitrogênio metabolizável pela levedu

ra, nos substratos com maiores teores de nitrogênio total e igualmente com maiores concentrações de nitrato.

Os resultados relativos aos tratamentos com nitrogênio suplementados com sais mostraram uma forte evidência de serem superiores aos obtidos sem suplementação de sais no substrato, indicando que existe um provável efeito positivo da adição de sais sobre o brotamento celular. Igualmente, ZAGO (1982) percebeu aumento no brotamento celular quando adicionou no mosto de xarope e melão, sais de nitrogênio e fósforo.

Ao se analisarem os efeitos proporcionados por doses crescentes de fósforo aplicados no solo, e os propiciados pela suplementação com sais no substrato, sobre o brotamento celular, percebe-se que as variações observadas foram explicáveis para os dois casos, por equações do 2º grau, com coeficiente de determinação da ordem de 99% e 42%, respectivamente, para os tratamentos sem suplementação e com suplementação de sais.

Do exposto, foi observado, com respeito aos tratamentos sem suplementação, que o brotamento celular decresceu a partir do tratamento 100 P (212) kg de  $P_2O_5$ /ha à medida que se aumentaram as doses de fósforo aplicadas no solo. Como pode ser visto em ZAGO (1982), nas leveduras Fleischmann e IZ-1904 o teor de células em brotamento, de uma maneira geral, decresceu com o aumento do nível de fósforo.



Os resultados referentes aos tratamentos com fósforo suplementados com sais no substrato mostraram (Figura 18) que houve efeito múltiplo sobre o brotamento celular, com menor efeito no tratamento 200 P (222) kg de  $P_2O_5$ /ha.

Em razão dos resultados obtidos nos tratamentos com fósforo, percebe-se que existe uma influência positiva da adição de sais no substrato sobre o brotamento celular.

A adição de doses crescentes de potássio no solo e a suplementação de sais no substrato, ocasionaram mudanças significativas no brotamento celular, conforme pode ser observado na Figura 18, relativa aos tratamentos com potássio.

As correlações realizadas entre os tratamentos com potássio sem suplementação, e os teores de células em brotamento, evidenciaram ação depressiva do potássio sobre o brotamento celular. Da mesma forma, observa-se com relação à adição de sais no substrato, ou seja, decréscimo no brotamento celular com o aumento das doses de potássio aplicadas no solo. Por outro lado, percebe-se, de forma bastante clara, que os resultados obtidos com suplementação tendem a ser superiores aos conseguidos sem suplementação, indicando que a adição de sais é uma prática vantajosa à população celular em brotamento.

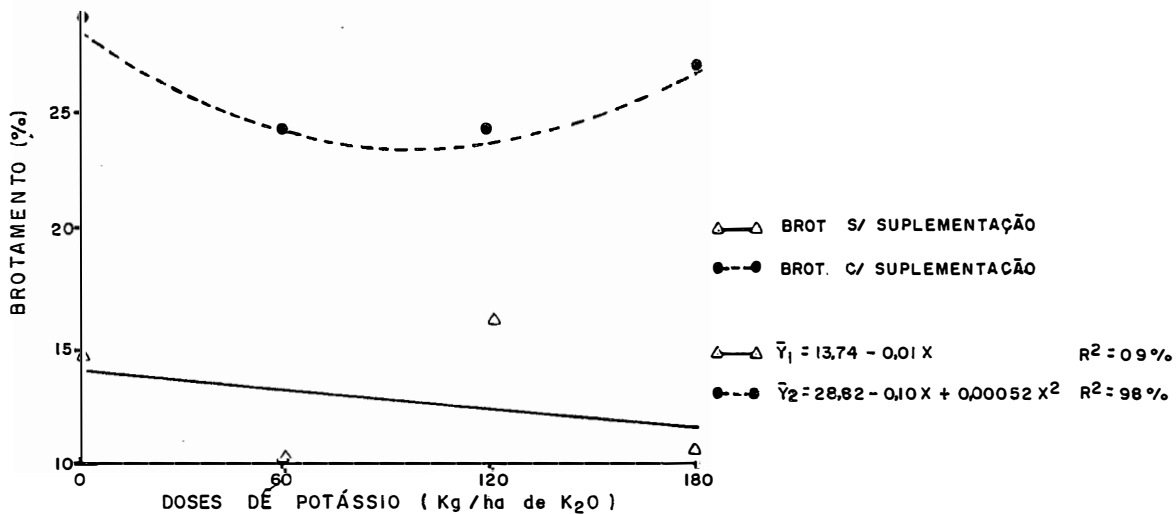
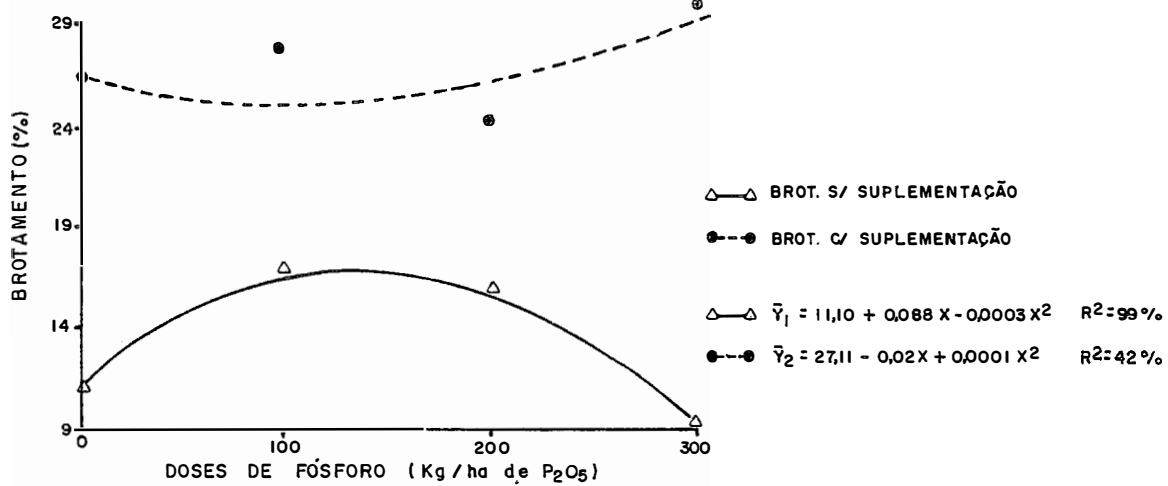
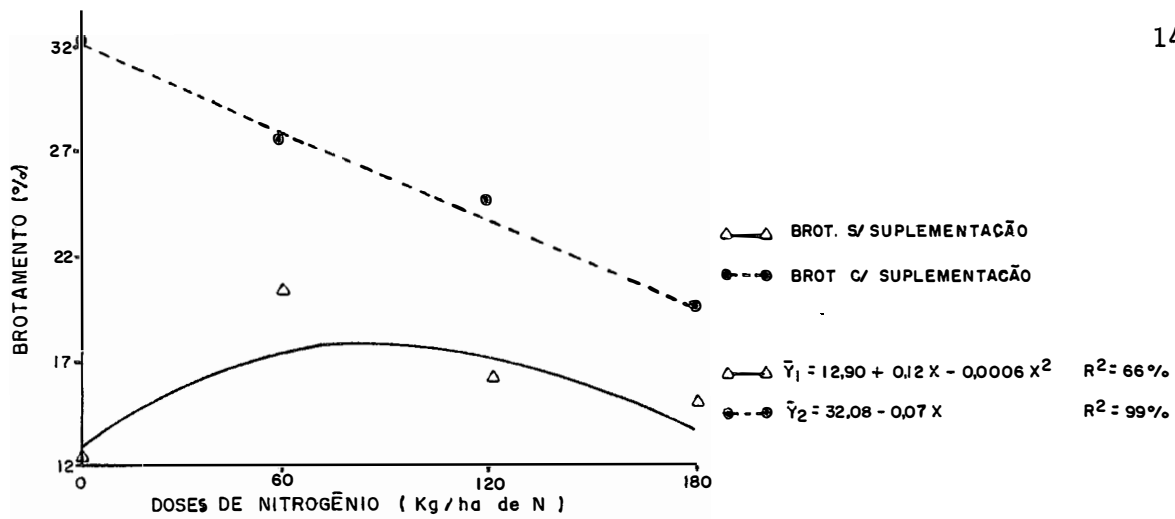


Figura 18 - Brotamento celular (%) em função das doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio, sem suplementação e com suplementação de sais no substrato, na primeira multiplicação.

#### 4.7.2 - Segunda Multiplicação

Ao se analisarem os efeitos ocasionados por doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  aplicados no solo, e os efeitos proporcionados pela adição de sais no substrato sobre o brotamento celular, determinado no segundo dia após 22 horas de multiplicação, evidenciase, através do teste de Tukey a 5%, para comparação entre as médias, que a adubação e a suplementação com sais proporcionaram mudanças significativas no brotamento celular.

Com os dados procedentes da segunda multiplicação, resultantes do brotamento celular, e mediante a utilização da análise de regressão polinomial até o 2º grau, foi obtida a Figura 19, onde se correlacionaram brotamento celular com os tratamentos que receberam doses crescentes dos adubos aplicados no solo, sem suplementação e com suplementação no substrato.

Os resultados que evidenciam as correlações entre os tratamentos com nitrogênio e o brotamento celular, permitiram constatar que 74% e 99% da variação dos dados, respectivamente, para os tratamentos sem suplementação e com suplementação de sais, foram explicáveis por equações de regressão polinomial do 1º grau, ou seja, houve um efeito linear e negativo dos tratamentos com nitrogênio sobre o brotamento celular, fato este também constatado neste trabalho, na primeira multiplicação. Por outro lado, esses resultados divergem dos obtidos por ZAGO (1982), que encontrou maior porcentagem de células em brotamento nas maiores quantidades de nitrogênio utili

zadas. É oportuno notar que este desacordo com a literatura é devido provavelmente à carência no substrato, de nitrogênio metabolizado pela levedura, conforme se constata também na primeira multiplicação.

Pode ser aquilatado nos tratamentos com nitrogênio que os teores de células em brotamento, obtidos nos tratamentos com suplementação de sais, tendem a ser superiores aos obtidos sem suplementação, revelando que o brotamento foi visivelmente influenciado pelos sais utilizados.

Quando se examinam os efeitos proporcionados pelos tratamentos com fósforo sobre o brotamento celular, verifica-se que as equações de regressão polinomial foram as de 1ª e 2ª graus, com reduzidos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), ou seja, 18% e 38%, respectivamente, para os tratamentos sem suplementação e com suplementação de sais. No primeiro caso, os teores de células em brotamento permaneceram constantes nos quatro níveis de fósforo estudados, mostrando que não houve influência das doses crescentes do adubo fosfatado aplicado no solo. Ao se adicionarem sais no substrato, observou-se que houve decréscimo no brotamento celular a partir do tratamento 100 P (212) kg de  $P_2O_5$ /ha. Entretanto, os percentuais de células em brotamento, obtidas com adição de sais no substrato, são nitidamente superiores aos conseguidos sem suplementação, do mesmo modo observado na primeira multiplicação.

Ao se estudarem as correlações existentes entre os tratamentos com potássio e os teores de células em brotamento, constatou-se que as equações de regressão representativas foram as do 2ª

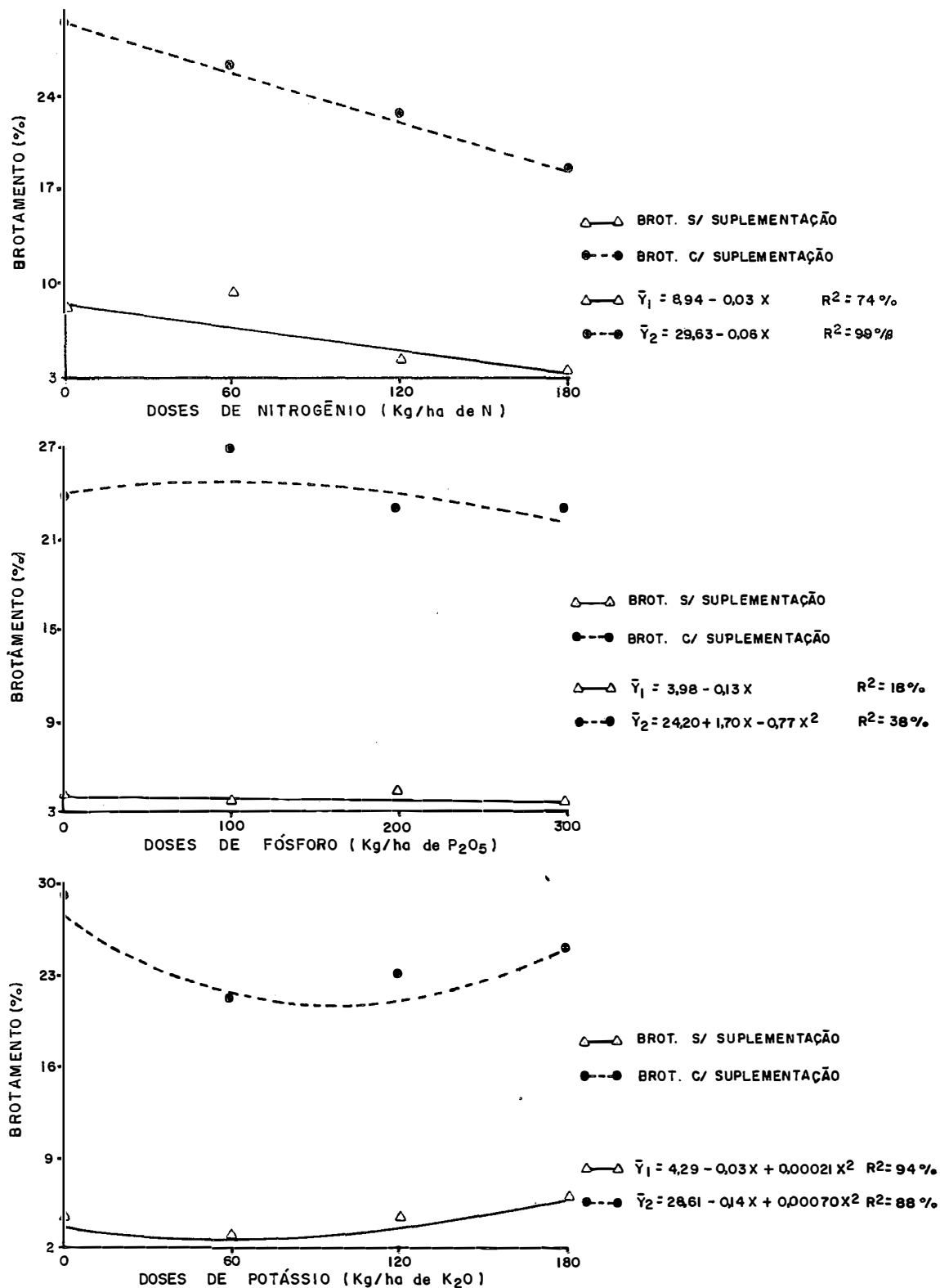


Figura 19 - Brotamento celular (%) em função das doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio, sem suplementação e com suplementação de sais no substrato, na segunda multiplicação.

grau, com elevados coeficientes de determinação, ou seja, 94% e 88%, respectivamente, para os tratamentos sem suplementação e com suplementação de sais no substrato.

Os resultados procedentes da multiplicação sem suplementação evidenciaram aumentos no percentual de células em brotamento a partir do tratamento 60 K (221) kg de  $K_2O$ /ha. Com respeito aos tratamentos com suplementação de sais, foi observado, do mesmo modo anterior, acréscimos no brotamento a partir do tratamento 60 K (221) kg de  $K_2O$ /ha, embora o resultado mais expressivo tenha sido obtido no tratamento que não recebeu adubação potássica.

Em última análise, ressalte-se que os efeitos ocasionados pelos tratamentos com potássio sobre o percentual de células em brotamento foram maiores quando se adicionaram sais no substrato, revelando que os sais estimularam fisiologicamente a levedura quanto ao brotamento celular. Esta ação positiva da suplementação de sais no substrato foi igualmente observada em todos os tratamentos, estando em perfeito acordo com os resultados obtidos neste trabalho, na primeira multiplicação.

#### 4.7.3 - Terceira Multiplicação

O fornecimento de adubos nas formas de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  em doses crescentes no solo, e a suplementação de sais no substrato, ocasionaram mudanças estatisticamente significativas sobre a porcentagem de células em brotamento, conforme se permitiu constatar me-

diante a utilização do teste de Tukey a 5%, mostrado na Tabela 18.

Utilizando-se os dados de brotamento celular referentes à terceira multiplicação, e por meio da análise de regressão polinomial até o 2º grau, foram obtidas as curvas referentes à Figura 20, onde são mostradas, através das correlações, os efeitos de adubação e da suplementação com sais no substrato, sobre os teores de células em brotamento.

Na Figura 20, onde se correlacionaram brotamento celular com doses crescentes de nitrogênio aplicadas no solo, não foram observadas variações significativas nos teores de brotamento em função das doses de adubo. Entretanto, quando se correlacionaram os tratamentos com nitrogênio suplementado com sais no substrato, com o percentual de células em brotamento, foi constatado elevado grau de correlação linear, ou seja, 93% da variação dos dados foram explicáveis por uma equação de regressão do 1º grau. É interessante observar que a correlação existente entre os parâmetros estudados foi altamente negativa, fato este atribuído provavelmente a menor concentração de nitrogênio metabolizável nos tratamentos com maior teor de nitrato.

A análise da correlação existente entre os tratamentos com fósforo e o brotamento celular, permitiram observar reduzidos coeficientes de determinação, onde apenas 32% e 5% da variação dos dados foram explicáveis por equações polinomiais do 2º grau, respectivamente, para os tratamentos sem suplementação e com suplementação de sais.

Ao se examinar o efeito inicial das doses crescentes de fósforo aplicadas no solo sobre o brotamento celular, verificam-se aumentos nos teores de brotamento com as doses crescentes de fósforo até o tratamento 200 P (222) kg de  $P_2O_5$ /ha. Entretanto, o tratamento que recebeu a maior dose do adubo ocasionou significativa redução na porcentagem de células em brotamento. Este efeito depressivo do fósforo sobre o brotamento celular foi igualmente observado neste trabalho na primeira multiplicação, e da mesma forma constatado por ZAGO (1982). Com relação aos tratamentos que receberam suplementação de sais, percebe-se que não houve efeito significativo da adição de sais no substrato sobre a variação dos dados de brotamento. Embora não se tenham comprovações estatísticas dos efeitos dos sais sobre o brotamento celular, os dados evidenciam com bastante clareza que os resultados de brotamento obtidos com suplementação de sais. As observações realizadas no presente trabalho, mostram, neste caso, que o brotamento com suplementação foi, em média, 6,16 vezes superior aos resultados obtidos sem suplementação.

A análise das correlações existentes entre os tratamentos com potássio e as células em brotamento, permitiu determinar que 61% e 56% da variação dos dados foram explicáveis por equações de regressão do 2º grau, respectivamente, para os tratamentos sem suplementação e com suplementação de sais.

Como pode ser visto na Figura 20, relativo aos tratamentos com potássio sem suplementação, o percentual de células em



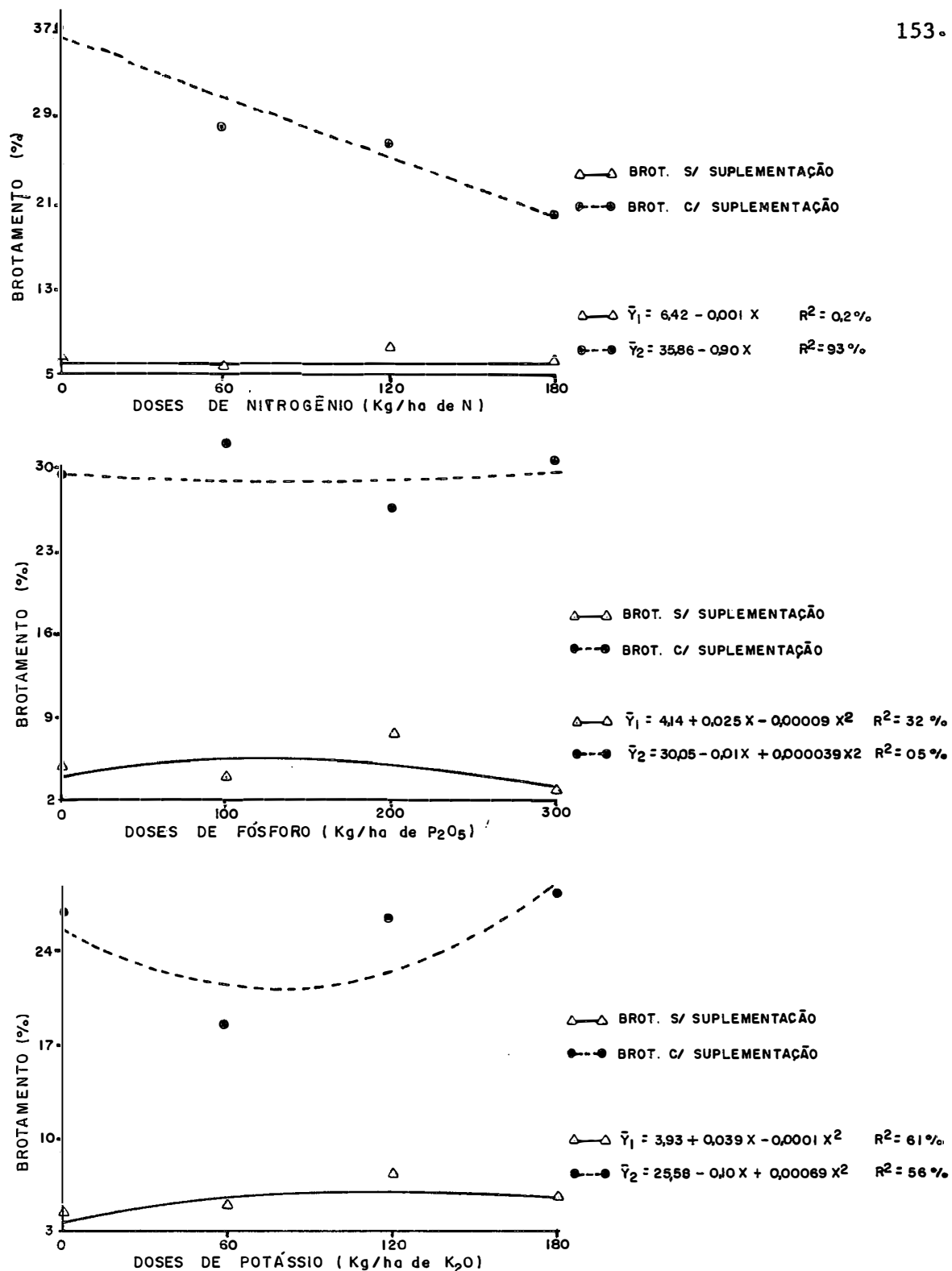


Figura 20 - Brotamento celular (%) em função das doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio, sem suplementação e com suplementação de sais no substrato, na terceira multiplicação.

brotamento aumentou com as doses crescentes de potássio aplicadas no solo, até o tratamento 120 K (222) kg de  $K_2O$ /ha. Com respeito aos dados de brotamento obtidos com suplementação de sais, percebe-se que houve acréscimos no porcentual de células em brotamento a partir do tratamento 60 K (221) kg de  $K_2O$ /ha, da mesma forma observada nas duas multiplicações anteriores.

Tem sido demonstrado por evidências deste trabalho, em bora sem comprovação estatística, que a suplementação com sais no substrato proporcionou os resultados mais representativos de brotamento celular, em todos os tratamentos estudados, e em todas as multiplicações realizadas. Estes resultados são comparáveis aos obtidos por ZAGO (1982), com as leveduras Fleischmann, IZ-1904 e M-300-A, multiplicadas em mosto de melão e xarope suplementados com vários nutrientes (N, P, Mg, Mn e Zn).

#### 4.8 - Correlação Entre Porcentagem de Brotamento e Produção de Masa Celular

As correlações entre produção de massa celular e as células em brotamento acham-se expostas nas Figuras 21 e 22, correspondentes às multiplicações realizadas, respectivamente, sem suplementação e com suplementação de sais. Os resultados obtidos permiti ram constatar que o brotamento celular ocasionou mudanças significativas na massa celular produzida na primeira, segunda e terceira multiplicações, após 22 horas de incubação do fermento.

Em função dos resultados obtidos na primeira multiplicação sem suplementação de sais, constata-se, nos tratamentos com nitrogênio, elevado coeficiente de determinação, ou seja, 94% da variação dos dados de produção da massa celular obtidos em função do brotamento foram explicáveis por uma equação de regressão do 1º grau. Esses resultados indicam certamente que aumentando-se o percentual de células em brotamento ocorre também maior produção de massa celular. Os resultados permitem verificar que a produção de massa celular, após 22 horas de incubação, apresenta um valor mínimo de 546 mg, quando o brotamento está em torno de 12% e um máximo de 652 mg quando o brotamento chega a 20%. A tendência crescente que apresenta a massa celular é explicada pela ação do brotamento que interfere positivamente na multiplicação celular.

A análise de regressão que determinou os efeitos do brotamento sobre a produção de massa celular, revelou, para os tratamentos com fósforo, que 98% da variação dos dados foram explicáveis por uma equação de regressão linear. Observou-se que após 22 horas de incubação a massa celular aumentou paralelamente aos percentuais de brotamento, apresentando um valor mínimo de 531 mg quando o brotamento atingia 9%, e um valor máximo de 660 mg, com brotamento de 17%.

Nos tratamentos com potássio, percebe-se que a equação de regressão significativa foi a do 1º grau, com um coeficiente de determinação da ordem de 91%. Este efeito linear observado após 22 horas de incubação, foi altamente positivo, alcançando a mas

sa celular um valor mínimo de 560 mg, quando o brotamento atingia 10% e um valor máximo de 629 mg, quando o brotamento era de 16%.

Em razão dos resultados obtidos na segunda multiplicação sem suplementação de sais, e mediante a utilização da análise de regressão, verifica-se, nos tratamentos com nitrogênio, que 98% da variação dos dados de produção de massa celular obtidos em função do brotamento foram explicáveis por uma equação linear altamente positiva, ou seja, aumentando-se os teores de células em brotamento, há consequentemente um acréscimo de massa celular produzida. Os resultados encontrados evidenciam que a massa celular atingiu um valor mínimo de 330 mg, quando o brotamento estava em torno de 4%, e um máximo de 492 mg, quando o brotamento chegou a 9%.

Com respeito aos tratamentos com fósforo, foi observado que o brotamento celular apresentou ação positiva sobre a massa celular, constatando-se que 92% da variação dos dados foram explicáveis por uma equação de regressão linear. Em razão do exposto, verifica-se que a massa celular chegou a um mínimo de 224 mg, quando o brotamento era 3%, e 366 mg com brotamento de 4%.

Mediante a utilização da análise de regressão sobre os dados referentes à massa celular e brotamento, obtidos nos tratamentos com potássio, foi observado elevado coeficiente de determinação ( $R^2$ ), em que 90% da variação dos dados foram explicáveis por uma equação de regressão linear. Estas evidências sugerem efeito positivo do brotamento sobre a massa celular, em que 240 mg e 3% corresponde-

ram aos valores mínimos obtidos, ao passo que, 395 mg e 6% foram os máximos conseguidos para massa celular e brotamento, respectivamente.

Ao se analisarem os resultados referente à terceira multiplicação sem suplementação de sais, foi observado nos tratamentos com nitrogênio, que o brotamento celular estimulou a produção de massa celular, constatando-se que 90% da variação dos dados foram explicáveis por uma equação de regressão do 1º grau. Pelo exposto, verificou-se, nos tratamentos com nitrogênio, que a massa celular chegou a um mínimo de 336 mg quando o brotamento alcançou 5%, enquanto que o máximo foi de 364 mg, com brotamento de 7%.

Os dados de massa celular relativos aos tratamentos com fósforo apresentaram correlação positiva com o brotamento celular, traduzida por uma equação de regressão linear com coeficiente de determinação da ordem de 86%. Estas evidências levam à observação de que a massa celular atingiu 216 mg quando o brotamento chegou a 3% e 364 mg quando o brotamento foi de 7%.

A análise dos dados referentes aos tratamentos com potássio permite verificar que a massa celular aumentou paralelamente aos acréscimos observados com relação ao brotamento celular, evidenciando-se que 83% da variação dos dados foram explicáveis por uma equação do 1º grau. Os resultados encontrados mostraram que a massa celular alcançou, nos tratamentos com potássio, o valor mínimo de 294 mg, com o brotamento em torno de 4%, e o valor máximo de 364 mg, com brotamento de 7%.

As correlações entre brotamento celular e produção de massa celular, obtidas nos tratamentos que receberam suplementação de sais no substrato, são visualizadas na Figura 22. Esses resultados referem-se às determinações realizadas na primeira, segunda e terceira multiplicações, após 22 horas de incubação do fermento.

Os efeitos proporcionados pelo brotamento sobre a produção de massa celular, nos tratamentos com nitrogênio suplementados com sais, foram altamente positivos. As correlações permitiram evidenciar que 99% da variação dos dados foram explicadas por uma equação de regressão linear, ou seja, aumentando-se o brotamento verifica-se também aumento na massa celular produzida. Esses dados estão consistentes com aqueles relatados por ZAGO (1982), trabalhando com a levedura *Fleischmann* multiplicada em mosto de xarope suplementado com nitrogênio, após 22 horas de arejamento constante.

Ao se correlacionarem brotamento com massa celular nos tratamentos com fósforo suplementado com sais, verifica-se que houve efeito linear altamente positivo entre os parâmetros estudados, conforme se pode constatar através do coeficiente de determinação ( $R^2 = 92\%$ ). Observações semelhantes foram realizadas por ZAGO (1982), que obteve também uma sequência crescente entre brotamento e massa celular.

As correlações permitiram constatar, nos tratamentos com potássio, que se aumentando a porcentagem de células em brotamento, ocorreram mudanças significativas na massa celular. A equação de

regressão que explicou estas variações foi a do 1º grau, com um coeficiente de determinação da ordem de 93% e efeito linear altamente positivo. Do exposto, considera-se semelhantemente a ZAGO (1982) que a adição de sais no substrato é importante quando se pretende produzir alta quantidade de leveduras.

Ao se estudarem, na segunda multiplicação, as correlações entre brotamento e massa celular, verifica-se que o brotamento influenciou sobre a quantidade de massa celular produzida com suplementação de sais, após 22 horas de incubação.

Em razão das significância encontradas, percebe-se, nos tratamentos com nitrogênio, que 99% da variação dos dados foram explicáveis por uma equação de regressão do 1º grau, constatando-se que o brotamento estimulou positivamente a produção de massa celular, fato este também citado por ZAGO (1982).

Ao se analisar o efeito do brotamento sobre a massa celular, observado nos tratamentos com fósforo suplementado com sais, percebe-se que o brotamento apresentou ação positiva sobre a massa celular, traduzida por uma equação de regressão linear, com coeficiente de determinação da ordem de 86%. Evidência semelhante foi encontrada por ZAGO (1982).

Com respeito aos tratamentos com potássio suplementado com sais, verifica-se que o brotamento impulsionou a produção de massa celular, constatando-se que 93% da variação dos dados foram explicáveis por uma equação de regressão linear, com coeficiente de

determinação altamente positivo. Este efeito do brotamento sobre a massa celular foi concordante com os resultados obtidos por ZAGO (1982).

A análise das correlações existentes entre brotamento e massa celular, obtidas na terceira multiplicação, evidenciaram, para os tratamentos com suplementação, mudanças estatisticamente significativas entre os parâmetros estudados, conforme se constata através da análise de regressão.

Ao se correlacionarem brotamento e massa celular, nos tratamentos com nitrogênio suplementados com sais, verificam-se aumentos na massa celular quando o brotamento é igualmente crescente, conforme pode ser demonstrado através de uma equação de regressão linear, com coeficiente de determinação ( $R^2$ ) em torno de 80%. O efeito positivo do brotamento sobre a massa celular, obtido neste trabalho, foi da mesma forma relatado por ZAGO (1982).

Ao se analisarem as correlações existentes entre brotamento e massa celular, nos tratamentos com fósforo suplementado com sais, foi observado que 98% da variação dos dados obtidos foram explicáveis por uma equação de regressão linear altamente significativa, demonstrativo, de acordo com ZAGO (1982), de uma ação positiva do brotamento sobre a massa celular.

O estudo das correlações entre brotamento e massa celular, nos tratamentos com potássio suplementado com sais, constatou que a equação de regressão representativa foi a do 1º grau, coefi-



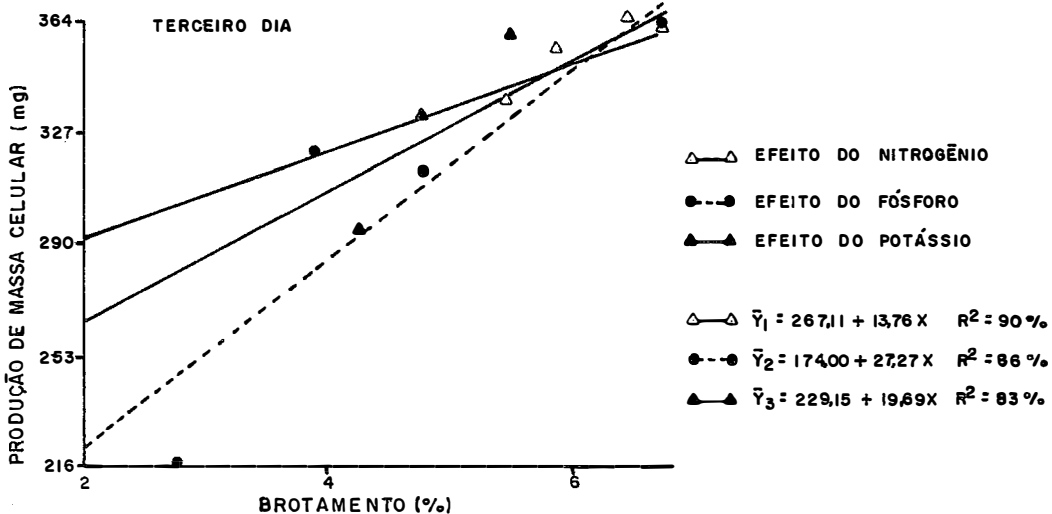
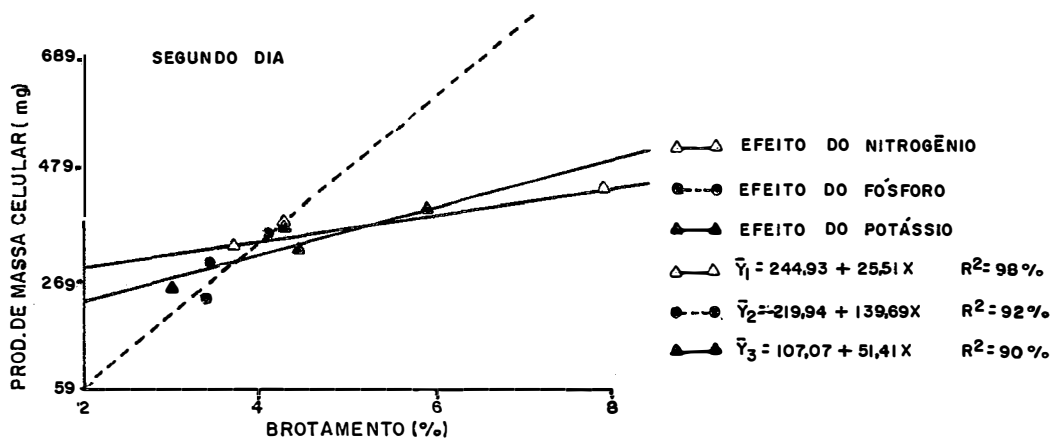
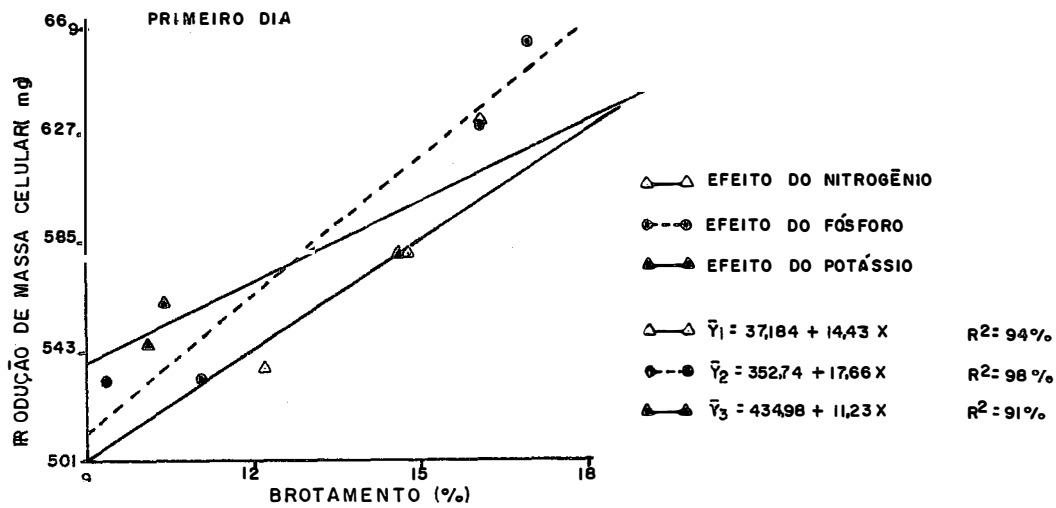


Figura 21 - Correlação entre o brotamento e a produção (mg) de massa celular em função das adubações, sem suplementação de sais no substrato, na primeira, segunda e terceira multiplicações.

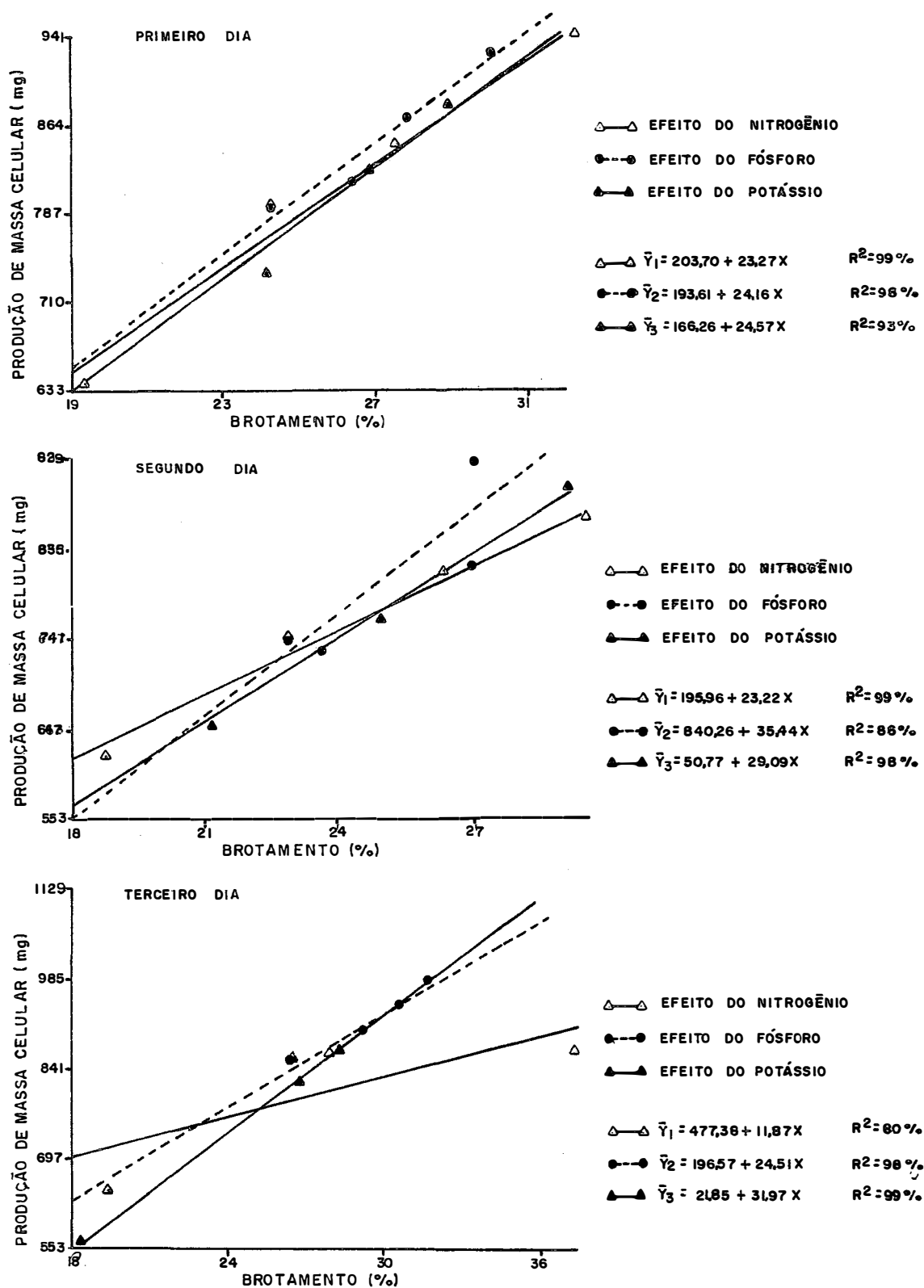


Figura 22 - Correlação entre o brotamento (%) e a produção (mg) de massa celular em função das adubações, com suplementação de sais no substrato, na primeira, segunda e terceira múltiplificações.

ciente de determinação da ordem de 99% e massa celular crescendo linearmente com os acréscimos observados no brotamento celular. Os resultados obtidos no presente trabalho assemelham-se aos conseguidos por ZAGO (1982) com a levedura Fleischmann, em mosto de melação suplementado com vários nutrientes (N, P, Mg, Mn e Zn).

#### 4.9 - Análise Tecnológica do Resíduo da Multiplicação

Os dados referentes aos valores de  $^{\circ}\text{Brix}$  (V/V) e AR (%) do resíduo da multiplicação, obtidos em função das adubações e da suplementação com sais no substrato, encontram-se nas Tabelas 19 e 20 (Apêndice). Esses resultados dizem respeito às análises tecnológicas realizadas na primeira, segunda e terceira multiplicações, após 22 horas de incubação do fermento, realizada sob arejamento constante. Mediante a utilização do teste de Tukey a 5%, permitiu-se constatar que os tratamentos que receberam doses crescentes de N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$ , sem suplementação e com suplementação de sais, ocasionaram mudanças significativas nos valores de  $^{\circ}\text{Brix}$  e AR do resíduo da multiplicação.

Com os dados originais, dos quais resultaram as Tabelas 19 e 20, e mediante a utilização da análise de regressão polinomial até o 2<sup>o</sup> grau, foram obtidas as Figuras 23, 24 e 25, referentes ao  $^{\circ}\text{Brix}$ , e as Figuras 26, 27 e 28, alusivas aos açúcares redutores (AR).

## 4.9.1 - Brix

Na Figura 23 se correlacionaram os dados da primeira multiplicação, referentes aos tratamentos que receberam doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  aplicados no solo, sem suplementação e com suplementação de sais no substrato, com os valores do  $^{\circ}Brix$  residual obtidos após 22 horas de multiplicação.

Ao se estudar a correlação existente entre os valores do  $^{\circ}Brix$  com as doses crescentes de nitrogênio aplicadas no solo, evidenciou-se que a equação de regressão significativa foi a do 1º grau, com coeficiente de determinação altamente significativo ( $R^2 = 95\%$ ). Os resultados mostram que o  $^{\circ}Brix$  decresceu linearmente com as doses crescentes de nitrogênio.

Como se pode observar ainda na Figura 23, com respeito aos tratamentos com nitrogênio que receberam suplementação com sais, a equação de regressão significativa foi a de 2º grau, com elevado coeficiente de determinação ( $R^2 = 99\%$ ). Esses resultados evidenciam que houve decréscimos no valor do  $^{\circ}Brix$ , nos tratamentos que receberam as maiores doses do adubo nitrogenado aplicadas no solo e que foram suplementados com sais no substrato.

Saliente-se que os resultados relativos aos tratamentos com nitrogênio suplementados com sais, mostraram uma forte tendência de serem inferiores aos obtidos sem suplementação de sais. As correlações entre os tratamentos permitiram visualizar que a adição de sais proporcionou, de forma bastante acentuada, redução

do  $^{\circ}$ Brix residual, provavelmente devida a maior utilização de açúcares e nutrientes pela levedura. Esses dados estão consistentes com aqueles relatados por ZAGO (1982), que obteve teores decrescentes de ART no resíduo, na multiplicação da levedura Fleischmann, em mosto de xarope suplementado com doses crescentes de nitrogênio e fósforo.

Ao se analisarem os valores do  $^{\circ}$ Brix nos tratamentos que receberam doses crescentes de fósforo no solo, percebe-se que as variações observadas foram explicáveis por uma equação de regressão do 1<sup>o</sup> grau, com coeficiente de determinação da ordem de 67%. Do exposto foi observado que o  $^{\circ}$ Brix decresceu linearmente com o aumento das doses de fósforo.

Os resultados referentes aos tratamentos com fósforo suplementados com sais no substrato mostraram (Figura 23) que 99% dos resultados obtidos foram explicáveis por uma equação de regressão do 2<sup>o</sup> grau. Em razão dos resultados obtidos, constatou-se decréscimo no  $^{\circ}$ Brix até o tratamento 200 P (222) kg de  $P_2O_5$ /ha.

As evidências conseguidas nos tratamentos com fósforo sem suplementação e com suplementação de sais, são consistentes para mostrar que o  $^{\circ}$ Brix obtido com suplementação atingiu menores valores que os alcançados sem suplementação. O exposto reflete que a adição de sais proporcionou aumento na atividade da levedura, capaz de reduzir o  $^{\circ}$ Brix residual. Este efeito contraposto dos sais sobre os sólidos solúveis, foi observado por ZAGO (1982) com respeito aos teores de ART residual, obtido da multiplicação de leveduras em mosto de xarope.

Ao se examinarem os valores do  $^{\circ}\text{Brix}$  nos tratamentos com potássio sem suplementação de sais, a equação de regressão polinomial significativa foi a do 1º grau, apresentando coeficiente de determinação da ordem de 82%. Os resultados encontrados evidenciam valores crescentes do  $^{\circ}\text{Brix}$  acompanhando as doses de potássio aplicadas no solo.

As correlações realizadas entre os tratamentos com potássio suplementados com sais e os valores do  $^{\circ}\text{Brix}$  residual mostraram que 98% da variação dos dados foram explicáveis por uma equação de regressão do 2º grau, apresentando, portanto, elevado grau de correlação múltipla. Esses resultados levam à observação de que a partir do tratamento 60 K (221) kg de  $\text{K}_2\text{O}/\text{ha}$ , os valores de  $^{\circ}\text{Brix}$  cresceram com o aumento das doses de potássio aplicadas no solo.

Na Figura 23, onde se correlacionaram os valores do  $^{\circ}\text{Brix}$  com os tratamentos com potássio, sem suplementação e com suplementação de sais, verifica-se, de forma precisa, que a adição de sais reduziu os valores do  $^{\circ}\text{Brix}$  residual, da mesma forma observada nos tratamentos que receberam doses crescentes de N e  $\text{P}_2\text{O}_5$ , e que foram suplementados com sais no substrato. Provavelmente isto ocorre porque a adição de sais aumenta de forma marcante a atividade microbiana, dando a oportunidade de absorver maior quantidade de sólidos solúveis do substrato, conforme se pode constatar através da análise do  $^{\circ}\text{Brix}$  residual.

A Figura 24, obtida através da correlação entre os valores do  $^{\circ}\text{Brix}$  e doses crescentes de N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$  aplicadas no so

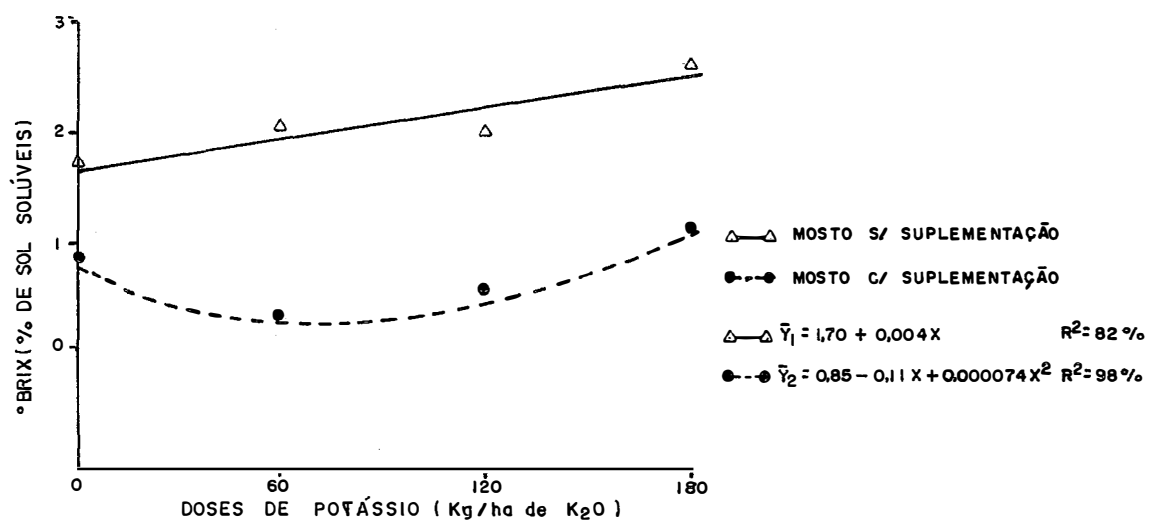
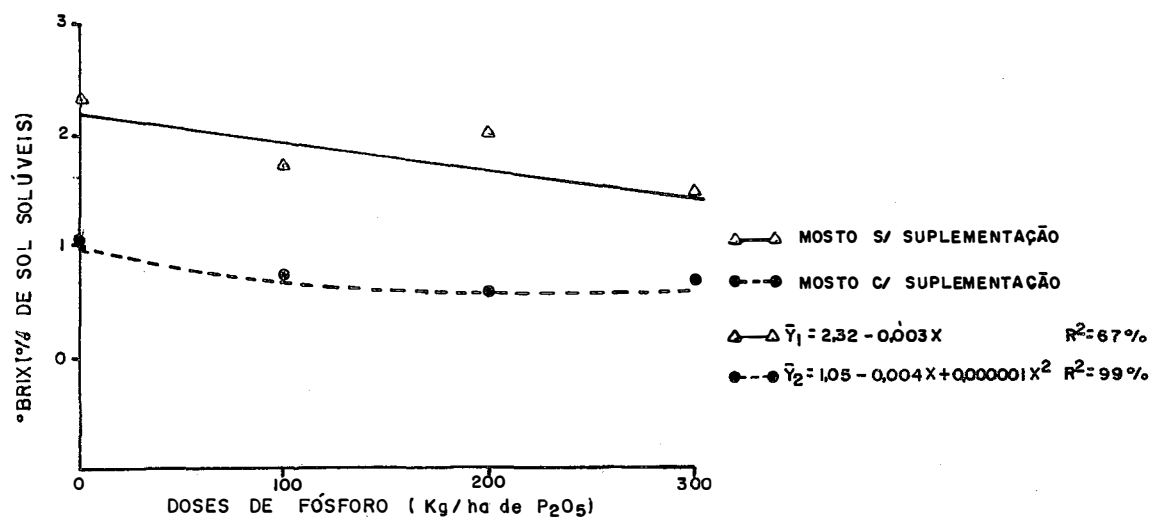
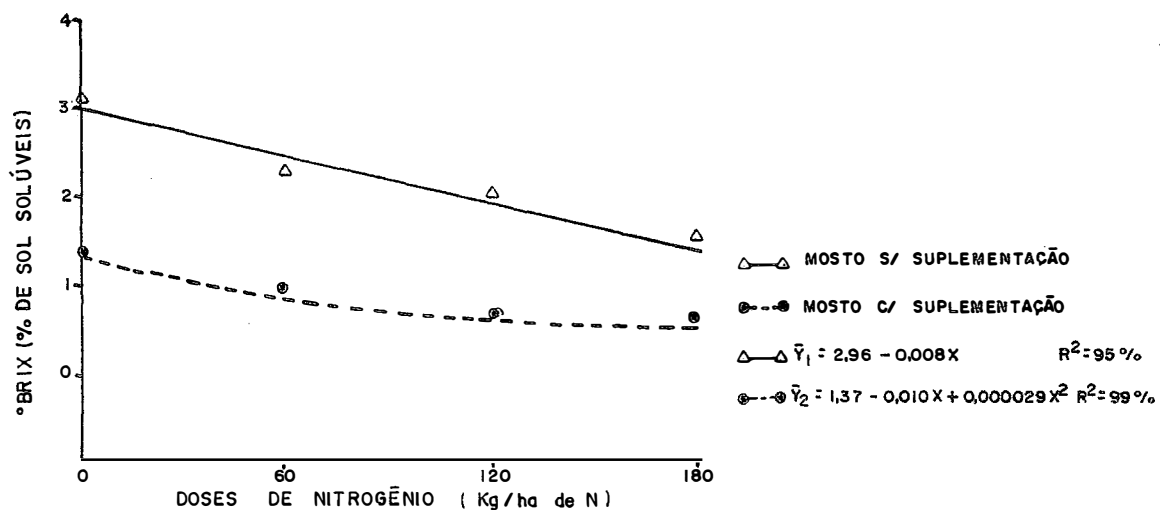


Figura 23 - <sup>o</sup>Brix (V/V) do resíduo da primeira multiplicação, em função das adubações, sem suplementação e com suplementação de sais no substrato.

lo, sem suplementação e com suplementação de sais no substrato, permitiu constatar, para a segunda multiplicação, que o  $^{\circ}$ Brix apresentou variações, que foram explicáveis por equações polinomiais até o 2 $^{\circ}$  grau.

A análise da correlação que determinou o efeito da adição de doses crescentes de nitrogênio no solo sobre o  $^{\circ}$ Brix residual permitiu constatar, através da regressão polinomial do 2 $^{\circ}$  grau, a ocorrência de mudanças no valor do  $^{\circ}$ Brix em função da adubação, com coeficiente de determinação da ordem de 66%. Os resultados evidenciaram que o valor mais elevado do  $^{\circ}$ Brix coincidiu com o tratamento que não recebeu adubação nitrogenada, e o menor valor com o tratamento que recebeu a maior dose do adubo.

Ao se estudar a correlação existente entre os tratamentos com nitrogênio suplementados com sais e o valor do  $^{\circ}$ Brix residual foi observado que 99% da variação dos dados obtidos foram explicáveis por uma equação de regressão do 2 $^{\circ}$  grau. Desses resultados se infere que houve decréscimo no valor do  $^{\circ}$ Brix até o tratamento 120 N (222) kg de N/ha, com suplementação, da mesma forma conseguida na primeira multiplicação.

Estas evidências conduzem à análise de que nos tratamentos com nitrogênio o  $^{\circ}$ Brix decresceu de forma bastante pronunciada, naqueles suplementados com sais, revelando que a adição de sais estimulou a atividade da levedura, reduzindo desta forma, o teor de sólidos solúveis do substrato, fato este também observado neste trabalho, na primeira multiplicação.



Quando se examinam os efeitos proporcionados pelos tratamentos com fósforo sobre o valor do  $^{\circ}\text{Brix}$ , verifica-se que as equações de regressão polinomial foram as do 2<sup>o</sup> grau com elevados coeficientes de determinação, ou seja, 99%, igualmente para os tratamentos sem suplementação e com suplementação de sais. No primeiro caso observa-se que o  $^{\circ}\text{Brix}$  permaneceu crescendo até o tratamento 200 P (222) kg de  $\text{P}_2\text{O}_5/\text{ha}$ , decrescendo em seguida até o tratamento 300 P (232) kg de  $\text{P}_2\text{O}_5/\text{ha}$ . Nos tratamentos com suplementação de sais, verificou-se decréscimo no  $^{\circ}\text{Brix}$  até o tratamento 200 P (222) kg de  $\text{P}_2\text{O}_5/\text{ha}$ , da mesma forma evidenciada na primeira multiplicação.

Ressalte-se que os efeitos ocasionados pelos tratamentos com fósforo foram mais acentuados quando se adicionaram sais no substrato, fato este constatado pela redução no valor do  $^{\circ}\text{Brix}$  e igualmente verificado no presente trabalho, na primeira multiplicação.

Ao se correlacionarem doses crescentes de potássio aplicadas no solo com os valores do  $^{\circ}\text{Brix}$  residual, a equação de regressão polinomial significativa foi a do 2<sup>o</sup> grau, com coeficiente de determinação da ordem de 89%. Do exposto foi observado que o menor valor do  $^{\circ}\text{Brix}$  coincidiu com o tratamento que não recebeu adubação potássica, apresentando-se os valores nos demais tratamentos com pequenas variações, embora superiores aos obtidos no tratamento 0 K (220) kg de  $\text{K}_2\text{O}/\text{ha}$ .

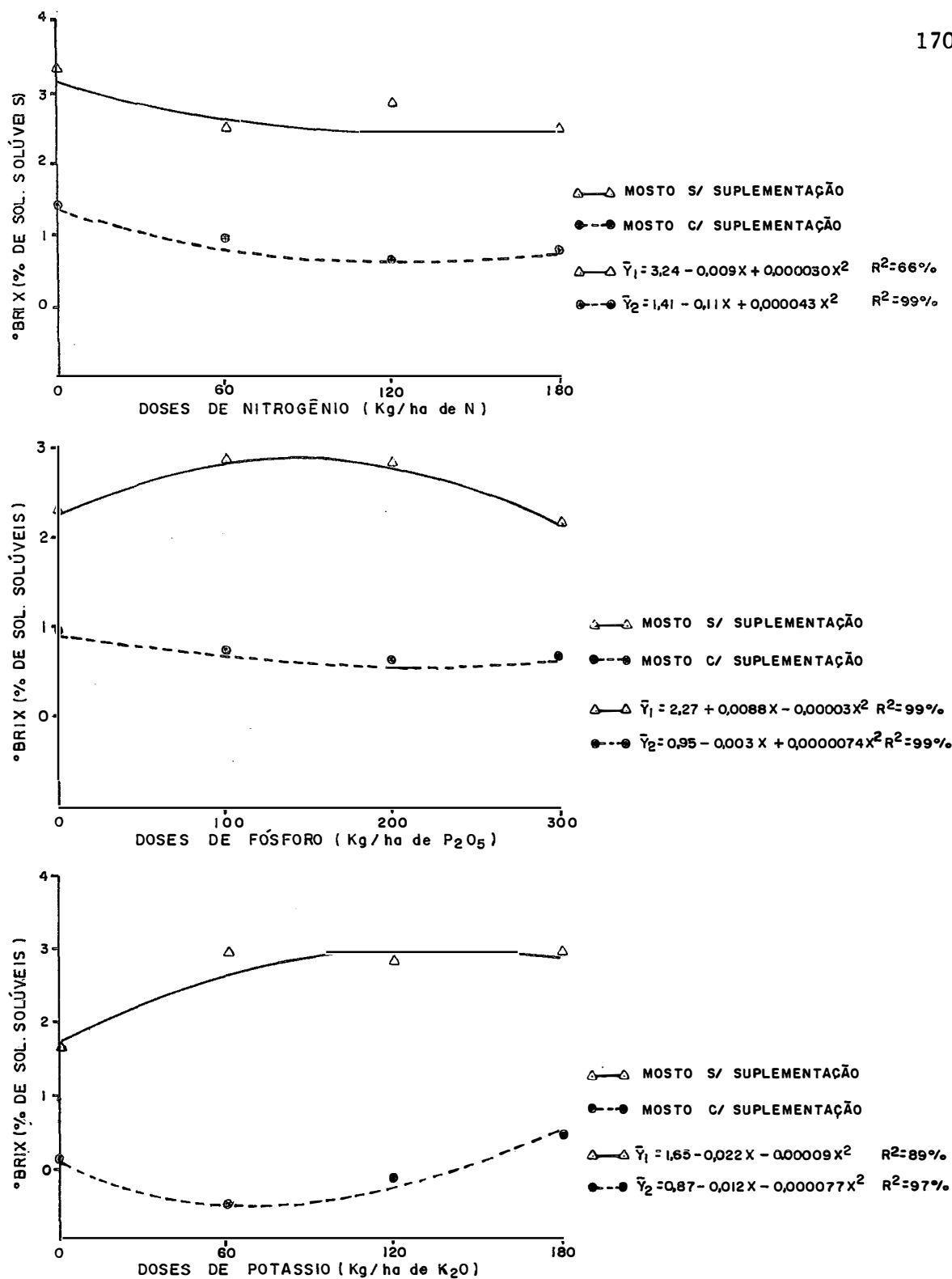


Figura 24 -  $^{\circ}$ Brix (V/V) do resíduo da segunda multiplicação, em função das adubações, sem suplementação e com suplementação de sais no substrato.

A análise dos dados referentes ao  $^{\circ}$ Brix nos tratamentos com potássio suplementados com sais, permitiu constatar que a equação de regressão polinomial significativa foi a do 2º grau, com coeficiente de correlação múltipla ( $R^2 = 97\%$ ). Estas evidências conduzem à análise de que a partir do tratamento 60 K (221) kg de  $K_2O/ha$ , verificam-se acréscimos no  $^{\circ}$ Brix com o aumento das doses de adubo aplicado no solo e suplementado com sais no substrato.

Mais uma vez, do exposto se constata diferença bastante acentuada entre os tratamentos sem suplementação e com suplementação, no que tange a respostas frente à adubação potássica, onde os valores do  $^{\circ}$ Brix são menores nos tratamentos com suplementação de sais, assemelhando-se aos resultados obtidos no presente trabalho, na primeira multiplicação.

Analisando-se os dados do  $^{\circ}$ Brix no resíduo da terceira multiplicação, verifica-se, por meio da Figura 25, que as variações ocorridas foram explicáveis por equações de regressão polinomial do 2º grau, da mesma forma, para os tratamentos sem suplementação e com suplementação de sais no substrato.

Quando se correlacionaram os valores do  $^{\circ}$ Brix com doses crescentes de nitrogênio aplicadas no solo, foi constatada correlação múltipla, com coeficiente de determinação da ordem de 85%. Através desses resultados verifica-se que o maior valor do  $^{\circ}$ Brix foi observado no tratamento 0 N (022) kg de N/ha, que não recebeu aduba-

ção nitrogenada, com os demais tratamentos com valores inferiores ao primeiro. Os dados mostram, em conjunto, que houve uma tendência acentuada dos valores do  $^{\circ}$ Brix residual obtidos da terceira multiplicação serem superiores aos valores das multiplicações anteriores. As explicações para este fato podem ser assim delineadas: constatou-se no presente trabalho que a produção de massa celular da terceira multiplicação foi obtida com leveduras já utilizadas nas multiplicações anteriores, proporcionando menor peso da matéria seca. Com efeito, isto trouxe como resultado menor utilização dos açúcares e sais do substrato e, conseqüentemente, maior valor do  $^{\circ}$ Brix residual.

Examinando-se a correlação existente entre os tratamentos com nitrogênio suplementados com sais e os valores do  $^{\circ}$ Brix, percebe-se que houve decréscimos no  $^{\circ}$ Brix até o tratamento 120 N (222) kg de N/ha, à semelhança dos resultados obtidos nas duas multiplicações anteriores. Parece evidente, para os tratamentos com nitrogênio suplementados com sais que, se a produção de massa celular mantém-se superior aos tratamentos sem suplementação e com pequenas variações no decorrer das três multiplicações, o valor do  $^{\circ}$ Brix, por seu turno, se mantém inferior nos tratamentos com suplementação, e igualmente com inexpressivas variações durante as multiplicações.

Ao se estudarem os efeitos dos tratamentos com fósforo sem suplementação e com suplementação de sais sobre os valores do  $^{\circ}$ Brix residual, evidenciam-se coeficientes de determinação da ordem de 98%, para os dois parâmetros, em que as variações observadas fo-

ram explicáveis por equações polinômiais do 2º grau. Do exposto foi observado, para os tratamentos sem suplementação, que o  $^{\circ}\text{Brix}$  decresceu até o tratamento 300 P (232) kg de  $\text{P}_2\text{O}_5$ /ha. As constatações referentes ao fósforo foram verificadas, examinando-se a Figura 25. Da mesma forma observada para os tratamentos com nitrogênio, evidencia-se, nos tratamentos com fósforo, uma tendência para que os valores do  $^{\circ}\text{Brix}$  na terceira multiplicação sejam superiores aos das multiplicações anteriores. Por sua vez, os tratamentos com fósforo, suplementados com sais, apresentaram valores do  $^{\circ}\text{Brix}$  decrescentes com o aumento das doses de fósforo aplicadas no solo. O efeito da adição de sais sobre o  $^{\circ}\text{Brix}$  residual foi do mesmo modo observado com relação aos tratamentos com nitrogênio suplementados com sais, e igualmente evidenciado nos tratamentos com fósforo, nas duas multiplicações anteriores.

Os tratamentos com potássio sem suplementação e com suplementação de sais no substrato permitiram constatar, mediante a utilização da análise de regressão do 2º grau, mudanças significativas nos valores do  $^{\circ}\text{Brix}$  residual da multiplicação.

Em razão do exposto, verifica-se, para os tratamentos sem suplementação de sais, coeficiente de determinação da ordem de 89%. Os resultados conseguidos nesses tratamentos levam à observação de que, a partir do tratamento 60 K (221) kg de  $\text{K}_2\text{O}$ /ha, o  $^{\circ}\text{Brix}$  aumentou com as doses crescentes de potássio aplicadas no solo. Mais uma vez se constata, nos tratamentos sem suplementação, que os valores do  $^{\circ}\text{Brix}$  residual da terceira multiplicação foram superiores

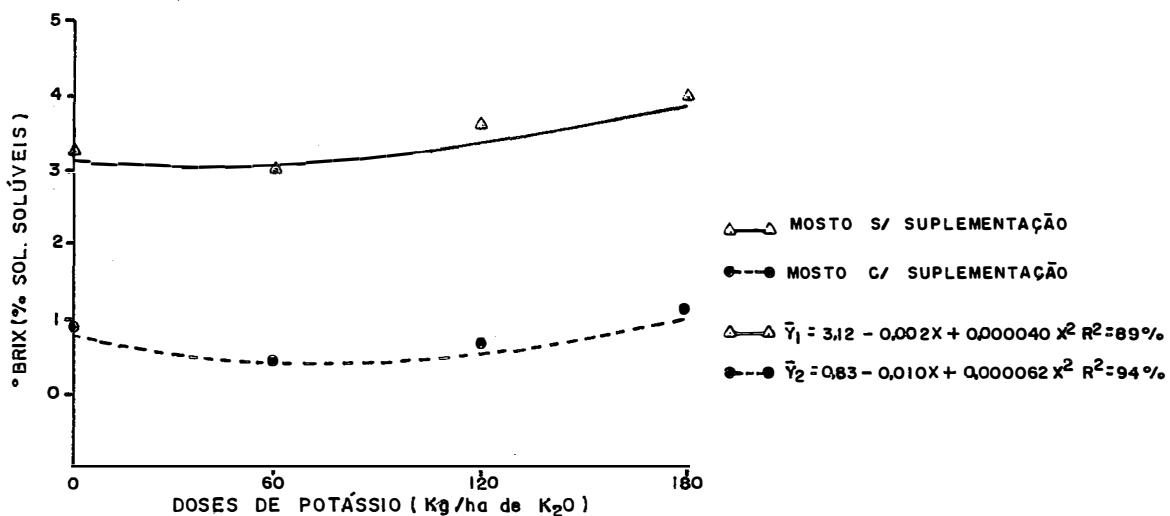
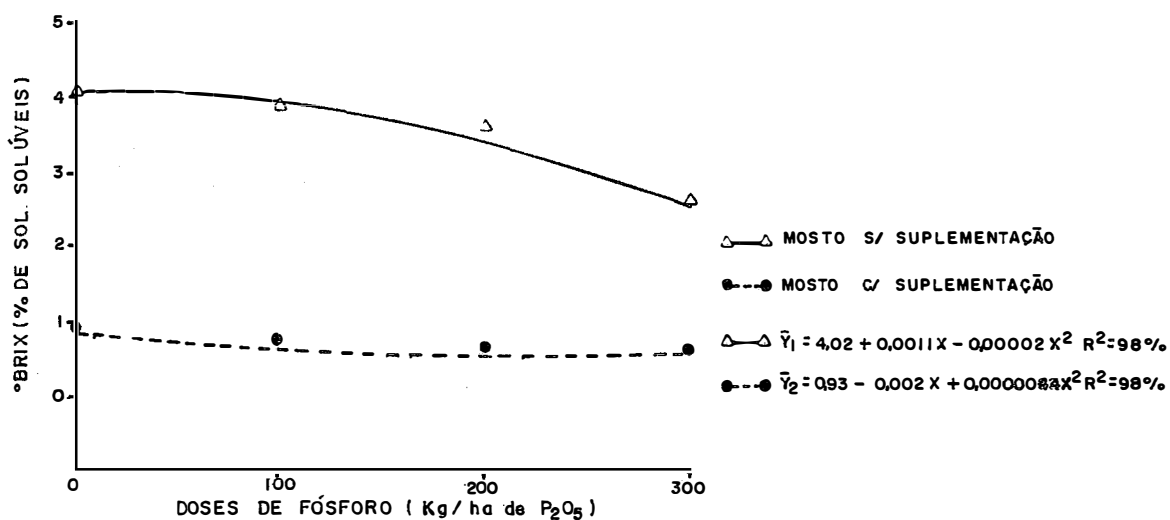
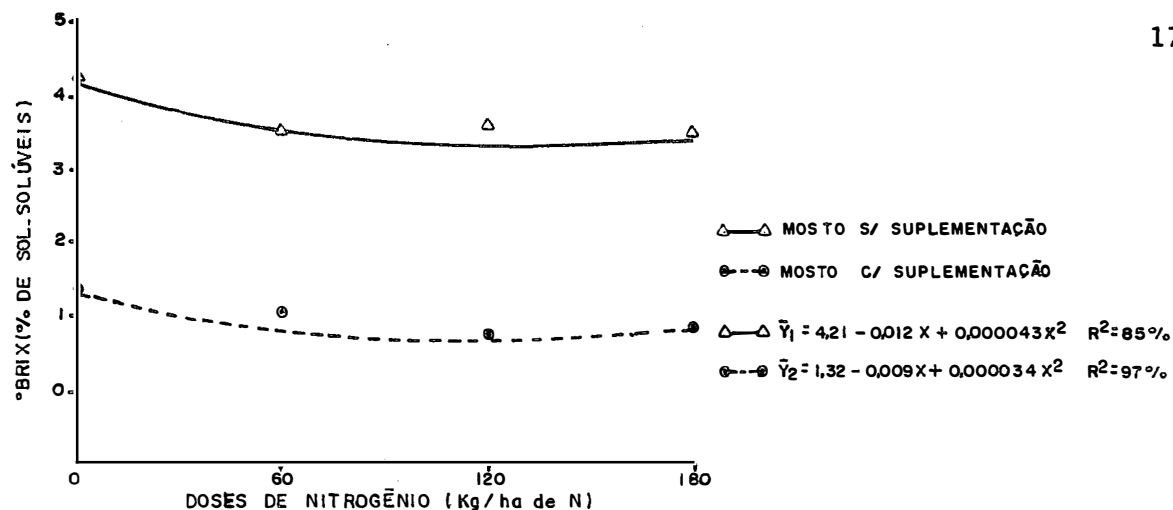


Figura 25 - °Brix (V/V) do resíduo da terceira multiplicação, em função das adubações, sem suplementação e com suplementação de sais no substrato.

res aos valores obtidos nas multiplicações anteriores, fato este provavelmente explicável pelas reduções sucessivas nas quantidades de massa celular produzidas até a terceira multiplicação. Entretanto, os resultados obtidos, em relação aos tratamentos com potássio suplementado com sais, foram exatamente o oposto. Neste caso, o observado reflete provavelmente que o aumento da atividade celular, propiciado pela adição de sais, reduziu o  $^{\circ}$ Brix residual, da mesma forma observado nas multiplicações anteriores.

#### 4.9.2 - Açúcares redutores (AR)

A observação dos dados constantes da Figura 26, referentes aos teores de AR residual obtido da primeira multiplicação, revelou, para os tratamentos que receberam doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$ , sem suplementação e com suplementação de sais, variações significativas que foram explicadas por equações de regressão polinomial até o 2 $^{\circ}$  grau.

O efeito das doses crescentes do adubo sobre o teor de AR residual revelou, para os tratamentos com nitrogênio sem suplementação de sais, que 81% da variação dos dados foram explicáveis por uma equação de regressão do 2 $^{\circ}$  grau, com o maior teor de AR no tratamento que não recebeu adubação nitrogenada. Os resultados obtidos neste trabalho evidenciaram também decréscimos nos valores do  $^{\circ}$ Brix, nos tratamentos que receberam as maiores doses do adubo nitrogenado no solo, comparando estes resultados com o tratamento 0 N

(022) kg de N/ha.

Com relação aos tratamentos com nitrogênio que receberam suplementação com sais, observou-se que a equação de regressão significativa foi a do 2º grau, com elevado coeficiente de determinação ( $R^2 = 98\%$ ). Do conhecimento deste fato, saliente-se que os teores de AR decresceram com o aumento das doses de nitrogênio aplicadas no solo, nos tratamentos que receberam suplementação de sais. Estes dados são observados com mais clareza na Tabela 20.

Os resultados mostram, de maneira pronunciada, que os teores de AR do vinho, obtidos dos tratamentos com suplementação de sais, tendem a ser inferiores aos conseguidos sem suplementação, o que está concordante com os resultados obtidos neste trabalho com respeito aos valores do °Brix e com as afirmações de ZAGO (1982), com relação aos resultados de ART residual obtido do mosto de xarope.

A observação dos dados constantes na Figura 26, referentes aos teores de AR nos tratamentos com fósforo sem suplementação de sais, permitiram constatar que 99% da variação dos dados foram explicáveis por uma equação de regressão do 2º grau, com teores decrescentes de AR nos tratamentos que receberam as maiores doses do adubo aplicado no solo.

Ao se analisarem os efeitos ocasionados por doses crescentes de fósforo com suplementação de sais, foi constatado correlação múltipla entre os parâmetros estudados, com coeficiente de determinação da ordem de 49%. Em razão dos resultados obtidos, ob-



servou-se decréscimo no AR com o aumento das doses de fósforo aplicadas no solo e suplementadas com sais no substrato, mostrando-se concordante com os resultados obtidos no presente trabalho com relação aos valores do  $^{\circ}$ Brix residual determinados na multiplicação.

Analisando-se, em conjunto, os resultados obtidos sem suplementação e com suplementação de sais, constata-se, de forma bastante evidente, que os resultados alcançados com suplementação são inferiores aos conseguidos sem suplementação. Esses resultados são concordantes com os encontrados no presente trabalho com relação aos tratamentos com nitrogênio, e com os dados obtidos por ZAGO (1982).

Ao se estudarem os teores de AR residual nos tratamentos com potássio sem suplementação de sais, observou-se que a equação de regressão polinomial significativa foi a do 2<sup>o</sup> grau, com coeficiente de determinação da ordem de 48%. Estas evidências conduzem à análise de que os teores de AR aumentaram com as doses crescentes do adubo aplicado no solo, com exceção do tratamento 120 K (222) kg de  $K_2O$ /ha, que coincidiu com o menor teor de AR.

A análise do efeito dos tratamentos com potássio suplementado com sais sobre o teor de AR residual, permitiu determinar que a equação de regressão que explicou as variações dos dados foi a do 2<sup>o</sup> grau, com coeficiente de determinação ( $R^2$ ) da ordem de 43%. Nesses tratamentos foi observado que os resultados obtidos estão muito próximos, com exceção do tratamento 60 K (221) kg de  $K_2O$ /ha, que deteve o maior teor de AR. Por outro lado, percebe-se uma

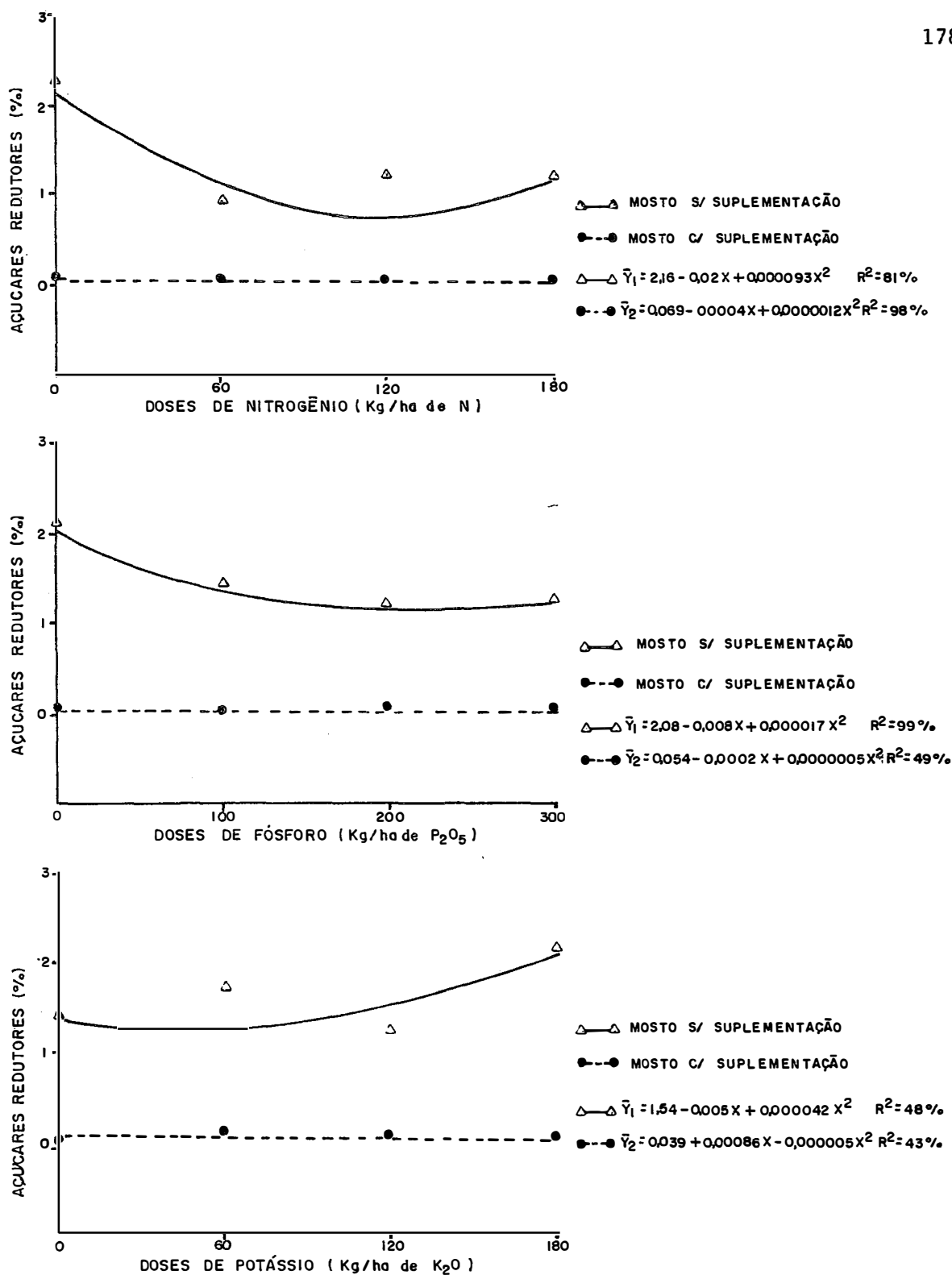


Figura 26 - Teores (%) de açúcares redutores (AR) do resíduo da primeira multiplicação, em função das adubações, sem suplementação e com suplementação de sais no substrato.

forte evidência dos resultados com suplementação serem inferiores aos obtidos sem suplementação, fato este também observado com os valores do  $^{\circ}$ Brix conseguidos neste trabalho, e com os teores de AR alcançados nos tratamentos com nitrogênio e fósforo, suplementados com sais no substrato.

Com os dados de AR residual da segunda multiplicação, correspondentes aos tratamentos que receberam doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$ , sem suplementação e com suplementação de sais no substrato, e mediante a utilização da análise de regressão até o 2 $^{\circ}$  grau, foram obtidas as curvas referentes à Figura 27.

Ao se correlacionarem as doses de nitrogênio aplicadas no solo com os teores de AR residual, foi constatado que 20% e 97% da variação dos dados, respectivamente, para os tratamentos sem suplementação e com suplementação de sais, foram explicáveis por equações de regressão do 2 $^{\circ}$  grau, ou seja, houve um efeito múltiplo entre os tratamentos com nitrogênio e o AR residual, fato este também constatado na primeira multiplicação.

Examinando-se os teores de AR obtidos nos tratamentos com nitrogênio sem suplementação e com suplementação de sais, observa-se de forma bastante clara que os resultados conseguidos com suplementação de sais tendem a ser inferiores aos alcançados sem suplementação, da mesma forma observado no presente trabalho com relação aos teores de AR residual da primeira multiplicação, e igualmente verificado por ZAGO (1982), com relação ao ART residual.

Ao se estudarem as relações existentes entre os tratamentos com fósforo e os teores de AR residual, constatou-se que as equações de regressão representativas foram as do 2º grau, com coeficientes de determinação da ordem de 88% e 96%, respectivamente, para os tratamentos sem suplementação e com suplementação de sais. Do exposto foi observado que as leveduras inoculadas nos tratamentos que receberam suplementação de sais no substrato mostraram-se mais eficientes na utilização dos açúcares, conforme pode ser constatado através dos menores teores do AR residual. Observações semelhantes foram realizadas no presente trabalho, na primeira multiplicação.

A adição de doses crescentes de potássio no solo ocasionou mudanças significativas nos teores de AR residual, explicáveis por equações de regressão polinomial do 2º grau, com coeficientes de determinação da ordem de 97% e 42%, respectivamente, para os tratamentos sem suplementação e com suplementação de sais no substrato. Em razão da significância encontrada nos tratamentos sem suplementação, verificam-se aumentos nos teores do AR paralelamente às doses crescentes de potássio até o tratamento 120 K (222) kg de  $K_2O$ /ha, embora todos os tratamentos apresentem teores de AR superiores ao tratamento que não recebeu adubação potássica. Por seu turno, os tratamentos que receberam suplementação de sais mostraram menores teores de AR residual, provavelmente devido a capacidade da levedura em utilizar maior quantidade de açúcares do substrato. Evidências semelhantes foram conseguidas no presente trabalho, por ocasião da primeira multiplicação.

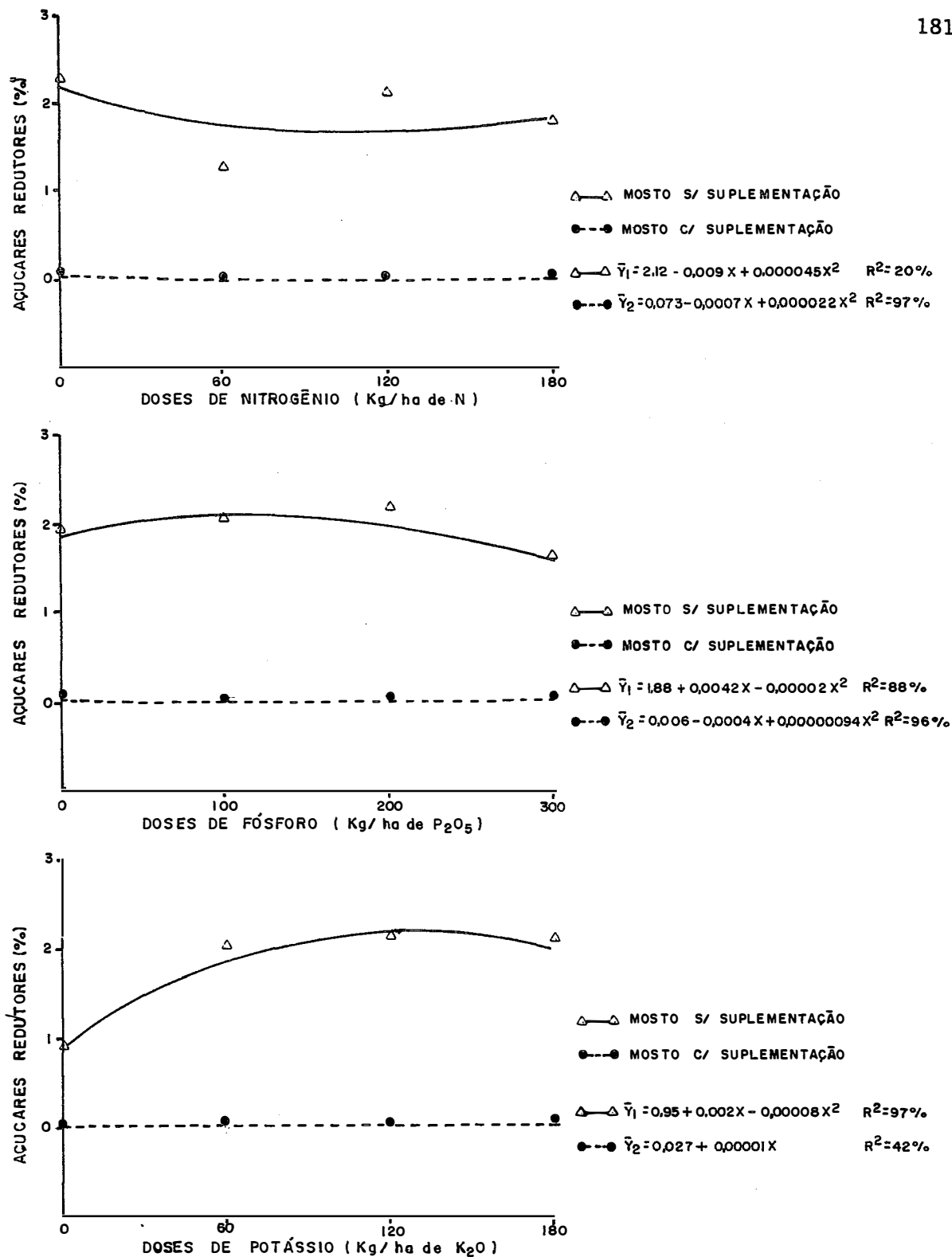


Figura 27 - Teores (%) de açúcares redutores (AR) do resíduo da segunda multiplicação, em função das adubações, sem suplementação e com suplementação de sais no substrato.

O fornecimento de doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  no solo, sem suplementação e com suplementação de sais no substrato, proporcionou, na terceira multiplicação, mudanças significativas nos teores de AR residual. Em razão das significâncias encontradas, e mediante a utilização da análise de regressão polinomial até o 2º grau, foram obtidas as curvas da Figura 28.

Ao se correlacionarem os tratamentos com nitrogênio, com os teores de AR residual, verifica-se que as equações de regressão polinomial foram as do 2º grau, apresentando graus de correlação múltipla, respectivamente, 6% e 93%, para os tratamentos sem suplementação e com suplementação de sais. No primeiro caso, os resultados mostram que os maiores e os menores teores de AR estão localizados nas doses intermediárias, enquanto que, nos tratamentos que receberam suplementação de sais no substrato, os teores de AR permaneceram constantes a partir do tratamento 60 N (122) kg de N/ha. Os resultados mostram, de maneira bastante evidente, que os teores de AR obtidos com suplementação de sais são inferiores aos conseguidos sem suplementação, estando os resultados concordantes com os alcançados no presente trabalho nas duas multiplicações anteriores.

Ao se analisarem os efeitos das doses crescentes de fósforo sobre os teores de AR residual, foi observado que 31% da variação dos dados obtidos foi explicável por uma equação de regressão do 2º grau. Com relação aos tratamentos com suplementação de

sais, o coeficiente de determinação foi da ordem de 20%, não apresentando, portanto, variações significativas nos teores de AR. Por outro lado, verifica-se, com muita clareza, menores teores de AR nos tratamentos com suplementação de sais, no que está de acordo com os resultados obtidos nas multiplicações anteriores.

Com respeito aos tratamentos com potássio, foi constatado que as equações de regressão representativas foram as do 2º grau, com coeficientes de determinação da ordem de 99% e 62%, respectivamente, para os tratamentos sem suplementação e com suplementação de sais. Como se verifica na Figura 28, com relação aos tratamentos sem suplementação, os teores de AR decresceram com o aumento das doses de potássio aplicadas no solo, enquanto que, nos tratamentos com suplementação de sais no substrato, este decréscimo foi observado a partir do tratamento 60 K (221) kg de  $K_2O$ /ha. Os dados mostram, à semelhança dos resultados obtidos nos tratamentos com nitrogênio e fósforo, e em todas as multiplicações realizadas no presente trabalho, que os teores de AR residual da multiplicação com suplementação de sais, são inferiores aos teores conseguidos na multiplicação sem suplementação, sugerindo que a determinação dos teores de AR residual é um indicativo do comportamento celular referente à eficiência da multiplicação.

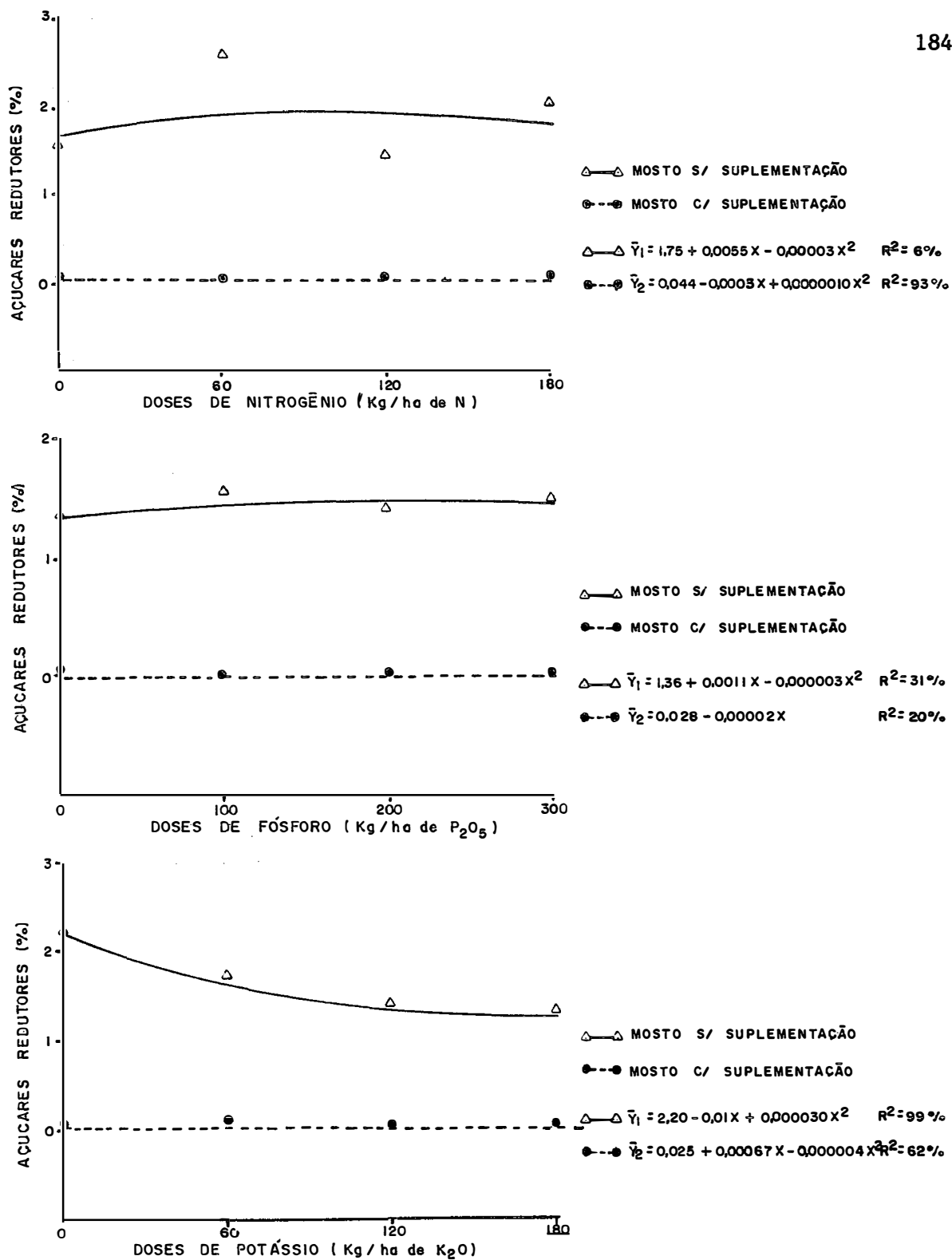


Figura 28 - Teores (%) de açúcar redutores (AR) do resíduo da terceira multiplicação, em função das adubações, sem suplementação e com suplementação de sais no substrato.



#### 4.10 - Teores de Nutrientes na Massa Celular Produzida Sem Suplementação de Sais

Os resultados obtidos com relação aos teores dos nutrientes estabelecidos na massa celular encontram-se nas Tabelas 21 e 22. Na Tabela 21, acham-se determinados os teores dos macronutrientes N, P, K, Ca e Mg, e na Tabela 22 os teores dos micronutrientes Cu, Fe, Mn e Zn.

Com os dados originais, e mediante a utilização da análise de regressão até o 2º grau, foram estudadas as correlações entre os teores dos nutrientes da massa celular e as doses crescentes dos fertilizantes aplicadas no solo, sem suplementação de sais no substrato.

##### 4.10.1 - Nitrogênio

A análise de variância que determinou os efeitos da adição de doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  no solo revelou valor de F significativo, e o teste de Tukey a 5% permitiu constatar a ocorrência de mudanças significativas nos teores de nitrogênio da massa celular, em função das adubações.

Na Figura 29, onde se correlacionaram as doses crescentes dos adubos aplicados no solo com os teores de nitrogênio na massa celular, evidenciou-se que 92%, 77% e 72% da variação dos dados foram explicáveis por equações de regressão polinomial do 1º e 2º graus, ou seja, ajustou-se uma equação linear para explicar os

efeitos do nitrogênio e do fósforo fornecidos ao solo sobre os teores de nitrogênio da massa celular, e uma equação quadrática para mostrar o efeito múltiplo entre o potássio adicionado no solo e o nitrogênio da massa celular.

O efeito linear entre doses crescentes do adubo nitrogenado e teores de nitrogênio na massa celular foi altamente positivo. Estes resultados concordam com os obtidos por ZAGO (1982), que obteve variações nos teores de nitrogênio nos tratamentos em que foram adicionadas doses crescentes do nutriente. Por outro lado, os resultados evidenciam que os teores de nitrogênio aumentaram com a redução verificada na massa celular produzida. Neste caso, atribuiu-se esse acréscimo provavelmente à concentração do nutriente na massa celular, ou seja, acréscimo da concentração do nitrogênio em função da redução verificada na produção de massa celular, pela menor quantidade no substrato, de nitrogênio metabolizável pela levedura.

Ao se analisarem os efeitos ocasionados por doses crescentes do adubo fosfatado sobre o teor de nitrogênio na massa celular, verifica-se que houve acréscimo no teor do nitrogênio em função do aumento das doses do fertilizante aplicado no solo. Este efeito positivo do fósforo sobre o nitrogênio foi concordante com as afirmações de ALVES e BIANCO (1971).

Os resultados analíticos referentes à concentração de nitrogênio na massa celular, obtidos sem suplementação de sais, mostraram decréscimos no teor do nutriente em função das doses crescentes

tes de potássio aplicadas no solo. Em leveduras, esta relação tem sido pouco ou quase nada estudada. Entretanto, em plantas este efeito depressivo do potássio sobre o nitrogênio foi observado por MAYNARD *et alii* (1968), estudando a nutrição mineral do tomateiro. Da mesma forma, FILHO (1982) referiu-se a um antagonismo do potássio sobre o nitrogênio, quando o primeiro foi fornecido à planta de arroz na forma de sulfato de potássio.

#### 4.10.2 - Fósforo

Os valores da concentração de fósforo na massa celular, determinados em função das doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  aplicadas no solo, são expostos na Tabela 21. Na Figura 29 acham-se as curvas referentes ao fósforo, construídas em função das fertilizações e utilizando-se as equações de regressão polinomial até o 2º grau.

Examinando-se a Tabela 21, percebe-se que o valor de F foi significativo ao nível de 1% de probabilidade e o teste de Tukey a 5% permitiu constatar diferenças significativas entre os teores de fósforo da massa celular obtidos às expensas das adubações.

A observação da Figura 29, inerente ao fósforo, evidencia elevados graus de correlação múltipla, ou seja, 99% e 99%, respectivamente, para as doses crescentes de N,  $P_2O_5$ , e 71% para as doses crescentes de  $K_2O$ .

Nos tratamentos com nitrogênio, a concentração de fósforo na massa celular decresceu até o tratamento 120 N (222) kg de N/ha, embora se perceba que os valores deste tratamento estejam bem próximos do tratamento 180 N (322) kg de N/ha. As variações observadas nesses resultados assemelham-se às mesmas sequências verificadas quanto aos teores de fósforo no caldo. Do exposto se infere que este efeito depressivo do nitrogênio sobre o fósforo foi da mesma forma observado no caldo, na folha, e igualmente evidenciado por TAUK e GAMBALE (1978), trabalhando com o gênero *Candida*, porém está em desacordo com os resultados de JUNI *et alii* (1948), obtidos com a *S. cerevisiae*. O observado reflete provavelmente o comportamento das linhagens, frente à composição química do substrato.

Os teores de fósforo determinados na massa celular em função das doses crescentes de fósforo no solo, ajustaram-se a uma equação de regressão quadrática, conforme se visualiza na Figura 29. Através da curva do fósforo, verificam-se acréscimos nos teores do nutriente, a partir do tratamento 100 P (212) kg de  $P_2O_5$ /ha. Este efeito positivo do fósforo aplicado no solo, sobre os teores de fósforo na massa celular, foi também verificado por TAUK e GAMBARE (1978), e da mesma forma neste trabalho, no que se refere aos teores de fósforo na folha e no caldo. Pode-se igualmente aventar que esse acréscimo do fósforo na massa celular tenha sido provavelmente provocado pela crescente concentração do nutriente no caldo.

A curva de acúmulo de fósforo na massa celular, con-

seguida em função das doses crescentes de potássio aplicadas no solo, apresentou teores decrescentes do nutriente até o tratamento 120 K (222) kg de  $K_2O$ /ha. Este efeito depressivo do potássio sobre o fósforo foi igualmente observado por STUKENHOLTZ *et alii* (1966), e no presente trabalho, conforme foi constatado nos teores de fósforo na folha e no caldo.

#### 4.10.3 - Potássio

As quantidades de potássio acumuladas na massa celular, em função das fertilizações com N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$ , são apresentadas na Tabela 21, com ilustrações na Figura 29.

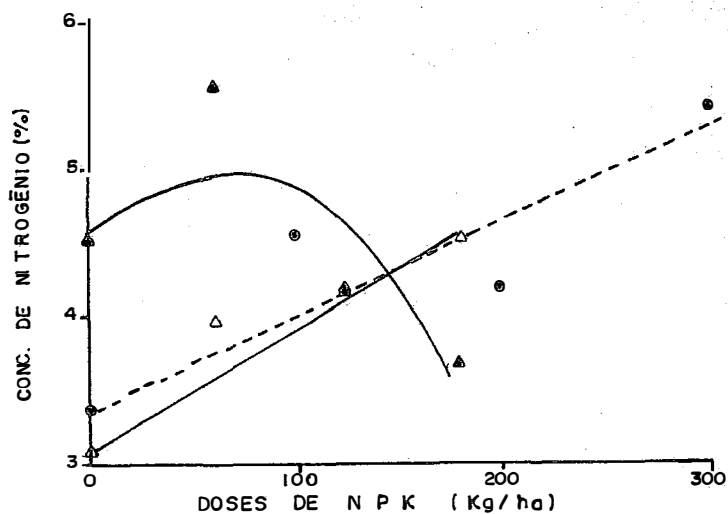
A observação dos dados constantes na Tabela 21 permitiu constatar a ocorrência de diferentes concentrações de potássio na massa celular, em função das adubações, revelando valor de F significativo ao nível de 1% de probabilidade. O teste de Tukey a 5% evidenciou mudanças significativas nos teores de potássio, quando se adicionaram doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  no solo.

Os teores de potássio na massa celular, obtidos nos tratamentos com nitrogênio, ajustaram-se a uma equação de regressão do 2º grau, com coeficiente de determinação da ordem de 69%, constatando-se uma redução na concentração do potássio com o aumento das doses crescentes de nitrogênio a partir do tratamento 60 N (222) kg de N/ha. Ao se analisarem as concentrações de potássio na folha, no caldo e na massa celular, verifica-se que houve igualmente efeito

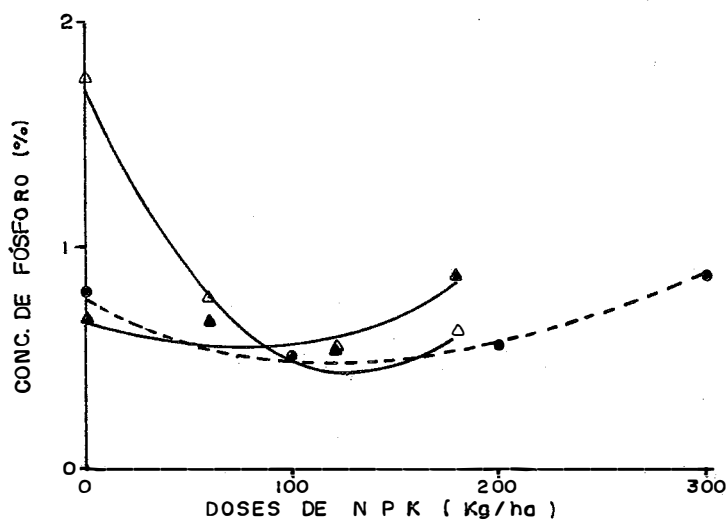
depressivo do nitrogênio sobre o potássio. Da mesma forma, ZAGO (1982) constatou, na massa celular constituída de levedura Fleischmann multiplicada em mosto de xarope, efeito depressivo do nitrogênio sobre o potássio, quando foram adicionadas no substrato doses superiores a 200 ppm de N.

Os teores médios de potássio na massa celular, conseguidos nos tratamentos com fósforo, variaram com o aumento das doses do fertilizante, ajustando-se a uma equação de regressão linear, com coeficiente de determinação altamente significativo ( $R^2 = 94\%$ ). Através desses resultados, verifica-se um efeito positivo do fósforo sobre o potássio, em que os teores do nutriente da massa celular aumentaram gradualmente com as doses crescentes do fertilizante aplicado no solo, até atingir o tratamento 300 P (232) kg de  $P_2O_5$ /ha. Este efeito do fósforo sobre o potássio foi também observado neste trabalho com relação à concentração do potássio na folha e no caldo, e do mesmo modo constatado por DANTAS (1982) com relação à concentração do nutriente na folha de milho Cv.HMD-7974.

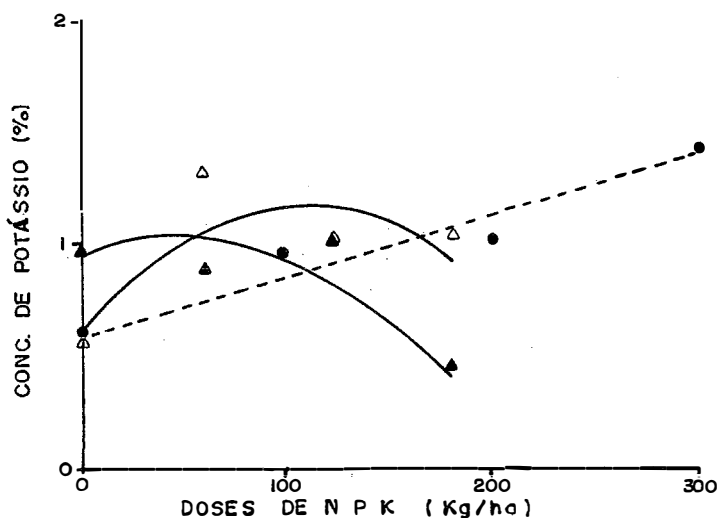
Os valores da concentração de potássio na massa celular, obtidas em função das doses crescentes de  $K_2O$  aplicadas no solo, mostraram variações que obedeceram a uma equação de regressão do 2º grau, com coeficiente de determinação da ordem de 78%. Estas evidências conduzem à análise de que os teores do nutriente na massa celular decresceram com o acréscimo das doses de potássio, até atingir o tratamento 180 K (222) kg de  $K_2O$ /ha, com o menor teor de potássio na massa celular coincidindo com a maior do-



$\triangle$ — $\triangle$  NITROGÊNIO (0,60,120,180 Kg/ha de N)  
 $\bullet$ — $\bullet$  FOSFORO (0,100,200,300 Kg/ha de  $P_2O_5$ )  
 $\blacktriangle$ — $\blacktriangle$  POTÁSSIO (0,60,120,180 Kg/ha de  $K_2O$ )  
 $\triangle$ — $\triangle$   $\bar{Y}_1 = 3,233 + 0,0075 X$   $R^2 = 92\%$   
 $\bullet$ — $\bullet$   $\bar{Y}_2 = 3,494 + 0,0057 X$   $R^2 = 77\%$   
 $\blacktriangle$ — $\blacktriangle$   $\bar{Y}_3 = 4,650 + 0,013 X - 0,0001 X^2$   $R^2 = 72\%$



$\triangle$ — $\triangle$  NITROGÊNIO (0,60,120,180 Kg/ha de N)  
 $\bullet$ — $\bullet$  FOSFORO (0,100,200,300 Kg/ha de  $P_2O_5$ )  
 $\blacktriangle$ — $\blacktriangle$  POTÁSSIO (0,60,120,180 Kg/ha de  $K_2O$ )  
 $\triangle$ — $\triangle$   $\bar{Y}_1 = 1,705 - 0,019 X + 0,000071 X^2$   $R^2 = 99\%$   
 $\bullet$ — $\bullet$   $\bar{Y}_2 = 0,784 - 0,0042 X + 0,000015 X^2$   $R^2 = 99\%$   
 $\blacktriangle$ — $\blacktriangle$   $\bar{Y}_3 = 0,69 - 0,0033 X + 0,000023 X^2$   $R^2 = 71\%$



$\triangle$ — $\triangle$  NITROGÊNIO (0,60,120,180 Kg/ha de N)  
 $\bullet$ — $\bullet$  FOSFORO (0,100,200,300 Kg/ha de  $P_2O_5$ )  
 $\blacktriangle$ — $\blacktriangle$  POTÁSSIO (0,60,120,180 Kg/ha de  $K_2O$ )  
 $\triangle$ — $\triangle$   $\bar{Y}_1 = 0,618 + 0,011 X - 0,00005 X^2$   $R^2 = 69\%$   
 $\bullet$ — $\bullet$   $\bar{Y}_2 = 0,605 + 0,0026 X$   $R^2 = 94\%$   
 $\blacktriangle$ — $\blacktriangle$   $\bar{Y}_3 = 0,925 + 0,0036 X - 0,00003 X^2$   $R^2 = 78\%$

Figura 29 - Concentração (%) de nitrogênio, fósforo e potássio na massa celular produzida em função das adubações, sem suplementação de sais no substrato.

se do adubo aplicado no solo. Os dados discordam, de certa forma, com os obtidos no presente trabalho, com respeito aos teores de potássio no caldo, que se ajustaram a uma equação linear e com os relatados por FILHO (1982), trabalhando com plantas de arroz cultivadas em solução nutritiva.

#### 4.10.4 - Cálcio

Os valores da concentração de cálcio na massa celular, em função das adubações com N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$ , são apresentados na Tabela 21 (Apêndice) e ilustrados na Figura 30.

Pela Tabela 21, constata-se que os teores de cálcio na massa celular determinaram valor de F significativo ao nível de 1% de probabilidade, e o teste de Tukey a 5% permitiu evidenciar diferenças significativas em função das fertilizações.

Pela Figura 30, percebe-se que os teores de cálcio na massa celular obedeceram a equações de regressão polinomial do 2º grau, com coeficientes de determinação da ordem de 83%, 84% e 98% respectivamente, para as doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  aplicadas no solo.

Nos tratamentos que receberam doses crescentes de nitrogênio no solo, os teores de cálcio na massa celular mostraram tendência a decrescer com o aumento das doses do adubo, ainda que os dados se ajustassem a uma correlação múltipla. Este efeito depressivo do nitrogênio sobre o cálcio foi igualmente observado no presen-



te trabalho com relação aos teores de cálcio no caldo, mas discordantes dos resultados obtidos com relação aos teores foliares.

As concentrações de cálcio na massa celular, correspondentes aos tratamentos com fósforo, apresentaram em conjunto tendência de decrescer com o aumento das doses do adubo aplicadas no solo, embora os dados obedecessem a uma correlação múltipla. As explicações residem provavelmente na concentração do cálcio no caldo, sempre mais elevado do que na massa celular. Pelas afirmações de AMORIM (1977), se infere que o cálcio, magnésio e outros cátions, competem pelo mesmo sistema de transporte, através do plasmalema.

Ao se analisar o efeito de doses crescentes de potássio sobre a concentração de cálcio na massa celular, observa-se que a partir do tratamento 60 K (221) kg de  $K_2O$ /ha, os teores de cálcio aumentaram com as doses crescentes do adubo, ou seja, o potássio mostrou ação positiva sobre o cálcio, fato este discordante dos resultados conseguidos neste trabalho com relação aos teores de cálcio na folha e no caldo, e igualmente contrário aos dados obtidos por MALAVOLTA (1980).

#### 4.10.5 - Magnésio

As concentrações de magnésio na massa celular, obtidas em função das doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  aplicadas no solo, acham-se na Tabela 21 e são ilustradas na Figura 30.

Constata-se pela Tabela 21, mediante a utilização do teste de Tukey a 5%, que a adição dos fertilizantes no solo, proporcionaram mudanças significativas nos teores de magnésio na massa celular. Os resultados constantes na Figura 30 evidenciam que esses teores ajustaram-se às equações regressão polinomial do 2º grau, com coeficientes de determinação altamente significativos, ou seja, 99%, 99% e 95%, respectivamente, nas doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  aplicadas no solo.

Em função das significâncias encontradas, percebe-se que a adição de nitrogênio no solo proporcionou decréscimo na concentração do magnésio na massa celular até o tratamento 120 N (222) kg de N/ha. Este efeito depressivo do nitrogênio sobre o magnésio foi concordante com os resultados obtidos neste trabalho, com relação aos teores de magnésio no caldo, porém divergem dos resultados alcançados para os teores foliares. Por sua vez, os dados encontrados por ZAGO (1982) nas análises de magnésio na massa celular das leveduras Fleischmann e M-300-A parecem indicar uma absorção diferente quando se variam nitrogênio e fósforo no substrato. Segundo o mesmo autor, quando não se adicionou fósforo no mosto houve elevação do magnésio na massa celular, conforme se elevou o nível de nitrogênio. Quando se adicionou fósforo e nitrogênio ao mosto, houve um decréscimo nos teores de magnésio encontrados.

Quanto ao magnésio absorvido pela levedura nos tratamentos que receberam doses crescentes de fósforo no solo, os resultados mostraram um decréscimo no teor de magnésio quando se aumenta

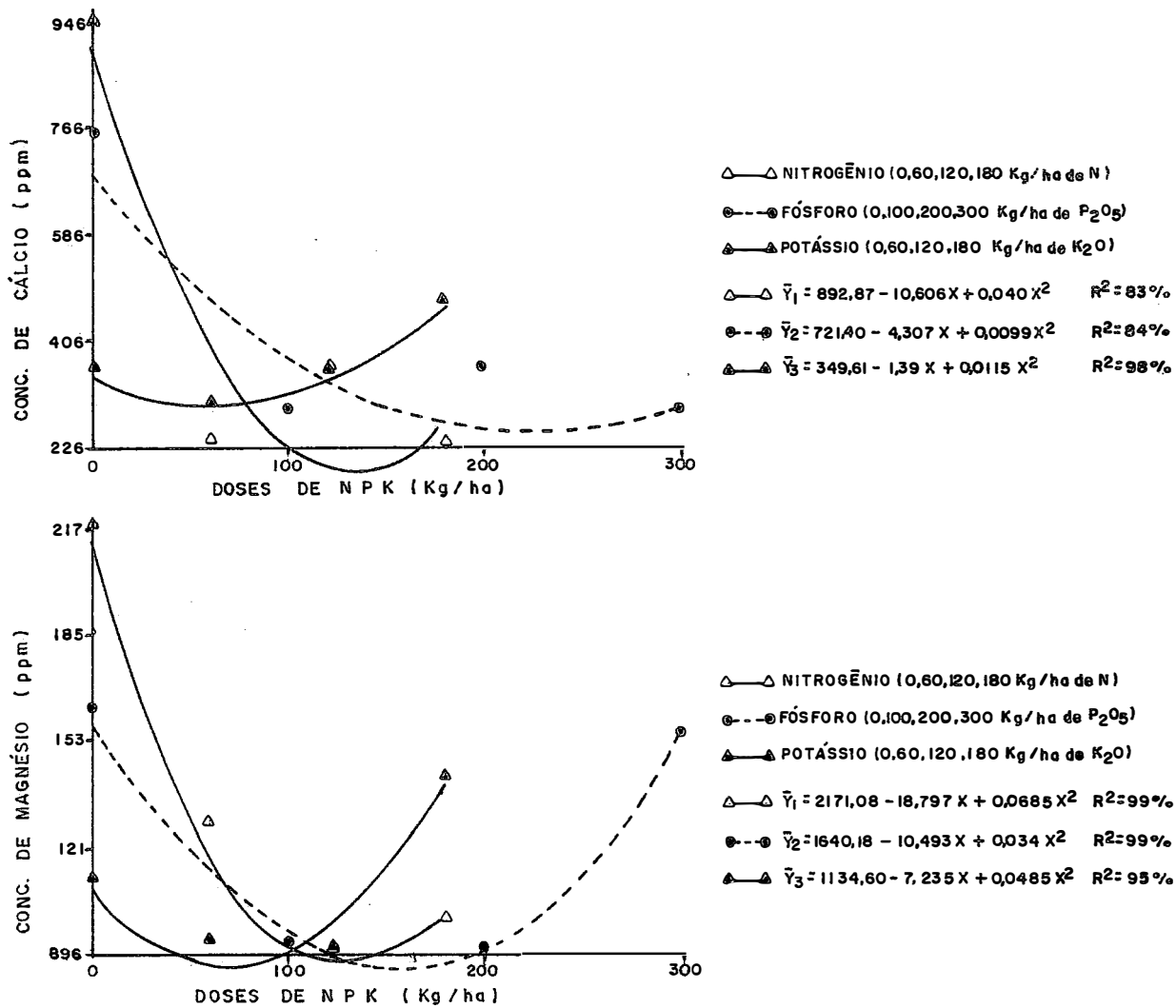


Figura 30 - Concentração (ppm) de cálcio e magnésio na massa celular produzida em função das adubações, sem suplementação de sais no substrato.

ram as doses de fósforo, até o tratamento 200 P (222) kg de  $P_2O_5$ /ha. Este efeito depressivo do fósforo sobre o magnésio está de acordo com os resultados obtidos por ZAGO (1982), que utilizando as leveduras Fleischmann e M-300-A verificou decréscimo nos teores de magnésio da massa celular, quando foi adicionado fósforo no mosto.

Ao se analisarem os teores de magnésio na massa celular, referentes aos tratamentos que receberam doses crescentes de potássio no solo, percebe-se que o teor do nutriente decresceu gradativamente com o aumento das doses do adubo, até o tratamento 120 K (222) kg de  $K_2O$ /ha, observando-se que o efeito depressivo do potássio sobre o magnésio foi do mesmo modo verificado neste trabalho com referência à concentração do magnésio na folha e no caldo. Igualmente, CONWAY e DUGGAN (1956) mostraram que se aumentando o teor de potássio no mosto reduz-se, dentro de certos limites, a absorção do magnésio, pois que, potássio e magnésio são absorvidos pela célula por meio de um mesmo carregador.

#### 4.10.6 - Cobre

Encontram-se na Tabela 22 (Apêndice), os resultados médios obtidos para os teores de cobre na massa celular. A análise de variância determinou valor de F significativo ao nível de 1% de probabilidade, e o teste de Tukey a 5% permitiu constatar diferenças significativas nos teores de cobre em função da adição de doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  no solo.

Em virtude do constatado na Tabela 22, e mediante a utilização da análise de regressão polinomial, foram construídas as curvas da Figura 31, referentes aos teores de cobre na massa celular. Como se percebe, cerca de 99%, 89% e 97% da variação dos dados obtidos foram explicáveis por equações de regressão quadrática, respectivamente, para as doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$ .

As concentrações médias do cobre na massa celular, conforme o observado nos tratamentos com nitrogênio, apresentaram variações crescentes com o aumento das doses de nitrogênio aplicadas no solo, até o tratamento 120 N (222) kg de N/ha. Este efeito positivo do nitrogênio sobre o cobre foi da mesma forma observado neste trabalho, com relação aos teores de cobre na folha e no caldo, e igualmente observado por DANTAS (1982) em sorgo granífero na localidade de Botucatu.

Nota-se, nos tratamentos que receberam doses crescentes de fósforo no solo, que os teores de cobre na massa celular decresceram gradativamente a partir do tratamento 100 P (212) kg de  $P_2O_5$ /ha, não obstante, o menor teor tenha sido encontrado no tratamento que não recebeu adubação fosfatada. As variações mostradas nesses resultados assemelham-se às mesmas sequências observadas neste trabalho com relação à planta, ou seja, efeito depressivo do fósforo sobre o cobre, quanto à concentração do cobre na folha e no caldo, o que está concordante também com as afirmações de BINGHAM *et alii* (1958) e SHUKLA e SINGH (1979).

A adição de doses crescentes de potássio no solo, ocasionou variações nos teores de cobre na massa celular, permitindo constatar acréscimos na concentração do cobre, com o aumento das doses do adubo até o tratamento 120 K (222) kg de  $K_2O$ /ha, ainda que o menor teor do nutriente na massa celular tenha coincidido com a maior dose do adubo potássico. Este efeito positivo do potássio sobre o cobre, observado com relação à massa celular, não foi evidenciado no presente trabalho com respeito às concentrações do nutriente na folha e no caldo, devido a pouca variabilidade do cobre na planta durante as épocas de amostragens, carecendo neste caso de resultado mais evidente, o que foi concordante com as afirmações de DANTAS (1982), que também não encontrou efeito significativo do potássio sobre o cobre.

#### 4.10.7 - Ferro

As concentrações de ferro na massa celular, conseguidas em função das doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  aplicadas no solo, são encontradas na Tabela 22 (Apêndice). Por ela, verifica-se que a análise de variância determinou valor de F significativo ao nível de 1% de probabilidade, e o teste de Tukey utilizado para comparação entre as médias evidenciou mudanças significativas nos teores de ferro da massa celular.

Com os dados originais referentes às concentrações de ferro obtidas sem suplementação de sais no substrato, e mediante a

utilização da análise de regressão até o 2º grau, foram construídas as curvas da Figura 31, onde se percebe que 80%, 76% e 95% da variação dos dados ajustaram-se a equações de regressão quadrática, respectivamente, nas doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$ .

Nos tratamentos que receberam doses crescentes de nitrogênio, verifica-se que a partir do tratamento 60 N (122) kg de N/ha, a concentração de ferro apresentou tendência a crescer, acompanhando o aumento das doses do adubo aplicadas por hectare, porém, concentrando o maior teor de ferro no tratamento que não recebeu adubação nitrogenada. Este acréscimo nos teores de ferro na massa celar, observado nos tratamentos com nitrogênio, se mostra contrário aos resultados obtidos neste trabalho com relação aos teores de ferro na folha e no caldo. Do conhecimento destes fatos, é importante salientar que os acréscimos verificados nos teores de ferro foram acompanhados por decréscimos na produção de massa celular, levando-se à hipótese de que o aumento na concentração de ferro ocorreu em função da redução na produção de massa celular.

A análise da correlação existente entre as doses crescentes de fósforo aplicadas no solo e os teores de ferro na massa celular, permitiram constatar que os dados ajustaram-se a uma correlação múltipla, com os maiores e os menores teores nas doses intermediárias. Ressalte-se que nesses tratamentos houve grande variabilidade dos teores de ferro, nas menores doses do adubo aplicado no solo, mas a partir do tratamento 100 P (212) kg de  $P_2O_5$ /ha, nota-se

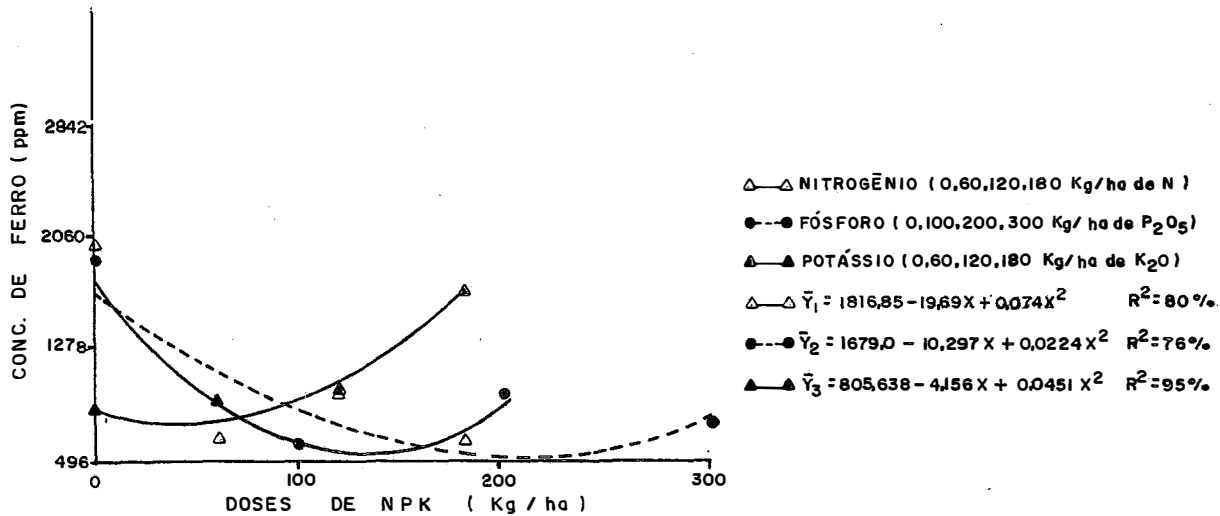
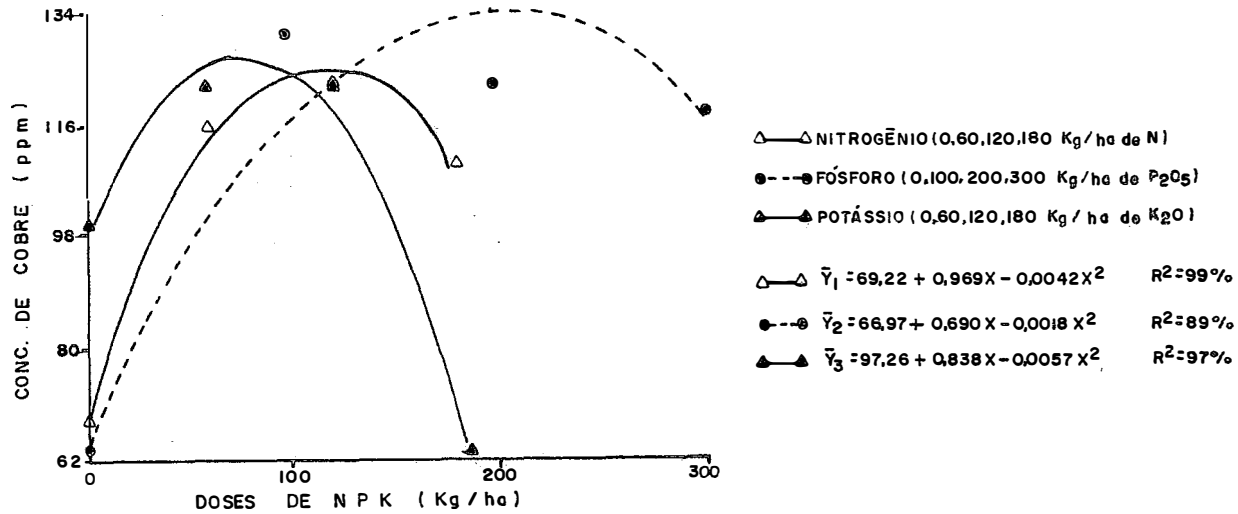


Figura 31 - Concentração (ppm) de cobre e ferro na massa celular produzida em função das adubações, sem suplementação de sais no substrato.



uma tendência de acréscimo na concentração do ferro, com o aumento das doses do adubo. O observado foi discordante dos resultados obtidos neste trabalho com respeito aos teores de ferro no caldo, e das afirmações de CUMBUS *et alii* (1977).

Os teores médios de ferro na massa celular, conseguidos nos tratamentos com potássio, variaram com o aumento das doses do fertilizante, conforme se constata na Figura 31. Através desses resultados, observa-se que houve efeito positivo do potássio sobre o ferro, em que os teores do nutriente da massa celular aumentaram gradualmente com as doses crescentes do fertilizante aplicado no solo, até atingir o tratamento 180 K (223) kg de  $K_2O$ /ha. Este efeito positivo do potássio sobre o ferro foi igualmente observado neste trabalho com relação à concentração de ferro na folha e no caldo, e do mesmo modo evidenciado por DANTAS (1982), em folha de sorgo granífero Cv. C-102, na localidade de Botucatu.

#### 4.10.8 - Manganês

As concentrações de manganês na massa celular, obtidas em função das doses crescentes dos fertilizantes aplicados no solo, são encontradas na Tabela 22, e as curvas construídas com os dados originais e utilizando-se a análise de regressão polinomial até o 2º grau se acham na Figura 32.

Verifica-se pela Tabela 22, que a análise de variância revelou valor de F significativo ao nível de 1% de probabilidade e o teste de Tukey a 5% permitiu constatar que as adubações oca-

sionaram mudanças significativas nos teores de manganês na massa celular.

Ao se analisarem as correlações entre as doses crescentes dos fertilizantes e as concentrações de manganês na massa celular, foi observado que 96%, 44% e 53% da variação dos dados foram explicáveis por equações de regressão polinomial do 2º grau, respectivamente para as doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  aplicadas no solo.

Ao se examinar o efeito das doses do adubo nitrogenado, verifica-se uma concentração relativamente alta do manganês no tratamento 0 N (022) kg de N/ha, sugerindo, a partir daí, efeito depressivo do nitrogênio sobre o manganês, no que foi concordante com os resultados obtidos neste trabalho, com relação aos teores de manganês no caldo, porém discordante dos trabalhos conduzidos por MORAES *et alii* (1976) e MURAOCA (1981). Note-se que os teores de manganês no caldo foram maiores do que na massa celular, e em todos os tratamentos a concentração do nutriente na folha foi maior do que no caldo e na massa celular.

A análise da correlação entre doses crescentes de fósforo aplicado no solo e teores de manganês na massa celular sugere que existe uma tendência de se conseguirem maiores concentrações do manganês nas maiores doses do adubo, não obstante, o menor teor do nutriente na massa celular esteja na dose intermediária do fertilizante, ou seja, no tratamento 200 P (222) kg de  $P_2O_5$ /ha. Este efeito positivo do fósforo sobre o manganês foi igualmente observado por

ZAGO (1982), com relação aos teores do nutrientes nas leveduras IZ-1904 e M-300-A, e neste trabalho, estudando-se os teores de manganês no caldo; porém, está em desacordo com os resultados referentes aos teores foliares e com as afirmações de BORTNER (1935).

A concentração de manganês obtida da massa celular em função das doses crescentes de  $K_2O$  aplicadas no solo, mostrou tendência de aumentar, seguindo as doses crescentes do adubo, muito embora o menor teor do manganês coincidissem com o tratamento 120 K (222) kg de  $K_2O/ha$ . Este efeito positivo do potássio sobre o manganês foi da mesma forma observado neste trabalho, com respeito aos teores do nutriente na folha, entretanto, discordante dos resultados obtidos por TENÓRIO (1981) e EVANS *et alii* (1950).

#### 4.10.9 - Zinco

As concentrações de zinco na massa celular, referentes aos tratamentos que receberam doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  aplicadas no solo, encontram-se na Tabela 22 e são ilustradas na Figura 32.

Verifica-se pela Tabela 22, que a análise de variância revelou valor de F altamente significativo, e o teste de Tukey a 5% permitiu constatar mudanças significativas na concentração de zinco na massa celular, em função das adubações.

Ao se examinar a Figura 32, percebe-se que os teores de zinco na massa celular ajustaram-se a equações de regressão qua-

drática, com coeficiente de determinação da ordem de 99%, 92% e 76%, respectivamente, nas doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  aplicadas no solo.

A concentração de zinco na massa celular obtida nos tratamentos com nitrogênio decresceu com o aumento das doses do fertilizante até atingir o tratamento 120 N (222) kg de N/ha, comparando os resultados com o tratamento que não recebeu adubação nitrogenada. Através desses dados verifica-se que o nitrogênio exerceu efeito depressivo sobre o zinco, o que foi concordante com os resultados de ZAGO (1982), conseguidos com as leveduras Fleischmann e IZ-1904, e neste trabalho, com respeito aos teores de zinco no caldo; entretanto, foram dessemelhantes aos resultados alcançados com referência aos teores foliares de zinco e igualmente contrários às afirmações de MURAOCA (1981) e DANTAS (1982).

No que tange aos teores de zinco na massa celular, relativos aos tratamentos que receberam doses crescentes de fósforo no solo, percebe-se que a partir do tratamento 100 P (212) kg de  $P_2O_5$ /ha, a concentração do zinco aumentou gradativamente, acompanhando as doses crescentes de fósforo até atingir o tratamento 300 P (232) kg de  $P_2O_5$ /ha. Esses resultados concordam com as afirmações de LOWFORD e PIK (1980), que conferem aos polifosfatos acumulados nas células de leveduras, possíveis agentes de armazenamento de zinco; porém, discordam dos resultados obtidos por ZAGO (1982), com as leveduras Fleischmann e IZ-1904, com as quais obteve teores decrescentes de zinco com o aumento das doses de fósforo adicionadas no substrato.

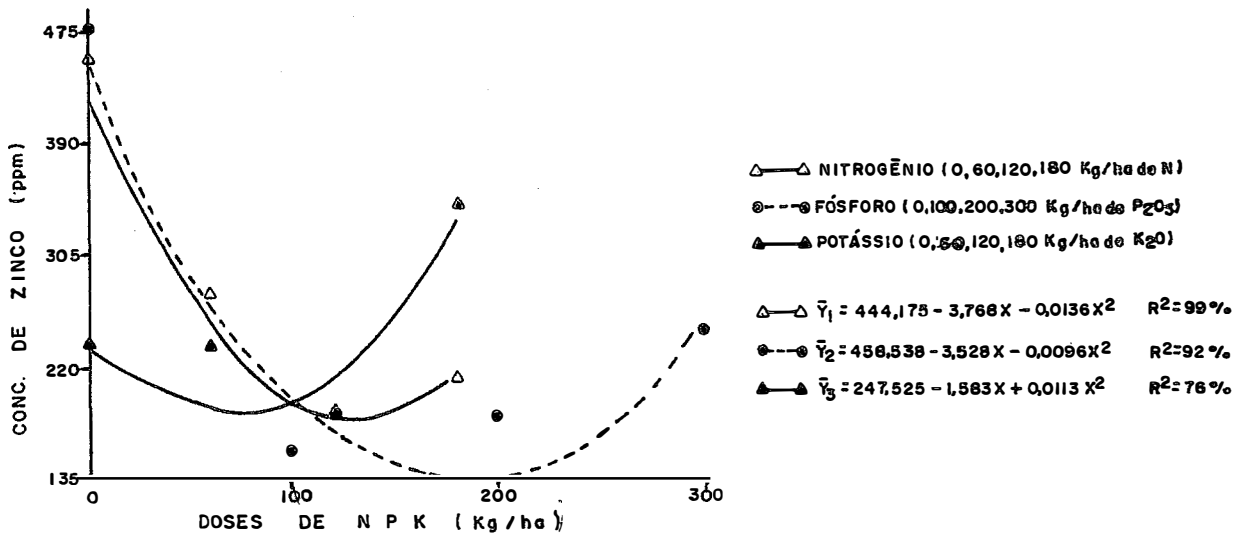
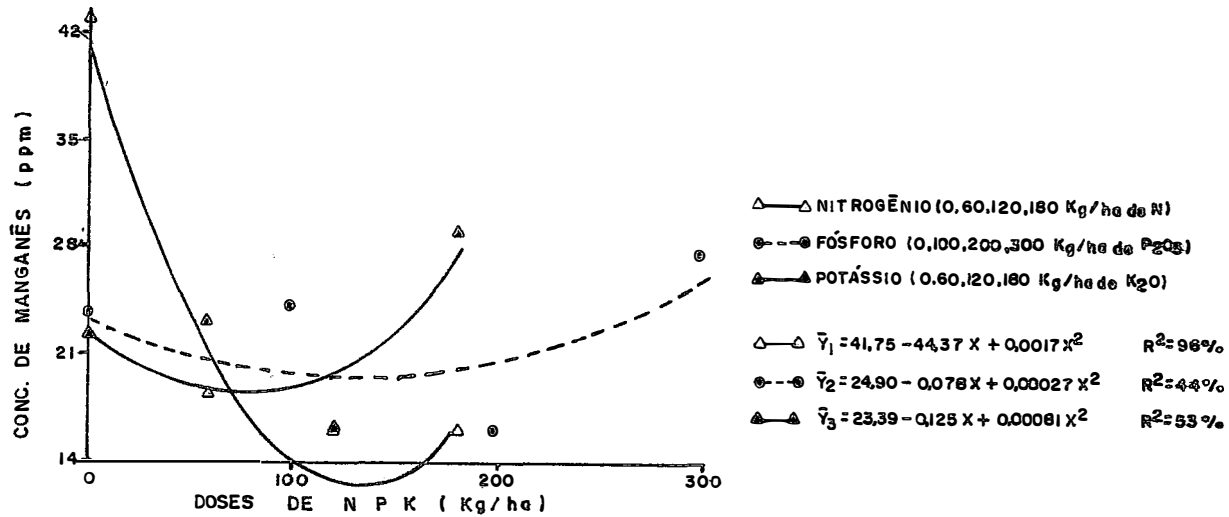


Figura 32 - Concentração (ppm) de manganês e zinco na massa celular produzida em função das adubações, sem suplementação de sais no substrato.

Ao se examinarem os efeitos das doses crescentes de potássio aplicadas no solo sobre os teores de zinco na massa celular, verifica-se uma tendência dos teores de zinco decrescerem com o aumento das doses do adubo aplicado no solo, mas, com o maior teor do nutriente coincidindo com a maior dose do adubo aplicado por hectare. Esse efeito depressivo do potássio sobre o zinco foi considerado concordante com os resultados do presente trabalho, referentes aos teores de zinco na folha e no caldo, e igualmente observado por TENÓRIO (1981) na matéria seca de feijoeiro.

#### 4.11 - Teores de Nutrientes na Massa Celular Produzida com Suplementação de Sais

Os resultados obtidos com relação aos teores dos nutrientes estabelecidos na massa celular produzida com suplementação de sais, encontram-se nas Tabelas 21 e 22 (Apêndice). Na Tabela 21, acham-se determinados os teores dos macronutrientes N, P, K, Ca e Mg e na Tabela 22, os teores dos micronutrientes Cu, Fe, Mn e Zn.

Com os dados originais, dos quais resultaram as referidas tabelas, mediante a utilização da análise de regressão polinomial até o 2º grau, foram obtidas as curvas e respectivas equações referentes às Figuras 33, 34, 35 e 36. Nelas são visualizadas as correlações entre os teores dos nutrientes na massa celular e as doses crescentes dos fertilizantes aplicados no solo, com suplementação de sais no substrato.

#### 4.11.1 - Nitrogênio

Os resultados obtidos sobre a concentração de nitrogênio na massa celular produzida com suplementação de sais no substrato, acham-se expostos na Tabela 21 e ilustrados na Figura 33.

Os dados permitiram verificar que houve efeito da suplementação de sais na concentração de nitrogênio pela massa celular, nos tratamentos em que foram adicionadas doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  no solo. Na Figura 33 evidencia-se que 97%, 99% e 24% da variação dos dados foram explicáveis por equações de regressão polinomial do 1º e 2º graus, ou seja, houve um efeito linear dos tratamentos com nitrogênio suplementados com sais sobre os teores de nitrogênio na massa celular e efeitos múltiplos dos tratamentos com fósforo e potássio suplementados com sais sobre os teores de nitrogênio.

Nos tratamentos com nitrogênio suplementados com sais, a concentração do nutriente na massa celular cresceu sempre com o aumento das doses do adubo aplicadas no solo, entretanto, associada à baixa produção de massa celular. Mais uma vez, se constata acrêscimo da concentração de nitrogênio em função da redução verificada na produção de massa celular. Neste caso, torna-se provável que nos tratamentos com maior teor de nitrogênio total e maior concentração de nitrato no caldo, tinham na realidade menos  $NH_4$  disponível coma suplementação de sais, o que proporcionou menor produção de massa celular e conseqüentemente maior concentração de nitrogênio.

Note-se que nos tratamentos com nitrogênio suplementados com sais, a massa celular acumulou, em média, 7,35% de nitrogênio, resultados superiores aos obtidos por ZAGO (1982) e comparáveis aos dados conseguidos por SALGADO e SARRUGE (1979).

Ao se examinarem as concentrações de nitrogênio nos tratamentos com fósforo suplementados com sais, percebe-se uma tendência decrescente dos teores de nitrogênio a partir do tratamento 100 P (212) kg de  $P_2O_5$ /ha, embora não se percebam diferenças nos teores de nitrogênio, entre o tratamento que não recebeu adubação fosfatada e aquele que recebeu a maior dose do adubo por hectare. Esses resultados discordam, em parte, dos de ZAGO (1982), para quem os níveis de fósforo empregados não influenciaram no acúmulo de nitrogênio pelas leveduras utilizadas. Por outro lado, constatou-se que os teores de nitrogênio nos tratamentos com fósforo suplementados com sais foram superiores aos conseguidos por ZAGO (1982).

Com respeito aos tratamentos com potássio suplementados com sais, foi verificado que os dados se ajustaram a uma equação de regressão quadrática, com os menores e os maiores teores nas doses intermediárias. Contudo, os resultados evidenciaram uma tendência crescente dos teores de nitrogênio a partir do tratamento 60 K (221) kg de  $K_2O$ /ha, seguindo as doses crescentes do fertilizante adicionadas no solo. Os resultados obtidos nestes tratamentos divergem dos conseguidos neste trabalho nos tratamentos sem suplementação de sais. O exposto reflete provavelmente maior absorção do ni-



nitrogênio em vez de potássio, à semelhança das afirmações de EVANS e SORGER (1966). Segundo estes autores, os ions amônio e potássio são quimicamente parecidos, sendo essa semelhança observada em reações bioquímicas, onde o amônio pode substituir o potássio na ativação de várias enzimas *in vitro*.

Saliente-se que as evidências conseguidas nos tratamentos com N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  sem suplementação e com suplementação de sais, são consistentes para mostrar que a concentração de nitrogênio nos tratamentos com suplementação atingiu maiores valores que nos tratamentos sem suplementação de sais, indicando que a levedura tem capacidade de absorver nitrogênio em quantidades superiores às que se encontram no caldo, simplesmente.

#### 4.11.2 - Fósforo

Os resultados obtidos com relação à concentração de fósforo na massa celular produzida com suplementação de sais encontram-se na Tabela 21, e acham-se ilustrados na Figura 33.

Em função dos dados originais, dos quais resultaram a Tabela 21, verifica-se que o valor de F foi significativo ao nível de 1% de probabilidade, e pelo teste de Tukey a 5% observaram-se diferenças significativas entre os teores de fósforo na massa celular.

Na Figura 33, onde se correlacionaram teores de fósforo na massa celular produzida, com as doses crescentes dos ferti-

lizantes adicionados no solo e suplementados com sais no substrato, foi possível constatar que 38%, 96% e 97% da variação dos dados, respectivamente, nas doses de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$ , foram explicáveis por equações de regressão polinomial do 2º grau.

A concentração de fósforo observada nos tratamentos com nitrogênio suplementados com sais, ainda que se ajuste a uma equação de regressão quadrática, evidencia uma tendência à concentração crescente do nutriente, com o aumento das doses de nitrogênio aplicadas no solo, comparando os resultados com o tratamento que não recebeu a adubação nitrogenada. Da mesma maneira, ZAGO (1982) verificou que um aumento na absorção de nitrogênio, resultava também em maior acúmulo de fósforo. Resultados semelhantes foram encontrados em leveduras por OLIVEIRA e SOUSA (1970) e JUNI *et alii* (1948).

Ao se estudarem as concentrações de fósforo nos tratamentos que receberam doses crescentes de fósforo no solo com suplementação de sais no substrato, evidenciaram-se acréscimos na concentração de fósforo na massa celular, seguindo as doses crescentes do fertilizante aplicadas por hectare. Este efeito positivo da concentração de fósforo no substrato sobre os teores de fósforo na massa celular, foi igualmente verificado por TAUK e GAMBARE (1978), para quem a suplementação de  $H_3PO_4$  em doses crescentes proporcionaram aumentos também crescentes nos teores de fósforo na massa celular.

A curva de concentração de fósforo na massa celular, conseguida em função das doses crescentes de potássio aplicadas no

solo e suplementadas com sais no substrato, ainda que, se ajustando a uma equação de regressão quadrática, mostrou tendência à diminuição da concentração do nutriente, com o aumento das doses do fertilizante, exceto para o tratamento 60 K (221) kg de  $K_2O$ /ha, onde se verificou o maior teor de fósforo na massa celular. Esses resultados conflitam com os obtidos neste trabalho, com relação à produção de massa celular sem suplementação de sais e discordam também das afirmações de STUKENHOLTZ *et alii* (1966). Possivelmente, essa diminuição nos teores de fósforo, provocada nos tratamentos com maiores doses de potássio aplicadas por hectare, pode ser explicada pelo aumento na produção de massa celular que se verificou a partir do tratamento 60 K (221) kg de  $K_2O$ /ha, suplementado com sais no substrato.

Analisando-se em conjunto os resultados de fósforo obtidos na massa celular, verifica-se uma tendência dos teores de fósforo na massa celular produzida com suplementação serem superiores aos teores do nutriente na massa celular produzida sem suplementação de sais. Acrescente-se que os teores de fósforo encontrados na massa celular produzida com suplementação de sais, assemelham-se aos resultados conseguidos por TAUKE e GAMBALE (1978), com a levedura do gênero *Candida*, e por ZAGO (1982), com a levedura *Fleischmann*.

#### 4.11.3 - Potássio

Os dados referentes aos teores de potássio na massa celular, obtidos em função das doses crescentes dos fertilizantes, com suplementação de sais no substrato, encontram-se na Tabela 21. Como se observa, a análise de variância revelou valor de F significativo ao nível de 1%, e o teste de Tukey a 5% permitiu constatar mudanças significativas nos teores de potássio na massa celular.

Na Figura 33 se correlacionaram os teores de potássio na massa celular produzida com suplementação de sais e as doses dos fertilizantes adicionadas no solo, evidenciando-se que as equações de regressão significativas foram as do 2º grau, com coeficientes de determinação da ordem de 94%, 75% e 89%, respectivamente, nas doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$ .

Ao se estudarem os valores da concentração de potássio nos tratamentos com nitrogênio suplementados com sais, constataram-se decréscimos nos teores de potássio, acompanhando as doses crescentes de nitrogênio aplicadas no solo. Este efeito depressivo do nitrogênio sobre o potássio foi igualmente verificado por ZAGO (1982), com a levedura Fleischmann multiplicada em mosto de xarope e da mesma forma observado neste trabalho, referente à concentração do nutriente na massa celular produzida sem suplementação de sais e outras vezes, com relação à concentração do potássio na planta, notadamente na folha e no caldo.

Nos tratamentos com fósforo suplementados com sais,

a concentração de potássio na massa celular, não obstante, obedecendo a uma equação de regressão quadrática, decresceu com o aumento das doses do fertilizante aplicado por hectare. Estas evidências conduzem à observação de que, neste caso, tenha havido provavelmente efeito de diluição do potássio na massa celular (decrêscimo na concentração de potássio em função do aumento da produção de massa celular).

Nos tratamentos com potássio suplementados com sais no substrato, os teores de potássio na massa celular decresceu com o aumento das doses do fertilizante aplicadas no solo, com exceção do tratamento 60 K (221) kg de  $K_2O$ /ha, que apresentou o maior teor de potássio na massa celular. Este decrêscimo que se verifica na concentração de potássio, mais evidente a partir do tratamento 60 K (221) kg de  $K_2O$ /ha, ocorreu provavelmente em função do aumento da produção de massa celular, sugerindo mais uma vez efeito de diluição do potássio na massa celular.

Os resultados encontrados no presente trabalho evidenciam que os teores de potássio na massa celular produzida com suplementação de sais apresentaram tendências de serem superiores aos teores do nutriente na massa celular produzida sem suplementação. O exposto reflete que a adição de sais proporcionou maior disponibilidade de nutrientes no caldo, capazes de serem metabolizados pela levedura, fortalecendo desta forma o processo de multiplicação e o conduzindo à otimização.

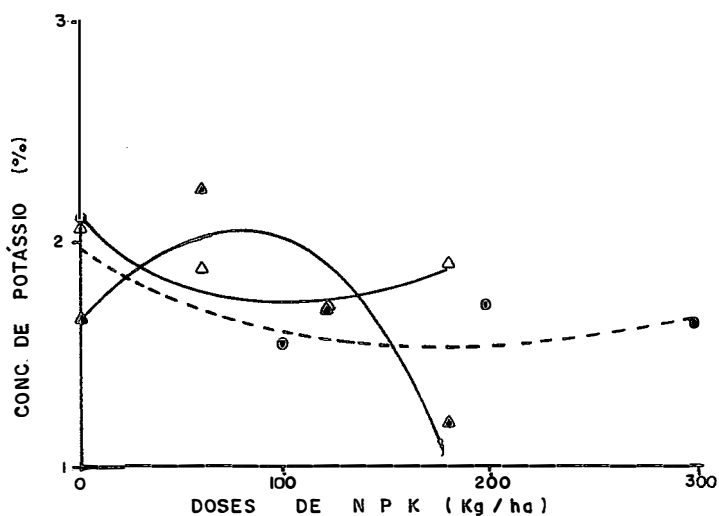
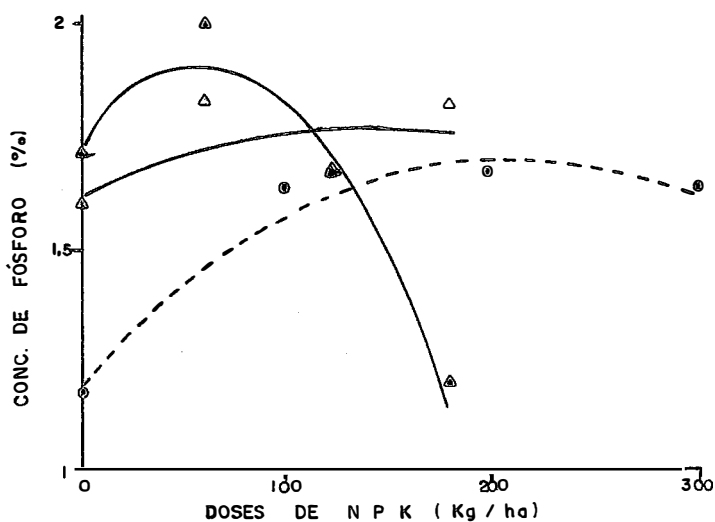
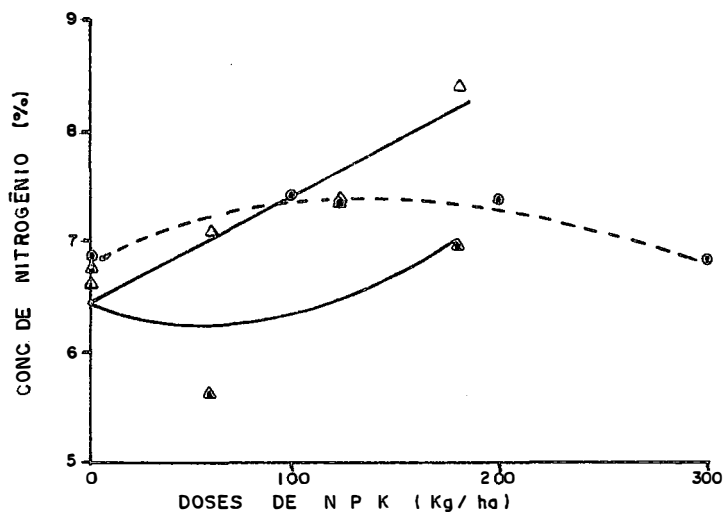


Figura 33 - Concentração (%) de nitrogênio, fósforo e potássio na massa celular produzida em função das adubações, com suplementação de sais no substrato.

Vale salientar que os teores de potássio determinados na massa celular produzida com suplementação de sais foram, em conjunto, comparáveis aos teores de potássio encontrados por ZAGO (1982) em leveduras Fleischmann e IZ-1904, multiplicadas em mosto de xarope suplementado com diferentes níveis de nitrogênio e fósforo.

#### 4.11.4 - Cálcio

Os estudos realizados entre doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  adicionadas no solo e teores de cálcio na massa celular produzida com suplementação de sais, determinaram, através da análise de variância, valor de F significativo ao nível de 1% de probabilidade, e o teste de Tukey a 5% permitiu visualizar diferenças significativas nos teores de cálcio em função das adubações, com suplementação de sais no substrato, conforme se evidencia na Tabela 21 (Apêndice).

Com os dados que resultaram a Tabela 21, utilizando-se a análise de regressão polinomial até o 2º grau, foi construída a Figura 34, referente ao cálcio, permitindo visualizar que 71%, 98% e 18% da variação dos dados foram explicáveis por equações do 2º grau, respectivamente, nas doses de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$ .

Ao se examinar a correlação entre os teores de cálcio na massa celular produzida com suplementação de sais e as doses crescentes de nitrogênio aplicadas no solo, evidencia-se que os teores de cálcio na massa celular aumentaram, seguindo as doses cres-

centes do fertilizante, ainda que os dados tenham obedecido a uma correlação múltipla. Esta relação entre o nitrogênio e o cálcio foi discordante dos resultados obtidos neste trabalho, referentes à planta e aos teores de cálcio na massa celular produzida sem suplementação de sais. As observações realizadas levam a se inferir que este acréscimo verificado nos teores de cálcio na massa celular foram possivelmente proporcionados pela presença do fósforo no substrato, adicionado por ocasião da suplementação com sais.

A análise da correlação entre doses crescentes de  $P_2O_5$  aplicadas no solo e a concentração de cálcio na massa celular produzida com suplementação de sais, sugerem efeito positivo do fósforo sobre o cálcio, não obstante os dados se ajustem a uma equação de regressão quadrática. Este efeito positivo do fósforo sobre o cálcio está em perfeito acordo com os relatos de MILLER *et alii* (1972).

Os valores da concentração de cálcio na massa celular conseguidos em função dos tratamentos com potássio suplementados com sais, mostraram uma tendência dos teores de cálcio diminuírem com o aumento das doses do fertilizante aplicado no solo. Como pode ser constatado por evidências deste trabalho, notadamente com relação à folha e ao caldo, os teores de cálcio decresceram com o aumento das doses de potássio, sendo este efeito depressivo do potássio sobre o cálcio igualmente evidenciado por MALAVOLTA (1980).



#### 4.11.5 - Magnésio

Os teores de magnésio determinados na massa celular obtida com suplementação de sais no substrato, referentes aos tratamentos com N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$ , são apresentados na Tabela 21, e sua representação gráfica mostrada na Figura 34.

Examinando-se a Tabela 21, verifica-se, por meio da análise de variância, valor de F altamente significativo, e mediante a utilização do teste de Tukey a 5%, constata-se ocorrência de mudanças significativas nos teores de magnésio na massa celular. Os resultados expressos na Figura 34 evidenciam que esses teores ajustaram-se a equações de regressão polinomial do 1º e 2º graus, ou seja, houve um efeito linear entre os teores de magnésio na massa celular produzida com suplementação de sais e as doses crescentes de nitrogênio aplicadas no solo, e efeito múltiplo das doses crescentes de fósforo e potássio sobre os teores de magnésio na massa celular.

A análise dos teores de magnésio na massa celular, nos tratamentos com nitrogênio suplementados com sais, mostra que os dados ajustaram-se a uma equação de regressão do 1º grau, com coeficiente de determinação da ordem de 38%. Esses resultados evidenciam decréscimos nos teores de magnésio com o aumento das doses do fertilizante aplicado no solo. Tem sido demonstrado por evidências deste trabalho, efeito depressivo do nitrogênio sobre o magnésio, fato este também observado por PRIMAVESI (1980) em planta, e por ZAGO(1982)

em leveduras.

Ao se estudar a correlação existente entre os tratamentos com fósforo e os teores de magnésio na massa celular produzida com suplementação de sais, constata-se que os resultados ajustaram-se a uma equação de regressão quadrática, com coeficiente de determinação da ordem de 95%. Do exposto, foi observado efeito positivo das doses de  $P_2O_5$  sobre os teores de magnésio, quando se adicionaram sais no substrato. Como pode ser visto por evidências deste trabalho, aumentando-se as doses de fósforo no solo há sempre uma tendência de se acrescerem os teores de magnésio na planta e/ou na levedura. Dados apresentados por LOURENÇO *et alii* (1968) confirmam as observações realizadas no presente trabalho com relação à planta.

Os teores de magnésio na massa celular, obtidos nos tratamentos com potássio suplementados com sais, mostraram variações que se ajustaram a uma equação de regressão quadrática, com coeficiente de determinação altamente significativo ( $R^2 = 94\%$ ). Esta correlação que se ilustra na Figura 33 mostra efeito mais evidente a partir do tratamento 60 K (221) kg de  $K_2O/ha$ , onde se inicia a ação depressiva do potássio sobre o magnésio. Este argumento está em perfeito acordo com outras evidências deste trabalho, referentes à planta e à levedura, e igualmente concordante com as afirmações de CONWAY e DUGGAN (1956).

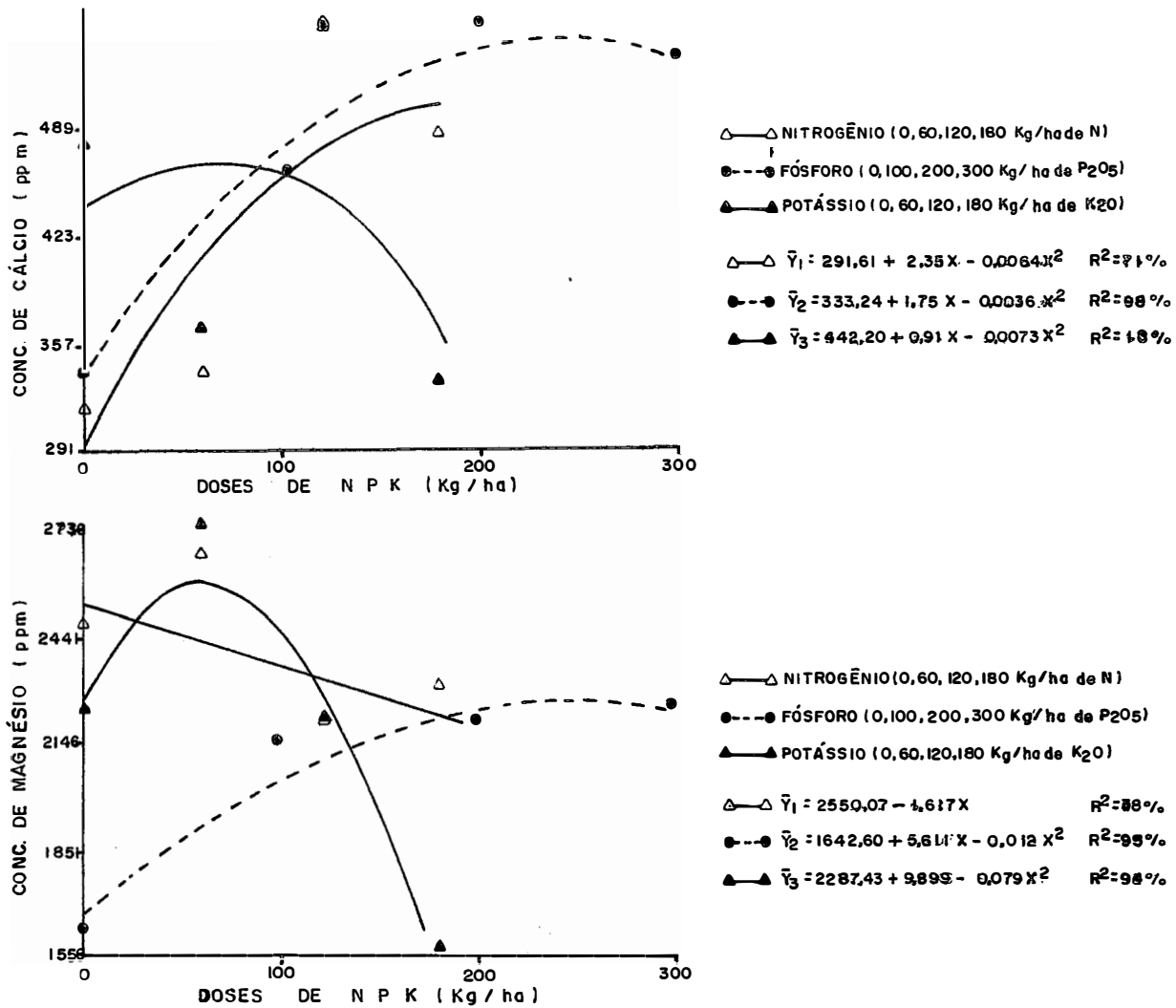


Figura 34 - Concentração (ppm) de cálcio e magnésio na massa celular produzida em função das adubações, com suplementação de sais no substrato.

#### 4.11.6 - Cobre

As concentrações de cobre na massa celular produzida com suplementação de sais, presentes na Tabela 22, mostraram efeitos da adição de doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$ , revelando, através da análise de variância, valor de F altamente significativo. Por meio do teste de Tukey a 5%, utilizado para comparação entre as médias, foi permitido constatar a ocorrência de mudanças significativas nos teores de cobre na massa celular em função das adubações.

Utilizando-se os resultados de cobre expressos na Tabela 22, foram construídas, através da análise de regressão polinomial até o 2º grau, as curvas referentes à Figura 35, onde se correlacionaram doses crescentes dos fertilizantes adicionados no solo e teores de cobre na massa celular. Os resultados encontrados evidenciaram que 89%, 65% e 82% das variações observadas foram explicáveis por equações de regressão quadrática, respectivamente, nas doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$ .

Como pode ser visto nos tratamentos com nitrogênio suplementados com sais, as concentrações médias de cobre apresentaram variações crescentes com o aumento das doses de nitrogênio aplicadas no solo, comparando-se os resultados com o tratamento 0 N (022) kg de N/ha, que não recebeu adubação nitrogenada. Pode ser apreciado em outros segmentos deste trabalho, o efeito positivo do nitrogênio sobre o cobre, conforme observações realizadas na planta e na massa celular produzida sem suplementação de sais. Resultados obti-

dos por DANTAS (1982), com sorgo granífero, foram concordantes com os resultados conseguidos no presente estudo.

Pode ser aquilatado nos tratamentos com fósforo suplementados com sais, que os teores de cobre decresceram gradualmente com o aumento das doses de fósforo aplicadas no solo, a partir do tratamento 100 P (212) kg de  $P_2O_5$ /ha, embora se tenha verificado um acréscimo dos teores de cobre entre o tratamento que não recebeu adubação fosfatada e o tratamento 100 P (212) kg de  $P_2O_5$ /ha. As variações observadas nesses resultados assemelham-se às mesmas seqüências conseguidas neste trabalho com relação à planta e à massa celular produzida sem suplementação de sais, ou seja, efeito depressivo do fósforo sobre o cobre, no que foi concordante com as evidências de BINGHAN *et alii* (1958) e SHUKLA e SINGH (1979).

Quando se procurou estabelecer correlações entre os tratamentos com potássio suplementados com sais e os teores de cobre na massa celular, se conseguiu constatar decréscimo nos teores de cobre com o aumento das doses crescentes do adubo, a partir do tratamento 60 K (221) kg de  $K_2O$ /ha. Esta redução na concentração do cobre na massa celular, verificada nos tratamentos com potássio suplementado com sais, reside provavelmente no fato de se ter adicionado no substrato sais de fósforo, e este, por seu turno, exerce efeito depressivo sobre o cobre.

#### 4.11.7 - Ferro

As concentrações de ferro na massa celular produzida com suplementação de sais e conseguidas em função dos tratamentos que receberam doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  no solo, encontram-se na Tabela 22 (Apêndice), e as ilustrações são mostradas na Figura 35.

Examinando-se a Tabela 22, percebe-se que a análise de variância determinou valor de F significativo ao nível de 1% de probabilidade, e o teste de Tukey a 5% permitiu evidenciar mudanças significativas nos teores de ferro na massa celular em função das adubações.

Em virtude do constatado na Tabela 22 e utilizando-se a análise de regressão polinomial até o 2º grau, foram construídas as curvas da Figura 35, referentes ao ferro. Como se percebe, foram conseguidos reduzidos coeficientes de determinação, ou seja, 64%, 1% e 15%, respectivamente, nas doses de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$ .

A análise da correlação existente entre doses crescentes de nitrogênio adicionadas no solo com os teores de ferro na massa celular produzida com suplementação de sais, permitiu evidenciar que os dados se ajustaram a uma equação de regressão quadrática, com tendência à redução dos teores de ferro, com o aumento das doses crescentes do adubo, concentrando-se o maior teor de ferro no tratamento 120 N (222) kg de  $K_2O$ /ha. Este efeito depressivo do nitrogênio sobre o ferro foi igualmente verificado neste trabalho com

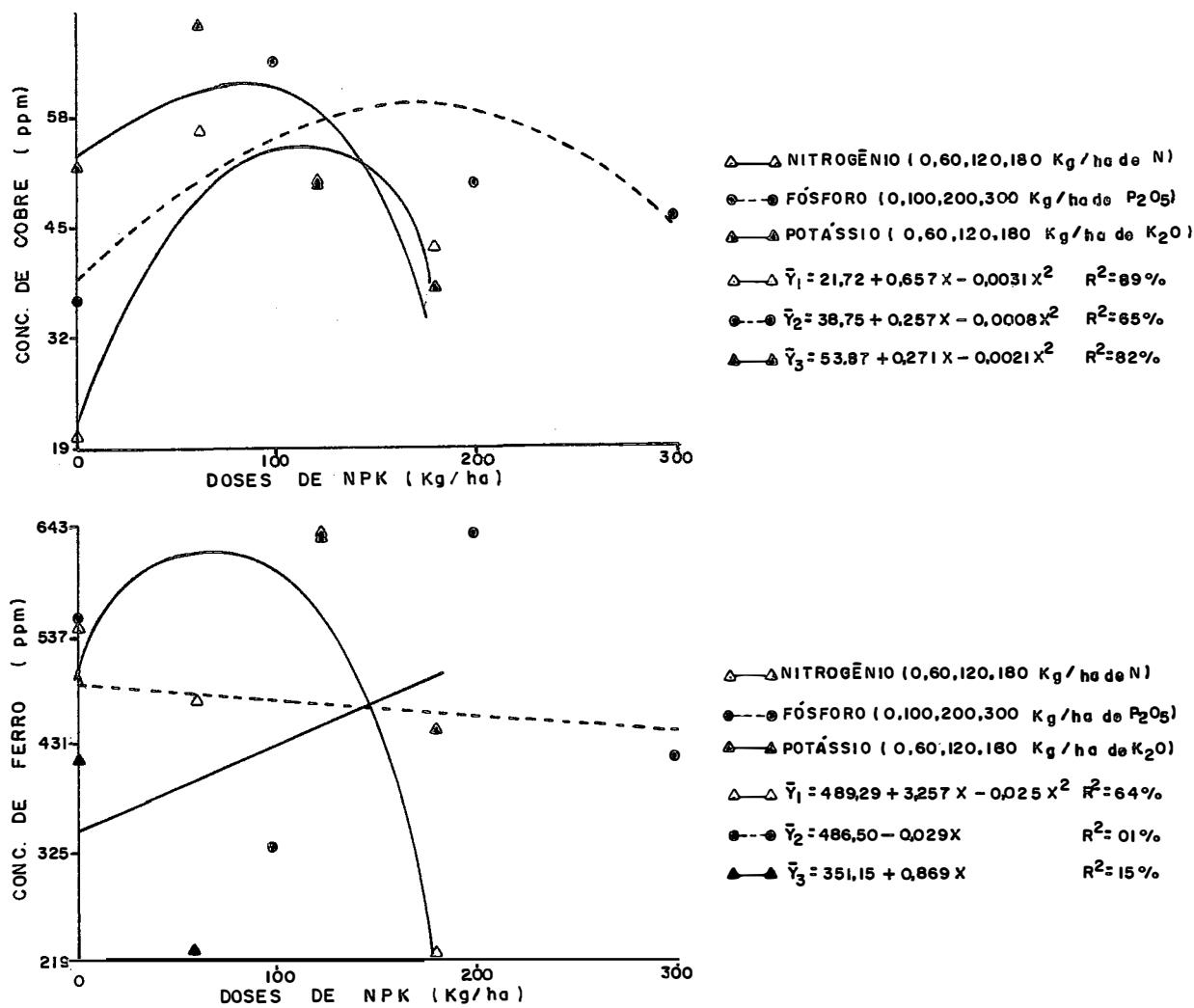


Figura 35 - Concentração (ppm) de cobre e ferro na massa celular produzida em função das adubações, com suplementação de sais no substrato.

relação aos teores de ferro na folha e no caldo, da mesma forma constatado por DANTAS (1982) e por Brown e Tiffin, citados por OLSEN (1972).

Nos tratamentos que receberam doses crescentes de fósforo com suplementação de sais no substrato, verifica-se que os dados não foram expressivos para se perceberem variações representativas frente às adubações. Entretanto, evidencia-se uma tendência dos teores de ferro diminuírem com as doses crescentes de fósforo, no que foi concordante com os resultados obtidos no presente trabalho, com relação aos teores de ferro na massa celular produzida sem suplementação de sais.

Ao se analisarem os teores de ferro na massa celular, obtidos em função dos tratamentos com potássio suplementados com sais, verifica-se, mais precisamente a partir do tratamento 60 K (221) kg de  $K_2O$ /ha, que os teores de ferro tendem a aumentar com as doses crescentes do adubo fosfatado, fato este constatado neste trabalho, com relação à massa celular produzida sem suplementação de sais.

#### 4.11.8 - Manganês

Os teores de manganês na massa celular produzida com suplementação de sais encontram-se na Tabela 22 (Apêndice) e mostraram correlação com as doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  adicionadas



no solo, traduzidas por equações de regressão linear e quadrática, presentes na Figura 36.

Observa-se, pela Tabela 22, que a análise de variância revelou valor de F significativo ao nível de 1% de probabilidade e o teste de Tukey a 5% permitiu constatar que as adubações ocasionaram mudanças significativas nos teores de manganês na massa celular produzida com suplementação de sais no substrato.

A análise da Figura 36 permitiu evidenciar que 62%, 82% e 28% da variação dos dados foram explicáveis por equações do 1º e 2º graus, ou seja, houve efeito múltiplo do N e  $P_2O_5$  e efeito linear do  $K_2O$  aplicado no solo, sobre os teores de manganês na massa celular.

Nota-se, nos tratamentos com nitrogênio suplementados com sais, uma tendência dos teores de manganês aumentarem, acompanhando as doses crescentes do fertilizante aplicado no solo. É oportuno notar que fato semelhante foi observado por ZAGO (1982), com as leveduras IZ-1904 e M-300-A, em mosto de xarope suplementado com sais. Entretanto, essa maior absorção do manganês nos tratamentos com nitrogênio parece estar ligado, com efeito, à suplementação de sais no substrato, que proporcionou acúmulo de mais fósforo na massa celular. Estudos que salientam tais assuntos são apreciados no trabalho de JENNINGS *et alii* (1958), que sugere ser o carregador do manganês um composto fosforilado formado na membrana celular.

Ao se analisarem os efeitos das doses crescentes de

fósforo aplicadas no solo, sobre os teores de manganês na massa celular produzida com suplementação de sais, percebe-se efeito positivo do fósforo sobre o manganês, no que foi concordante com JENNINGS *et alii* (1958) e ZAGO (1982).

Nos tratamentos com potássio suplementados com sais, os teores de manganês na massa celular mostraram uma tendência de diminuir com o aumento das doses do fertilizante aplicadas no solo. Esses resultados diferem dos apresentados neste trabalho com respeito aos teores de manganês determinados na massa celular produzida sem suplementação de sais. Por outro lado, TENÓRIO (1981) verificou, em planta, que aumentando os teores de potássio na solução nutritiva, havia decréscimo nos teores de manganês na matéria seca do feijoeiro.

#### 4.11.9 - Zinco

Os teores de zinco na massa celular produzida com suplementação de sais, conseguidos em função das doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  aplicadas no solo, são visualizados na Tabela 22 (Apêndice), e as referidas ilustrações são mostradas na Figura 36.

A análise de variância que determinou os efeitos da adição de doses crescentes dos fertilizantes no solo revelou valor de F altamente significativo, e o teste de Tukey a 5% permitiu constatar a ocorrência de mudanças significativas nos teores de zinco na massa celular.

Observando-se a Figura 36, verifica-se que os referidos teores ajustaram-se a equações de regressão quadrática, com coeficientes de determinação da ordem de 89%, 90% e 29%, respectivamente, nas doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  adicionados no solo.

Ao se estudar a concentração de zinco na massa celular, nos tratamentos com nitrogênio suplementados com sais, observa-se que houve decréscimo nos teores de zinco, seguindo os acréscimos verificados nas doses do fertilizante aplicado no solo até atingir o tratamento 120 N (222) kg de N/ha. Por meio desses resultados, observa-se que o nitrogênio exerceu efeito depressivo sobre o zinco, concordando com os resultados obtidos neste trabalho com relação à massa celular produzida sem suplementação de sais e igualmente de acordo com os resultados alcançados por ZAGO (1982).

A concentração de zinco na massa celular, referente aos tratamentos com fósforo suplementados com sais aumentou acompanhando as doses crescentes do fertilizante adicionado no solo, mais precisamente a partir do tratamento 100 P (212) kg de  $P_2O_5$ /ha. Este efeito positivo do fósforo sobre os teores de zinco na massa celular está de acordo com os resultados obtidos neste trabalho com relação aos teores de zinco na massa celular produzida sem suplementação de sais, e da mesma forma concordante com as observações de LOWFORD e PIK (1980). Entretanto, o comportamento das leveduras Fleischmann e Iz-1904, observado por ZAGO (1982), foi exatamente o oposto das evidências conseguidas neste trabalho com a levedura Fleis-

chmann.

Ao se analisar o efeito das doses crescentes do adubo potássico sobre a concentração de zinco na massa celular produzida com suplementação de sais, observa-se que os dados ajustaram-se a uma equação de regressão quadrática, com tendência a decrescerem com o aumento das doses do fertilizante adicionadas no solo. Este efeito depressivo do potássio sobre o zinco foi do mesmo modo observado neste trabalho com respeito aos teores de zinco na massa celular produzida sem suplementação de sais. Em plantas, o efeito do potássio parece ser de natureza sinérgica, segundo WEAR e PATTERSON (1965).

Em última análise, verifica-se que, em conjunto, os resultados obtidos no presente trabalho concordam com os apresentados por POMERANZ e DIKEMAN (1977), que obtiveram, em levedura de cervejaria, teores de 1.960 ppm de potássio, 1.870 ppm de magnésio e 310 ppm de cálcio. Os resultados são do mesmo modo concordantes com os conseguidos por ZAGO (1982), que encontrou na levedura Fleischmann teores de 4,58% de nitrogênio, 1,95% de fósforo, 2,46% de potássio, 0,28% de magnésio e 25 ppm de manganês, valores que incluem os resultados obtidos neste trabalho. Por outro lado, os resultados divergem dos alcançados por POMERANZ e DIKEMAN (1977), referentes aos teores de 11 ppm de cobre, 79 ppm de ferro, 5 ppm de manganês e 29 ppm de zinco, e são igualmente contrários ao teor de 564 ppm de zinco observado por ZAGO (1982).

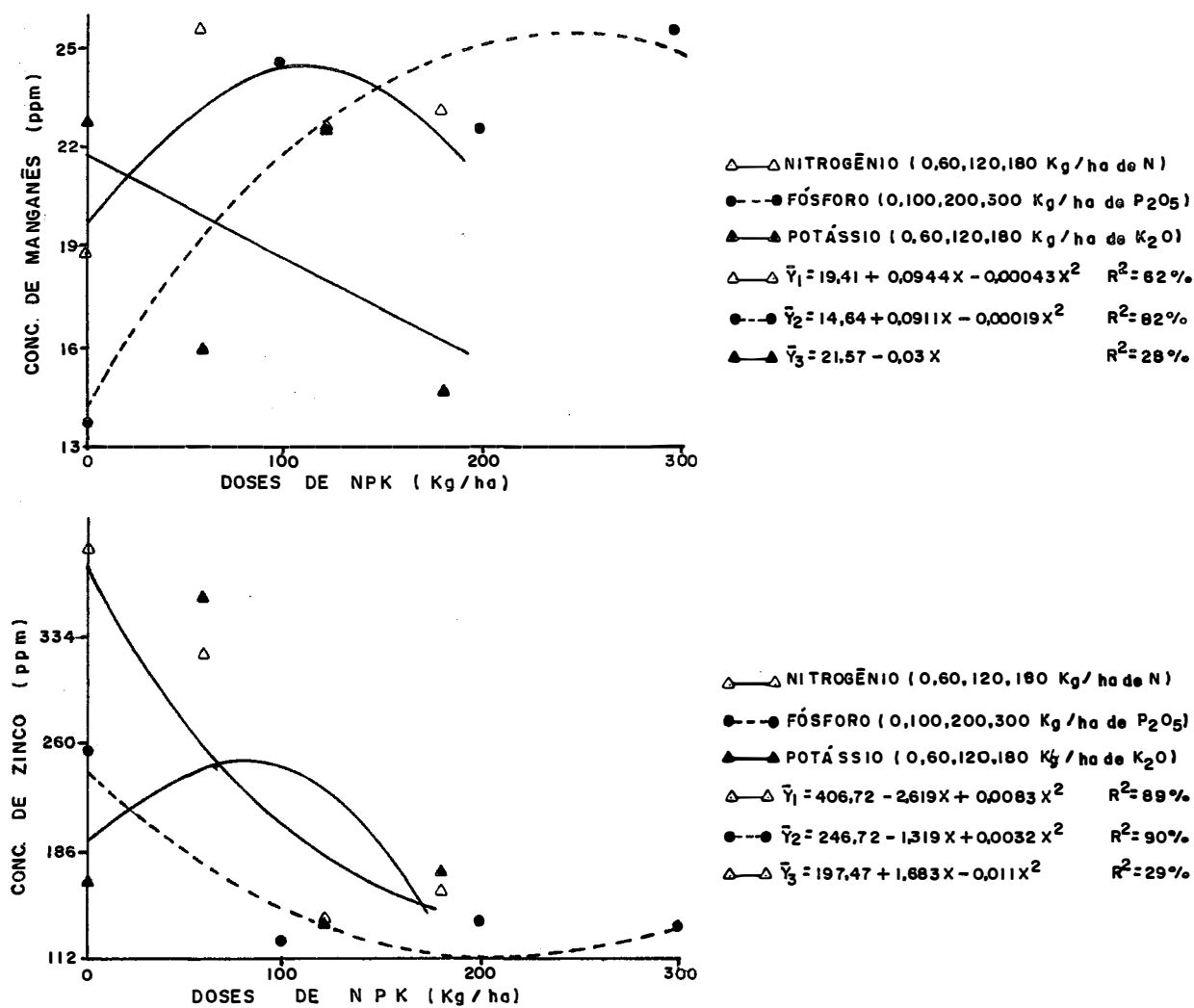


Figura 36 - Concentração (ppm) de manganês e zinco na massa celular produzida em função das adubações, com suplementação de sais no substrato.

#### 4.12 - Rendimentos da Fermentação

Os dados referentes ao rendimento da fermentação, conseguidos em função das doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  aplicadas no solo, encontram-se na Tabela 23 (Apêndice). Essas determinações foram realizadas durante cinco ciclos de fermentação sem arejamento. A análise estatística permitiu constatar valor de F altamente significativo, e a utilização do teste de Tukey a 5% para comparação entre as médias mostrou que as adubações ocasionaram mudanças significativas no rendimento da fermentação. A associação desses dados e a utilização da análise de regressão polinomial até o 2º grau permitiram obter as curvas da Figura 37, referentes aos rendimentos obtidos em função das doses de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$ , no decorrer de cinco ciclos de fermentação.

##### 4.12.1 - Efeito do nitrogênio

A observação da Figura 37, onde se correlacionaram os tratamentos com nitrogênio e o rendimento da fermentação, permite constatar comportamentos dessemelhantes nos cinco ciclos de fermentação.

Em alegação aos resultados conseguidos no primeiro ciclo, verifica-se que as determinações realizadas no vinho (V/V), aumentaram em função das doses crescentes de nitrogênio, ajustando-se os dados a uma equação de regressão quadrática, acusando, em mé

dia, rendimento de 89% e teor alcoólico de 8,19%. Esta foi a fermentação que apresentou maiores concentração de álcool e rendimento, nos tratamentos com nitrogênio.

No segundo ciclo, o rendimento aumentou em função das doses crescentes de adubo, obedecendo a uma equação de regressão quadrática, com coeficiente de determinação da ordem de 79%. De acordo com os dados obtidos, o teor alcoólico encontrado correspondeu, em conjunto, a 8% e o rendimento atingiu 87%.

Nota-se que no terceiro ciclo de fermentação foi igualmente observada uma variação no rendimento, com tendência crescente em relação às doses do adubo aplicado ao solo, porém com um baixo coeficiente de determinação de 51%, menor, portanto, que os encontrados nas demais fermentações.

Em razão dos resultados obtidos, verifica-se que a concentração de álcool no vinho (V/V) correspondeu, em média, a 7,78% e o rendimento situou-se em torno de 89%.

A análise dos resultados obtidos na quarta fermentação evidenciou que os valores de rendimento ajustaram-se a uma equação de regressão do 2º grau, com coeficiente de determinação da ordem de 65%. Constatou-se uma tendência de aumento no rendimento, em função das doses crescentes de nitrogênio, porém com alto rendimento (95%) no tratamento 60 N (122) kg de N/ha. Dos resultados foi observado que o teor alcoólico nesses tratamentos alcançou 7,49% e o rendimento chegou a 88%.

Ao se estudar o rendimento da fermentação no quinto ciclo, verifica-se, com relação ao nitrogênio, que houve uma tendência crescente do rendimento nas doses também crescentes do fertilizante, ajustando-se os dados a uma correlação múltipla, com coeficiente de determinação da ordem de 91%. Os resultados evidenciam, para o último ciclo de fermentação, teor alcoólico da ordem de 6,93% e rendimento em torno de 83%.

Constata-se, pela Tabela 23 e Figura 37, que o rendimento não apresentou grande variabilidade nas cinco fermentações, mostrando-se, em conjunto, relativamente constante, exceto no tratamento que não recebeu adubação nitrogenada, onde o rendimento diminuiu de 83% no primeiro ciclo para 71% no quinto ciclo. Entretanto, com relação aos teores de álcool, observou-se uma tendência pronunciada de redução dos referidos teores, nas fermentações, acusando, em média, maior teor no primeiro ciclo, com 8,19%, e o menor teor alcoólico no quinto ciclo, com 6,93%. Esta redução parece evidenciar uma alteração no metabolismo da levedura, já que o inóculo dos ciclos subsequentes foi o mesmo utilizado na primeira fermentação.

Os resultados obtidos com relação ao teor alcoólico e rendimento da fermentação nos tratamentos com nitrogênio, são concordantes com os relatos de TEIXEIRA e SALATI (1957), que conseguiram, com cana-de-açúcar, 87,5% de rendimento e teor alcoólico de 9,70%, partindo de caldo enriquecido com  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Da mesma forma,



foi conseguido por TEIXEIRA *et alii* (1976), com sorgo sacarino, 6,7% de teor alcoólico e 82% de rendimento do teórico.

#### 4.12.2 - Efeito do fósforo

Os valores do teor alcoólico e rendimento da fermentação, obtidos em função dos tratamentos com fósforo, expostos na Tabela 23 e ilustrados na Figura 38, mostraram variações em todas as fermentações realizadas.

A observação dos dados relativos ao primeiro ciclo de fermentação permitiu constatar um aumento no rendimento acompanhando as doses crescentes de fósforo, ajustando-se os resultados a uma equação de regressão do 2º grau, com coeficiente de determinação da ordem de 91%. Através desses resultados, verifica-se, para o primeiro dia, que o rendimento atingiu, em média, 87%, e se obteve teor alcoólico de 8,62%.

Ao se estudar o rendimento da segunda fermentação, observou-se que os dados obedeceram a uma equação de regressão quadrática, com reduzido coeficiente de determinação ( $R^2 = 32\%$ ). Como se percebe (Figura 37), os resultados apresentaram uma tendência decrescente com relação ao rendimento, com o menor valor no tratamento que recebeu a maior dose do adubo fosfatado, ou seja, o tratamento 300 P (232) kg de  $P_2O_5$ /ha. Na segunda fermentação, o ren

dimento atingiu, em média, 83%, e o teor alcoólico chegou a 8,10%.

Os resultados obtidos no terceiro ciclo de fermentação ajustaram-se a uma equação de regressão, em que 70% da variação dos dados foram explicáveis por uma equação do 2º grau, ou seja, houve um efeito múltiplo entre as doses de fósforo e o rendimento da fermentação, com tendência crescente do rendimento em relação à adubação. Os resultados da terceira fermentação apresentaram, em conjunto, 83% de rendimento e teor alcoólico de 7,86%.

A adição de doses crescentes de fósforo no solo, ocasionou, na quarta fermentação, variações no rendimento, que foram explicáveis por uma equação quadrática com coeficiente de determinação da ordem de 65%. Os resultados levam à observação de que existe uma tendência dos valores de rendimento aumentarem com as doses crescentes de fósforo, mais acentuadamente até o tratamento 200 P (222) kg de  $P_2O_5$ /ha. Dos resultados expressos na Tabela 23, se infere que na quarta fermentação o rendimento foi, em conjunto, 83%, e o teor alcoólico 7,56%.

Ao se correlacionarem doses crescentes de fósforo com o rendimento da quinta fermentação, verifica-se que a equação de regressão representativa foi a do 2º grau, com coeficiente de determinação da ordem de 65%. Os resultados encontrados mostram uma tendência dos valores de rendimento aumentarem seguindo as do-

ses crescentes de fósforo, e evidenciam, em média, 85% de rendimento e 7,60% de teor alcoólico.

Em razão dos resultados conseguidos nos tratamentos com fósforo, verifica-se semelhantemente aos alcançados nos tratamentos com nitrogênio, que em média, os resultados de rendimento não apresentaram grandes variações nos cinco ciclos de fermentação, evidenciando apenas com relação ao teor alcoólico uma tendência dos valores diminuírem da primeira para a quinta fermentação.

Em última análise, os resultados seguiram aqueles alcançados anteriormente por diversos pesquisadores, como TEIXEIRA e SALATI (1957), TEIXEIRA *et alii* (1976) e LOPES *et alii* (1981).

#### 4.12.3 - Efeito do potássio

Os resultados relativos ao rendimento da fermentação, obtidos em função das doses crescentes de potássio aplicadas no solo, encontram-se na Tabela 23. Com os dados originais e mediante a utilização da análise de regressão até o 2º grau, foram construídas as curvas referentes ao potássio, presentes na Figura 37.

Em razão dos resultados obtidos na primeira fermentação, percebe-se que as determinações realizadas no vinho (V/100), aumentaram em função das doses crescentes de potássio, ajustando-se

os dados a uma equação de regressão quadrática, com coeficiente de determinação da ordem de 91%. Os resultados mostram, em conjunto, 86% de rendimento e teor alcoólico de 8,66% no primeiro ciclo de fermentação.

Quando se correlacionaram doses crescentes de potássio com o rendimento da segunda fermentação, verificou-se uma tendência dos valores de rendimento aumentarem com as adubações, cujas variações foram explicáveis por uma equação de regressão do 2º grau, com elevado coeficiente de determinação, da ordem de 99%. Os resultados indicaram, para os tratamentos com potássio, que na segunda fermentação, o rendimento atingiu, em média, 83%, e o teor alcoólico correspondeu a 8,15%.

Com referência à terceira fermentação, observou-se que as doses crescentes de potássio proporcionaram variações no rendimento, explicáveis por uma equação de regressão do 2º grau, com coeficiente de determinação da ordem de 80%. Analisando-se a Figura 37, no tocante ao potássio, verifica-se que o rendimento aumentou, acompanhando as doses crescentes do adubo, mais especificamente até o tratamento 120 K (222) kg de  $K_2O$ /ha. Os resultados evidenciaram que o rendimento médio da terceira fermentação foi igual a 86% e o teor alcoólico chegou a 8,15%.

Ao se correlacionarem doses crescentes de potássio com o rendimento da quarta fermentação, percebe-se que a equação significativa foi a do 2º grau, apresentando elevado coeficiente de

determinação ( $R^2 = 95\%$ ). Os resultados evidenciaram que o rendimento aumentou seguindo as doses crescentes de potássio, até atingir o tratamento 120 K (222) kg de  $K_2O/ha$ , embora todos os valores sejam superiores ao tratamento que não recebeu a adubação potássica. Pode ser apreciado na Tabela 23, que na quarta fermentação, o rendimento médio alcançou 86% e o teor alcoólico 7,56%.

Ao se analisar o efeito das doses crescentes de potássio sobre o rendimento da quinta fermentação observou-se reduzido coeficiente de determinação, ou seja, 48% da variação dos dados foram explicáveis por uma equação de regressão do 2º grau, com uma tendência dos valores de rendimento decrescerem com o aumento das doses do adubo, mais especificamente a partir do tratamento 60 K (221) kg de  $K_2O/ha$ . Dos resultados se extrai que na quinta fermentação o rendimento chegou, em média, a 87%, e o teor alcoólico 7,86%.

Embora não se tenham provas conclusivas, os resultados parecem indicar, mais uma vez, pouca variabilidade nos rendimentos relativos aos cinco ciclos de fermentação. Variações mais pronunciadas foram verificadas no teor alcoólico com tendência a decrescer, conforme se evidencia através da Tabela 23. Foi demonstrado, por evidências conseguidas através do teste de Tukey a 5%, que as médias de rendimento entre os tratamentos permaneceram muito próximas, destacando-se apenas os tratamentos (022), (202) e (220), que não receberam adubações com N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$ , respectivamente, e que apresentaram os menores valores de rendimento em quase todas as fermentações. Por outro lado, verifica-se que os resultados obtidos es

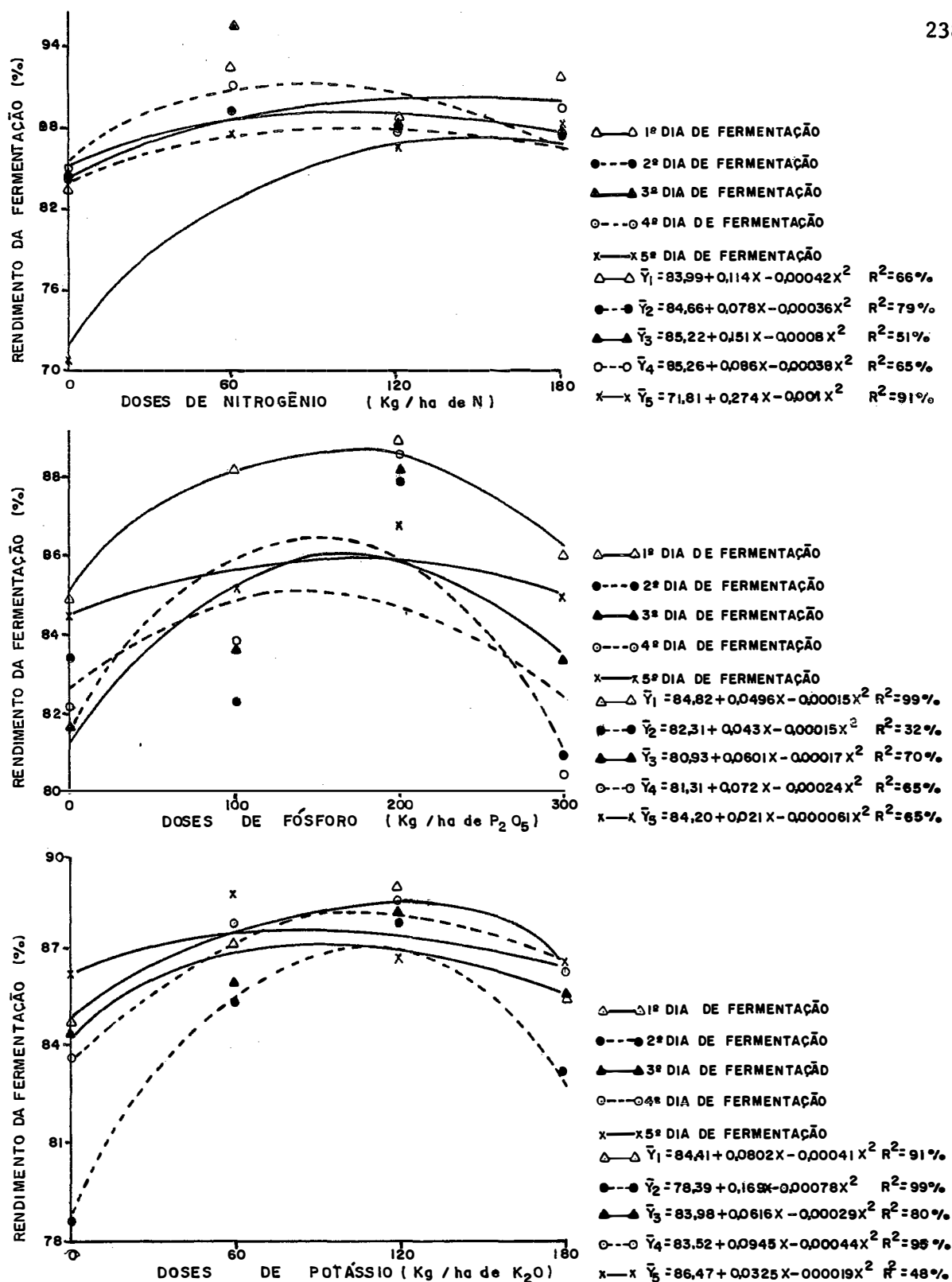


Figura 37 - Rendimento (%) das cinco fermentações, em função das doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio aplicadas no solo, sem suplementação de sais no substrato.

tão em perfeito acordo com as evidências de GERMEK e STURION (1980) e TEIXEIRA *et alii* (s/d), conseguidas com sorgo sacarino, porém foram superiores às observações de DREWS (1959), obtidas com a fermentação do melão.

#### 4.13 - Otimização da Fermentação

Os resultados referentes ao rendimento da fermentação obtidos em função das adubações, e da suplementação com sais no substrato, encontram-se na Tabela 24 (Apêndice), com ilustração na Figura 38, e se referem às análises realizadas no primeiro e segundo ciclos após 22 horas de fermentação, sem arejamento. Os resultados foram submetidos à análise de variância que determinou valor de F altamente significativo, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%.

##### 4.13.1 - Primeira fermentação

Com respeito aos resultados conseguidos na primeira fermentação, verifica-se que nos tratamentos com nitrogênio as determinações realizadas no vinho (V/100) tenderam a aumentar com a dose do adubo utilizada e com a suplementação de sais.

Em razão dos resultados obtidos com a dose de adubação 0 N (022) kg de N/ha, constata-se maior rendimento quando não foi adicionado sais no substrato. Entretanto, com relação ao trata-

mento 180 N (322) kg de N/ha, observou-se exatamente o oposto, ou seja, a suplementação com nitrogênio proporcionou maior rendimento, que atingiu 81,6%.

Ao se estudarem os rendimentos nos tratamentos com fósforo, percebe-se que o maior valor atingiu 82,95% e foi obtido no tratamento 0 P (202) kg de  $P_2O_5$ /ha, sem suplementação com sais. No tratamento com o maior nível de fósforo (232), o melhor rendimento foi conseguido também sem suplementação de sais. Estas evidências conduzem à análise de que as quantidades de fósforo utilizadas no substrato apresentaram tendência para reduzir o rendimento da fermentação.

Os resultados de rendimento nos tratamentos com potássio evidenciaram, para o nível zero, maior valor quando não foram adicionados sais no substrato. O maior rendimento da fermentação foi conseguido no tratamento 180 K (223) kg de  $K_2O$ /ha, sem suplementação. É oportuno notar, nesses tratamentos, que existe tendência dos resultados sem suplementação serem superiores àqueles conseguidos com suplementação do sal no substrato.

Quando se analisa o tratamento que recebeu os três sais N, P, K, no substrato, e se confronta o resultado com o tratamento que não recebeu suplementação, novamente se constata que houve tendência do tratamento sem suplementação superar em rendimento aquele que recebeu suplementação, conforme se visualiza na Tabela 24.



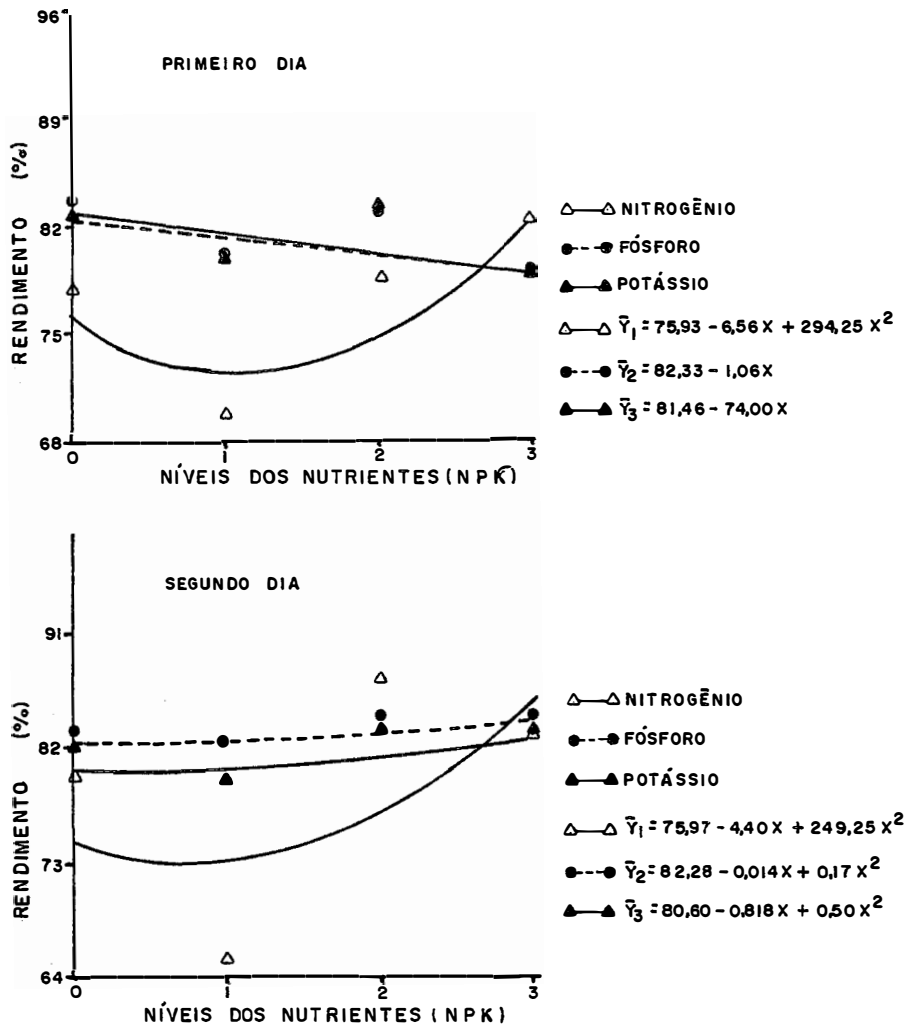
## 4.13.2 - Segunda fermentação

Os dados de rendimento conseguidos na segunda fermentação, evidenciam, com relação aos níveis de nitrogênio, que o tratamento 0 N (022) kg de N/ha, sem suplementação, apresentou maior rendimento, confrontando-se esse resultado com o tratamento que recebeu suplementação. Com respeito ao tratamento de maior nível de nitrogênio, foi observado comportamento idêntico, permanecendo o maior rendimento com o tratamento 180 N (322) kg de N/ha, sem suplementação, que mostrou 86,36% de rendimento.

Ao se examinar o rendimento alcançado no tratamento com nível zero de fósforo, verifica-se que seu valor no tratamento sem suplementação está muito próximo do obtido com suplementação, constatando-se tendências semelhantes com relação ao rendimento conseguido com o maior nível de fósforo, mostrando os resultados, em conjunto, relativamente constantes.

Ao se estudar o rendimento nos tratamentos com potássio, verifica-se que o valor no tratamento 0 K (220) kg de  $K_2O$ /ha, sem suplementação, apresentou tendência de ser superior ao tratamento com suplementação. Com referência ao tratamento com a maior dose de potássio, verificam-se valores relativamente constantes, apresentando o tratamento sem suplementação maior rendimento, que atingiu 82,83%.

Ao se confrontar o tratamento que recebeu suplementação com N, P, K, com aquele sem suplementação, observa-se que o



0 - MENOR DOSE DO ADUBO S/ SUPL. NO SUBST.

1 - MENOR DOSE DO ADUBO C/ SUPL. NO SUBST.

2 - MAIOR DOSE DO ADUBO S/ SUPL. NO SUBST.

3 - MAIOR DOSE DO ADUBO C/ SUPL. NO SUBST.

Figura 38 - Rendimento da fermentação (%) no primeiro e segundo ciclos, em função dos níveis de nitrogênio, fósforo e potássio, sem suplementação e com suplementação de sais no substrato.

maior rendimento foi obtido no tratamento sem suplementação, que apresentou rendimento de 85,94%, assim como se percebe na Tabela 24.

#### 4.14 - Alcôois Superiores

Os resultados dos teores dos alcôois superiores normal propanol, iso-butílico e iso-amílico, obtidos em função das adu**bações**, sem suplementação e com suplementação de sais, encontram-se na Tabela 25, com ilustrações nas Figuras 39 e 40. As análises se referem aos teores de alcôois superiores determinados no primeiro e segundo ciclos de fermentação. Os resultados foram examinados através da análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5%.

##### 4.14.1 - Primeira fermentação

Com relação aos resultados obtidos na primeira fermentação, observou-se, no tratamento com nitrogênio, que os menores teores do n-propanol corresponderam ao tratamento 0 N (022) kg de N/ha, sem suplementação de sais, com tendência a aumentar após adição de sais no substrato. Em razão dos resultados obtidos com o tratamento 180 N (322) kg de N/ha, verificou-se que neste caso o maior teor de n-propanol permaneceu com o tratamento sem suplementação, decrescendo com a suplementação de sais. Numa análise global, infere-se que os maiores teores de nitrogênio no caldo tendem a au-

mentar o teor do n-propanol no destilado, até a maior dose do adubo (322), sem suplementação, fato que foi discordante das observações de OUGH e BELL (1981), realizada no vinho de uva.

Nos tratamentos com fósforo, o maior teor do n-propanol foi conseguido com a dose de adubação 0 P (202) kg de  $P_2O_5$ /ha, sem suplementação, evidenciando decréscimo no teor de n-propanol, quando se adicionou fósforo no substrato. No tratamento que recebeu a maior dose do adubo, percebeu-se exatamente o oposto, com tendência de aumentar o teor do n-propanol depois que se adicionou fósforo no substrato.

Analisando-se, ao mesmo tempo, esses resultados e os conseguidos com nitrogênio, percebe-se que nos tratamentos com fósforo houve tendência para maior concentração do n-propanol.

Em razão dos resultados obtidos nos tratamentos com potássio, observou-se, com a dose 0 K (220) kg de  $K_2O$ /ha, tendência de maior teor de n-propanol no tratamento sem suplementação, confrontando-se esse valor com o conseguido no tratamento em que se adicionou potássio no substrato. Entretanto, com referência ao tratamento 180 K (223) kg de  $K_2O$ /ha, houve tendência de maior concentração do n-propanol quando o caldo foi suplementado com potássio.

Note-se que, em conjunto, os resultados obtidos com relação ao potássio estiveram numa faixa intermediária, confrontando-se esses tratamentos com os de nitrogênio e fósforo. Os dados conseguidos evidenciam que os teores de n-propanol do destilado es-

tão muito próximos dos teores obtidos por GUTIERREZ (1977) em certas marcas de pinga, que mostraram possuir altos teores de n-propanol em sua composição.

O tratamento que recebeu adição de NPK no substrato mostrou tendência para maior concentração de n-propanol no vinho destilado que o tratamento (122) sem suplementação, conforme se verifica na Tabela 25.

Ao se examinar a concentração do iso-butanol na composição do destilado, percebe-se que os tratamentos com nitrogênio mostraram pequenas variações na dose 0 N (022) kg de N/ha, sem suplementação e com suplementação do sal no substrato, observando-se idêntico comportamento com relação à dose 180 N (322) kg de N/ha. Os resultados evidenciaram, portanto, que nos tratamentos com nitrogênio, os teores do iso-butílico não manifestaram grande variabilidade, mostrando-se relativamente constantes. Esses resultados divergem dos obtidos por SUOMALAINEN e KAHANPAA (1963), que consideraram a adição de sulfato de amônio no substrato como estimulante à formação de álcool iso-butílico. Entretanto, são concordantes com as afirmações de CHEN e GUELUVE (1976), que não encontraram correlação positiva entre a concentração de nitrogênio no substrato e o iso-butanol.

O teor do álcool iso-butílico determinado no tratamento 0 P (202) kg de  $P_2O_5$ /ha, com suplementação, apresentou tendência a ser superior ao mesmo tratamento sem suplementação. Os resul-

tados indicam igualmente, que o teor do iso-butanol no tratamento 300 P (232) kg de  $P_2O_5$ /ha foi maior quando se adicionou fósforo no substrato.

Nota-se, nos tratamentos com potássio, que com a dose 0 K (220) kg de  $K_2O$ /ha, sem suplementação, o teor do iso-butanol mostrou tendência de ser superior ao conseguido com suplementação de potássio, enquanto que, no tratamento 180 K (223) kg de  $K_2O$ /ha, com suplementação, o teor do iso-butanol mostrou tendência de ser superior ao mesmo tratamento sem suplementação de potássio no substrato.

O tratamento que recebeu adição de NPK no substrato proporcionou menor teor de iso-butanol, examinando-o simultaneamente com o tratamento que não recebeu suplementação, embora a diferença observada não tenha sido significativa.

Através dos resultados constantes na Tabela 25, pode-se estabelecer que os teores de iso-butanol foram, em conjunto, superiores aos resultados conseguidos por GUTIERREZ (1977), com diferentes tipos e marcas de bebidas. Nota-se apenas que o teor de iso-butanol no destilado obtido neste trabalho foi comparável a uma marca de whisky e outra de pinga. Resultados obtidos por CHEN e GUELWE (1976), com malte, foram menores que os conseguidos com sorgo sacarino, e mostraram que o álcool do malte praticamente não possui iso-butanol em sua composição.

Ao se estudar a concentração do álcool iso-amílico na composição do destilado, verifica-se, nos tratamentos com nitrogê-

nio, que na dose 0 N (022) kg de N/ha, o menor teor correspondeu ao tratamento sem suplementação, com sensível aumento no mesmo tratamento, com suplementação. Os resultados indicam, com relação à dose 180 N (322) kg de N/ha, que neste caso, o maior teor de iso-amílico correspondeu ao tratamento sem suplementação, com tendência a decrescer após adição de nitrogênio no substrato.

Os resultados mostraram que, nos tratamentos com fósforo, foram verificadas tendências de menores resultados quando não se adicionou sal no substrato. As observações foram notadas com relação a maior e também a menor dose do adubo aplicado no solo. Ressalte-se, também, que, em conjunto, os teores de iso-amílico no tratamento 0 P (202) kg de  $P_2O_5$ /ha, foram maiores que no tratamento 300 P (232) kg de  $P_2O_5$ /ha, o que leva a se inferir que doses elevadas do adubo aplicadas no solo tendem a proporcionar redução na concentração de álcool iso-amílico.

Nos tratamentos com potássio, os resultados mostraram tendência para que os maiores teores de iso-amílico se concentrassem nos destilados referentes aos tratamentos 0 K (220) kg de  $K_2O$  /ha, sem suplementação e com suplementação de sais. Com referência aos resultados obtidos com o tratamento 180 K (223) kg de  $K_2O$ , percebe-se que o menor teor de iso-amílico foi obtido sem suplementação de sais, com tendência de aumentar após a adição de potássio no substrato.

Examinando-se ao mesmo tempo o tratamento (122), sem

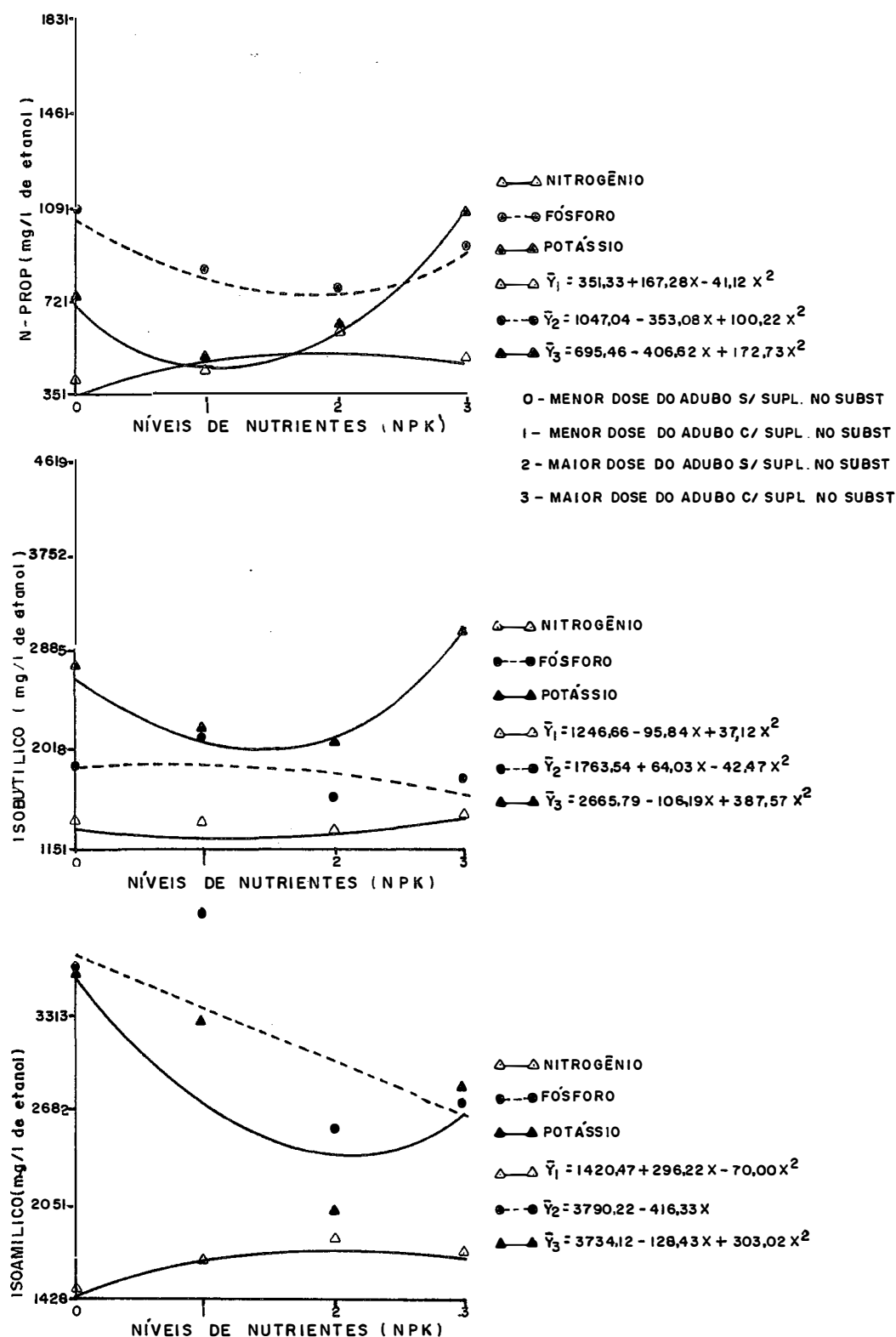


Figura 39 - Concentração dos alcoóis n-propanol, isobutílico e iso-amílico no vinho destilado, em função dos níveis de nitrogênio, fósforo e potássio, na primeira fermentação. Dados em mg/l de etanol.



suplementação e com suplementação de NPK, evidencia-se sensível decréscimo no teor de álcool iso-amílico, com a suplementação de sais, conforme se observa na Tabela 25.

Os resultados obtidos na primeira fermentação, em especial, as concentrações de iso-amílico no destilado, são comparáveis aos valores obtidos por GUTIERREZ (1977), com relação a determinadas marcas de conhaque e de pinga, que apresentaram em suas composições altos teores de álcool iso-amílico, porém diferem marcadamente das evidências de CHEN e GUELUWE (1976).

#### 4.14.2 - Segunda Fermentação

Através da Figura 40, referente aos teores de n-propanol, iso-butanol e iso-amílico, percebe-se que existe uma grande variação, não só entre os tratamentos, como também em relação ao tipo de álcool.

Ao se analisar o teor de n-propanol nos tratamentos com nitrogênio, verifica-se que o menor teor correspondeu ao tratamento 0 N (022) kg de N/ha, sem suplementação, havendo um acréscimo após adição de nitrogênio no substrato. Os resultados alcançados com relação ao tratamento 180 N (322) kg de N/ha, mostraram que o maior teor de n-propanol coincidiu com o tratamento que não recebeu suplementação, decrescendo após adição do nitrogênio no substrato.

Numa análise global, observou-se que a concentração do n-propanol no tratamento que não recebeu adução nitrogenada no

solo, apresentou tendência de ser menor que o de maior dose de nitrogênio, sem suplementação ou com suplementação de sais.

Os resultados evidenciam, nos tratamentos com fósforo, que na dose 0 P (202) kg de  $P_2O_5$ /ha, o teor de n-propanol mostrou tendência de aumentar com a suplementação de fósforo no substrato. Ao se examinar o tratamento 300 P (232) kg de  $P_2O_5$ /ha, observou-se maior teor de n-propanol, quando não foi adicionado sal de fósforo no substrato. Como se percebe na Figura 40, existe tendência dos maiores teores de n-propanol coincidirem com o tratamento que não recebeu fertilizante fosfatado no solo, sem suplementação ou com suplementação de sais.

Com referência aos teores de n-propanol no tratamento 0 K (220) kg de  $K_2O$ /ha, percebe-se que foi alcançado menor teor de n-propanol quando não se adicionou potássio no substrato, confrontando-se esse resultado com o mesmo tratamento que recebeu suplementação. Acrescente-se que resultado semelhante não se observou com o tratamento 180 K (223) kg de  $K_2O$ /ha, onde o teor de n-propanol tende a decrescer com adição de sais. Os resultados permitem relatar que, em conjunto, existe tendência do tratamento que recebeu a maior dose do adubo no solo, apresentar menor teor do n-propanol, sem suplementação ou com suplementação de sais.

No tratamento em que se estudou a suplementação com NPK, observou-se que houve um acréscimo no teor do n-propanol com a adição de sais, tendência que foi igualmente observada na primeira

fermentação.

Os teores de n-propanol obtidos na segunda fermentação foram comparáveis em determinados casos com os resultados conseguidos por GUTIERREZ (1977), mas diferiram dos relatos de OUGH e BELL (1981) e CHEN e GUELUWE (1976).

As concentrações de iso-butanol nos tratamentos que receberam as doses 0 N (022) kg de N/ha, sem suplementação e com suplementação de nitrogênio, não revelaram grandes mudanças nos seus valores, apresentando-se, no global, relativamente invariáveis. Percebem-se, igualmente, pequenas variações no tratamento 180 N (322) kg de N/ha, embora se constate tendência dos resultados obtidos nesse tratamento serem superiores aos conseguidos no tratamento 0 N (022) kg de N/ha, sem suplementação ou com suplementação de nitrogênio no substrato.

Ao se analisarem os tratamentos com fósforo, verifica-se que a maior concentração do álcool iso-butílico foi conseguido no tratamento 0 P (202) kg de  $P_2O_5$ /ha, sem suplementação, seguido pelo tratamento que recebeu adição de fósforo no substrato. Em razão dos resultados com a dose 300 P (232) kg de  $P_2O_5$ /ha, nota-se que a adição de sais não propiciou alteração na concentração do iso-butílico, percebendo-se que, em conjunto, existe tendência desses resultados serem menores em relação ao tratamento 0 P (202) kg de  $P_2O_5$ /ha.

Os resultados de iso-butílico conseguidos nos trata-

mentos com potássio, mostram, com relação à dose 0 K (220) kg de  $K_2O$ /ha, que houve tendência a decréscimo no teor do álcool quando se adicionou potássio no substrato, confrontando-se esse resultado com o tratamento que não recebeu suplementação. No tratamento 180 K (223) kg de  $K_2O$ /ha, observou-se exatamente o oposto, ou seja, a adição de sais no tratamento com a maior dose de potássio aumentou a concentração do iso-butílico.

Nota-se, com referência ao tratamento em que se estudou a adição de NPK, que o maior teor encontrado coincidiu com o tratamento (122) sem suplementação, conforme se constata na Tabela 25.

Ao se examinar a concentração do iso-amílico nos tratamentos estudados no presente trabalho, verifica-se, com relação aos tratamentos com nitrogênio, que o menor teor do álcool foi conseguido com a dose 0 N (022) kg de N/ha, havendo tendência de acréscimo em consequência da adição de nitrogênio no substrato. Entretanto, com respeito ao tratamento 180 N (322) kg de N/ha, verifica-se que a suplementação com o sal de amônia tende a decrescer a concentração do iso-amílico. Ressalte-se ainda que o resultado obtido com a maior dose do nitrogênio aplicada no solo foi superior àquela conseguida com o tratamento 0 N (022) kg de N/ha, sem suplementação.

Os resultados evidenciam, com relação aos tratamentos com fósforo, que a maior concentração do iso-amílico foi conseguida com o tratamento 0 P (202) kg de  $P_2O_5$ /ha, com suplementação de sais. Esse resultado indica, neste caso, que a adição de sais de fósforo

proporcionou tendência a acréscimo no teor do iso-amílico no destilado, fato este observado igualmente com relação ao tratamento 300 P (232) kg de  $P_2O_5$ /ha. Por outro lado, percebe-se que os maiores teores permaneceram no tratamento 0 P (202) kg de  $P_2O_5$ /ha, sem suplementação e, em particular, com suplementação de fósforo.

Como se percebe na Figura 40, os teores de iso-butílico variaram nos tratamentos com potássio, permanecendo o maior teor no tratamento 0 K (220) kg de  $K_2O$ /ha, sem suplementação, com tendência a decrescer com a adição de sais. No tratamento 180 K (223) kg de  $K_2O$ /ha, a tendência foi semelhante, ou seja, a adição de sais propiciou decréscimo na concentração do iso-butílico. Note-se que, neste tratamento se conseguiu o menor teor de álcool com relação aos demais tratamentos com potássio.

No tratamento (122), em que se analisou a variação da concentração do iso-amílico, sem suplementação e com suplementação de NPK no substrato, verificou-se que os tratamentos se mostraram relativamente constantes.

Em última análise, infere-se que a contribuição fundamental do estudo da qualidade do álcool produzido do sorgo sacarinó foi a de esclarecer o entendimento de que existe uma grande variação no teor dos alcóois superiores, entre os tratamentos e mesmo com relação aos ciclos de fermentação. Percebe-se, igualmente, comportamento distinto quanto à adição de sais no substrato, que pode aumentar o teor de álcool superior em um tratamento e diminuir em outro,

como é o caso do n-propanol nos tratamentos com fósforo e potássio.

Numa visão global, percebe-se que existem tendências de que os teores dos alcôois superiores não tenham nenhuma relação entre eles, ou seja, o destilado pode possuir teores mais elevados de iso-amílico e teores consideravelmente menores de n-propanol. Os tratamentos com potássio foram um exemplo disso. Observações semelhantes foram realizadas por GUTIERREZ (1977) com relação aos teores de alcôois superiores em bebidas alcoólicas, utilizando também cromatografia em fase gasosa.

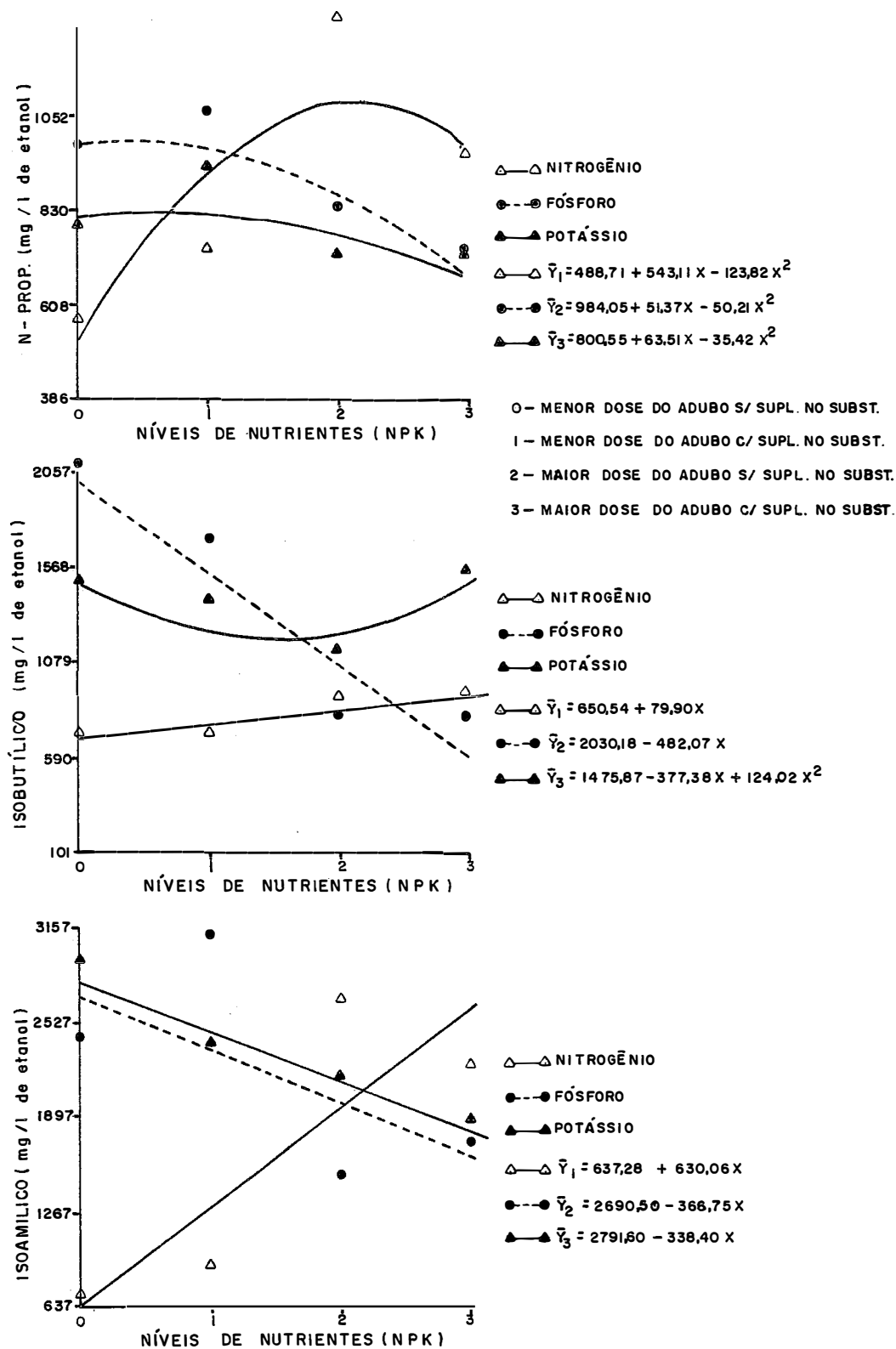


Figura 40 - Concentração dos alcoóis n-propanol, iso-butílico e iso-amílico, em função dos níveis de nitrogênio, fósforo e potássio, na segunda fermentação. Dados em mg/l de etanol.

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitiram as seguintes conclusões:

- As doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  aplicadas no solo afetaram a produção de colmos verdes, com o maior incremento proporcionado pelas doses 180 kg de N, 200 kg de  $P_2O_5$  e 120 kg de  $K_2O$ /ha.

- Em geral, os efeitos das doses crescentes de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  sobre os teores de nutrientes na folha e no caldo foram mais expressivos com relação ao nitrogênio, fósforo e potássio, quando estes foram analisados no caldo. As influências das adubações sobre os teores de cálcio, magnésio, cobre, ferro, manganês e zinco, foram igualmente constatadas através da análise da folha e do caldo. Em todas as fertilizações, os teores dos nutrientes na folha foram sempre superiores aos teores do caldo.



- A adição de doses crescentes de nitrogênio no solo fez com que aumentasse os teores do Brix, ART, AR e sacarose. A aplicação de fósforo proporcionou aumentos nos teores do Brix, ART e sacarose, porém decresceu os teores de AR. A adição de potássio no solo decresceu os teores do Brix, AR e sacarose, entretanto, houve decréscimo no ART, proporcionado apenas pela dose 120 kg de  $K_2O$ /ha.

- A produção de massa celular mostrou variações com a aplicação das doses crescentes dos adubos no solo, sem suplementação e com suplementação de sais no substrato. As maiores produções foram obtidas com a suplementação de sais no substrato.

- A viabilidade celular apresentou variações com a adição das doses crescentes dos fertilizantes no solo, sem suplementação e com suplementação de sais no substrato. Todavia, as porcentagens de viabilidade das células observadas não acompanharam necessariamente as doses crescentes dos fertilizantes, nem a suplementação com sais.

- O brotamento celular obtido com suplementação de sais no substrato foi superior ao atingido com as adubações, sem suplementação. Quanto maior a porcentagem de células em brotamento, maior foi a produção de massa celular.

- Os valores do Brix e AR residuais da multiplicação variaram em função das adubações sem suplementação e com suplementação de sais. Os valores encontrados, referentes aos tratamentos com suplementação, foram sempre menores que os obtidos sem suplementação no substrato.

- As concentrações de nutrientes na massa celular foram instáveis e variaram em função das adubações, sem suplementação e com suplementação de sais no substrato.

- Na massa celular produzida com suplementação, as concentrações de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio foram sempre maiores do que as encontradas na massa celular produzida sem suplementação, ocorrendo o inverso com o cobre, ferro e zinco, enquanto que as porcentagens de manganês foram muito semelhantes.

- Dependendo da dose de adubação considerada, as relações entre os nutrientes e o rendimento da produção de álcool não foram as mesmas para as cinco fermentações, embora os valores de rendimento se apresentassem muito semelhantes.

- Ocorreram diferenças entre os rendimentos da produção de álcool, obtidos sem suplementação e com suplementação de sais. Entretanto, os maiores rendimentos não foram em todos os tratamentos, proporcionados pela suplementação de sais no substrato.

- As concentrações de alcôis superiores apresentaram uma grande variação no vinho destilado e não evidenciaram nenhuma relação entre eles no que se refere às doses de adubação sem suplementação ou com suplementação de sais. Todavia, predominaram altos teores de alcôis iso-butílico e iso-amílico.

## 6. LITERATURA CITADA

- ALVES, T.C.F. e V. DEL BIANCO, 1971. Produção de levedura - alimen  
to e assimilação do nitrogênio em melaços brasileiros. In: Tec-  
nologia dos Processos Bioquímicos. Rio de Janeiro, Inst. Nac.  
Tec. p. 45-63.
- AMORIM, H.V., 1977. Introdução à bioquímica da fermentação alcoóli-  
ca. Araras, PLANALSUCAR, 91 p.
- AMORIM, H.V., 1982. Progressos na técnica de fermentação alcoólica  
no Brasil. Álcool e Açúcar. São Paulo, 2(4): 50-56.
- AMORIM, H.V.; E.A. ZAGO; A.J. OLIVEIRA, 1983. Métodos analíticos pa-  
ra o controle da fermentação alcoólica e aparelhos de destilação.  
São Paulo. Sociedade Brasileira de Microbiologia. 127 p. (No pre  
lo).
- ARAÚJO, N.Q., 1969. Problemas da fermentação alcoólica industrial.  
Rio de Janeiro, Inst. Nac. Tec. 79 p.
- ARNON, I., 1975. Mineral nutrition of maize. Berne. International  
Potash Institute, 452 p.

- AUD, D.S.; J. ATSUYA; C. CAMPINO e P. VALENZUELO, 1976. Yeast RNA polymerase I: a eukaryotic zinc metalloenzyme. Biochemical and Biophysical Research Communications. New York, 69: 548-554.
- AZAMORA, S., 1978. Aspectos bioquímicos y fisiológicos de las levaduras. La Alimentación Latinoamericana. Buenos Aires, 11 (110): 60-76.
- BERNAL, M.T.; F.S. GARCIA e R.C. GONZALES, 1973a. El cultivo del sorgo azucarero (*Sorghum bicolor*) Mem. III Conv. Nac. Assoc. Tec. Azuc. México, p. 99-104.
- BERNAL, M.T.; F.S. GARCIA e R.C. GONZALES, 1973b. Fechas de siembra y cosecha del sorgo dulce. Mem. III Conv. Nac. Assoc. Tec. Azuc. México, p. 105-109.
- BERNAL, M.T., 1977. Efecto de la fertilización nitrogenada y fosfórica sobre la productividad y porcentaje de sacarosa de la caña de azúcar. Mem. VII Conv. Nac. Assoc. Tec. Azuc. México, p. 52-67.
- BINGHAM, F.T.; J.P. MARTIN e J.A. CHASTAIN, 1958. Effects of phosphorus fertilization of California soils on minor element nutrition of citrus. Soil Sci. New Brunswick, 86(1): 24-31.
- BISHOP, L.R., 1971. Horace Brown memorial lecture. A conspectus of brewing progress. J. Inst. Brew. London, 77: 12-24.
- BORTNER, C., 1935. Manganese toxicity in tobacco. Soil Sci. New Brunswick, 89: 15-53.

- BRAU, H.M., 1957. Review on the origin and composition of fusel oil. Technical Paper. Agricultural Experiment Station. Rio Piedras, n. 17. 30 p.
- CARVALHO, O.S.; L.A.N. FONTES; A.A. CARDOSO; W.M. FILHO; B.V. DEFELIPO, 1980. Acumulação de matéria seca e produção de grãos em sorgo granífero [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], em função da adubação nitrogenada. Revista Ceres. Viçosa, 27(152): 403-412.
- CATANI, R.A.; J.R. GALLO e H. GARGANTINI, 1955. Amostragem de solo, métodos de análise, interpretação e indicações gerais para fins de fertilidade. Bol. do Inst. Agron. do Est. de S. Paulo. Campinas, nº 69. 29 p.
- CATANI, R.A. e A.O. JACINTO, 1974. Análise química para avaliar a fertilidade do solo. Bol. Tec. Cient. da Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz". Piracicaba, n. 37. 57 p.
- CENTRO NACIONAL DE ENSINO E PESQUISAS AGRONÔMICAS, 1960. Comissão de Solos. Levantamento e reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo. Bol. Serv. Nac. Pesq. Agron. Rio de Janeiro, n. 12. 634 p.
- CESAR, M.A.A.; E.R. OLIVEIRA; M.R. MAZZARI, 1974. Teor de fósforo de algumas variedades de cana-de-açúcar. II. Segundo corte (soca). Brasil Açucareiro. Rio de Janeiro, 83(3): 21-25.
- CESAR, M.A.A.; A.A. DELGADO; L.C. GABAN, 1978. Aumento do nível de amido e de potássio no caldo de cana, decorrente da aplicação sistêmica da vinhaça ao solo. Brasil Açucareiro. Rio de Janeiro, 92(1): 24-29.

- CHEN, E.C.H. e G.V. GHELUWE, 1976. Amino nitrogen uptake and the formation of fusel alcohols. J. Am. Soc. Brew. Chem. Quebec, 34 (1): 19-24.
- CONWAY, E.J. e P.F. DUGGAN, 1956. A general cation carrier in the yeast cell wall. Nature. London, 178: 1043-1044.
- CONWAY, E.J. e M.E. BEARY, 1958. Active transport of magnesium across the yeast cell membrane. The Biochemical Journal. Cambridge, 69: 275-281.
- CUMBUS, I.P.; D.J. HORNSEY e L.W. ROBINSON, 1977. The influence of phosphorus, zinc and manganese on absorption and translocation of iron in watercross. Plant and Soil. The Hague, 48: 651-660.
- COUWLEY, W.R., 1969. Sweet sorghum in South Texas: yield potential and cultural practices. Journ. of Rio Grande Valley Hort. Society. Weślaco, 23: 157-162.
- DANTAS, J.P., 1982. Nutrição mineral e adubação comparada do sorgo granífero [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] e do milho [*Zea mays* (L.)]. Piracicaba. ESALQ/USP. 126 p. (Tese de Doutorado).
- DEVEREUX, E.D. e E.W. TANNER, 1927. Observations on the growth of yeast in pure nutrient solutions. Journal of Bacteriology. Baltimore, 14: 317-333.
- DIJLSHOORN, W.; J.S.A. SUJITNO e M. ISMUNADJI, 1974. Potassium uptake by rice plants and interaction with other cations. Plant and Soil. The Hague, 40: 525-534.

- DREWS, W., 1959. Observações preliminares sobre a adaptação da raça de levedura I.Z. 232 à fermentação do melaço de cana. Brasil Açucareiro. Rio de Janeiro, 54(1): 10-17.
- ELVEHJEM, C.A., 1931. The role of iron and copper in the growth and metabolism of yeast. The Journal of Biological Chemistry. Baltimore, 90: 111-132.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 1977. Sorgo sacarino para produção de álcool. Levantamento de problemas para um programa nacional de pesquisa. Sete Lagoas, Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. 42 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 1979. Resultados do ensaio nacional de sorgo sacarino, 1977/78. Bol. Tec. do Centro Nac. de Pesq. de Milho e Sorgo, Sete Lagoas, n. 2. 46 p.
- EPPENDORFER, W.H., 1971. Effects of S, N and P on amino acid composition of field beans (*Vicia jaba*) and responses of the biological value of the seed protein to S-amino acid content. J. Sci. Food Agr., 22: 501-505.
- ESTEVES, A.L.; C.B. BAGGIO; F.A. COSTA; H.F. CASTRO, 1981. Efeitos da época de plantio em dez cultivares de sorgo sacarino. Inf. Inst. Nac. Tec. Rio de Janeiro, 14(25): 26-44.
- EVANS, C.E.; D.J. LATHWELL e H.J. MEDERSKI, 1950. Effect of deficient or toxic levels of nutrients in solution on foliar symptoms and mineral content of soybean leaves and measured by spectrographic methods. Agronomy Journal. Washington, 42: 25-32.

- EVANS, H.J. e G.J. SORGER, 1966. Role of mineral elements with emphasis on univalent cations. Annual Review of Plant Physiology. Palo Alto, 17: 47-77.
- FALCONE, M. e M.R. ARRUDA, 1964. Estudo sobre obtenção de "pé de cuba" para produção de etanol a partir de mosto de melão. Bol. da Esc. Politec. Dpto. de Eng. Quim. São Paulo, n. 19. 29 p.
- FEDOROVA, I. Yn; S.E. TRAUBENBERG; I.A. POPADICH e I.F. GRIBOVSKAYA, 1978. Mineral composition of bakers' yeast. Chemical Abstracts. Columbus, 88: 390 (Ref. 134839 f).
- FILHO, D.F., 1982. Efeitos do N, P, K, S e Zn no desenvolvimento, produção e composição mineral do arroz (*Oryza sativa* L.), Cv. IAC 47 e IAC 435. Piracicaba. ESALQ/USP. 157 p. (Tese de Doutorado).
- FONTES, L.A.N. e W.M. FILHO, 1979. Calagem e adubação do sorgo. Inf. Agropec. Belo Horizonte, 5(56): 17-21.
- FORS, A.L., 1971. Los esfuerzos en México sobre el sorgo dulce como cosecha complementaria a la caña de azúcar. Sugar e Azucar. New York, 66(7): 50-54.
- FULMER, E.I.; E.V. NELSON e F.F. SHERWOOD, 1921. The nutritional requirements of yeast. II. The effect of the composition of the medium on the growth of yeast. J. of the American Chemical Society. Easton, 43: 191-199.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 1978. Anuário estatístico do Brasil - Produção vegetal. Rio de Janeiro, FIBGE. V. 39. p. 359-379.



- FOULKES, E.C., 1956. Cation transport in yeast. The Journal of General Physiology. Baltimore, 39(5): 687-704.
- GAMBALE, V., 1980. Efeito da adição de  $K_2SO_4$  em cultura de leveduras em vinhaça. Brasil Açucareiro. Rio de Janeiro, 95(1): 35-37.
- GERMEK, H.A. e A.C. STURION, 1980. Ensaio de sorgo sacarino visando a produção de etanol. Piracicaba. CTAG. 32 p.
- GLÓRIA, N.A.; R.A. CATANI; T. MATUO, 1964. Método do EDTA para determinação do cálcio e magnésio trocável do solo. Anais da ESALQ. Piracicaba (21-22): 220-228.
- GLÓRIA, N.A. e A.A. RODELLA, 1972. Métodos de análise quantitativa e inorgânica em caldo de cana-de-açúcar, melão e vinhaça. I. Determinação de cálcio, magnésio, potássio, enxofre e fósforo em um mesmo extrato. Anais da ESALQ. Piracicaba, 29: 5-17.
- GLÓRIA, N.A.; A.G. SANTA ANA; H. MONTEIRO, 1972. Composição dos resíduos de usina de açúcar e destilarias de álcool durante a safra canavieira. Brasil Açucareiro. Rio de Janeiro, 80(1): 38-44.
- GOMES, F.P., 1973. Curso de Estatística Experimental. 5<sup>a</sup> ed. São Paulo, Nobel. 430 p.
- GREGORI, R.E.; M.L.R. VAIRO; W. BORZANI, 1978. Respostas peculiares de um cultivo contínuo de *Saccharomyces cerevisiae* submetido a perturbação. Rev. Bras. Tec. Rio de Janeiro, 9: 149-155.
- GUTIERREZ, L.E., 1977. Teores de alcôois superiores em bebidas alcoólicas por cromatografia em fase gasosa. Piracicaba, ESALQ/USP. Dpto. de Química. 8 p. (Mimeografado).

- HAAG, H.P., 1961. Estudos de nutrição mineral na cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) variedade CB 41-76 cultivada em solução nutritiva. Piracicaba. ESALQ/USP. 100 p. (Tese de Livre Docência).
- HIDEO, M.; I. SUMICO; T. SHIGezo, 1975. Sake brewing water. XV. Effect of potassium on the amino acid metabolism of sake yeast. Chemical Abstracts. Columbus, 82: 241(Ref. 2588 q).
- HIPP, B.W. e G.W. THOMAS, 1968. Method for predicting potassium uptake by grain sorghum. Agronomy Journal. Madison, 60: 467-469.
- HORII, J., 1980. Problemas especiais de fermentação alcoólica. In: Fermentações industriais e transformações microbianas no solo. São Paulo, Sociedade Brasileira de Microbiologia. p. 70-74.
- HUMBERT, R.P., 1968. Nutritional aspects of ripening. In: The growing of sugar cane. Rev. ed., Elviesier Publishing Co. Amsterdam. p. 550-555.
- INDGE, K.L., 1968. Polyphosphates of the yeast cell vacuole. J. General Microbiology. Cambridge, 51: 447-455.
- INGRAHAM, J.L. e J.F. GUYMON, 1960. The formation of higher aliphatic alcohols by mutant strains of *Saccharomyces cerevisiae*. Archives of Biochemistry and Biophysics. New York, 88: 157-166.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 1958. Enciclopédia dos municípios brasileiros. Rio de Janeiro, IBGE. n. 28. 413 p.
- JENNINGS, D.H.; D.C. HOOPER; A. ROTHSTEIN, 1958. The participation of phosphate in the formation of a "carrier" for the transport of Mg<sup>++</sup> and Mn<sup>++</sup> ions into yeast cells. J. Gen. Physiol. Baltimore, 41(5): 1019-1026.

- JORGENSEN, S.S., 1977. Laboratory Manual. Some Methods Used For Routine Chemical Analysis. Division of Basic Sciences. Piracicaba, Centro de Energia Nuclear na Agricultura. 15 p.
- JUNI, E.; M.D. KAMEN; J.M. REINER; S. SPIEGELMAN, 1948. Turnover and distribution of phosphate compounds in yeast metabolism. Archives of Biochemistry. New York, 18: 387-408.
- KARNAVEK, M. e G. JANICEK, 1972. Amount of important trace elements in bakers' yeast. Chemical Abstracts. Columbus, 77: 257 (Ref. 124744 e).
- KOCK, K. e K. MENGEL, 1977. Effect of K on N utilization by spring wheat during grain protein formation. Agron. J. Washington, 69: 477-480.
- KUNKEL, H.O., 1972. A new sweet sorghum for potential sugar production in Texas. Weslaco. The Texas Agricultural Experiment Station. 2 p.
- KUO, S. e D.S. MIKKELSEN, 1981. Effect of P and Mn on growth response and uptake of Fe, Mn and P by sorghum. Plant and Soil. The Hague. 62: 15-22
- LEGGET, J.E., 1961. Entry of phosphate into yeast all. Plant Physiology. Lancaster, 36(3): 277-284.
- LEVANDOVISKII, L.V.; A.D. KAVALENKO; V.K. YANCHEVSKII; V.V. RUDAVA; V.V. CHEREDNICHENKO, 1981. Determination of mineral nutrition needs in accelerated fermentation of molasses wort. Chemical Abstracts. Columbus, 94(19): 501 (Ref. 154958 w).

- LIMA, U.A., 1954. Contribuição ao estudo da influência do manganês sobre o desenvolvimento e atividades da *Saccharomyces cerevisiae*, Hansen. Piracicaba, Instituto Zimotécnico. ESALQ/USP. (Tese de Doutorado).
- LING, R.S. e R.C. HOSENEY, 1977. Effect of certain nutrients on the gas produced in preferments. Cereal Chemistry. St. Paul, 54(3): 597-604.
- LITVINENKO, L.A.; M.E. KINTANA; S.B. PETREKEVICH, 1981. Effect of nitrogen input concentrations on the growth of *Candida utilis* in continuous culture with pulsed carbon feed. Chemical Abstracts. Columbus, 94(11): 561 (Ref. 82118 x).
- LOPES, J.J.C.; S.E. FERRARI; J.R.A. LEME, 1981. Fermentação alcoólica de três variedades de sorgo sacarino. Anais do II Congresso Nacional da Sociedade de Técnicos Açucareiros do Brasil. Rio de Janeiro, 19 p.
- LOURENÇO, S.; O.J. CROCOMO; I.R. NOGUEIRA e E. MALAVOLTA, 1968. Kinetic studies of phosphorus uptake by excised roots of barley in the presence magnesium. An. Acad. Bras. Cienc. Rio de Janeiro, 40(2): 171-179.
- LOWFORD, H.G. e J.R. PIK, 1980. Physiology of *Candida utilis* yeast in zinc-limited chemostat culture. Canadian Journal of Microbiology. Ottawa, 26: 64-70.
- MC HARGUE, S.S. e R.K. CALFEE, 1931. Effect of manganese, copper and zinc on the growth of yeast. Plant Physiology. Lancaster, 6: 559-566.

- MAGALHÃES, M.M. dos A.; M.L.R. VAIRO e W. BORZANI, 1980. Influência da adição de fonte de nitrogênio ao mosto no teor de proteína da levedura residual da fermentação alcoólica de melão de cana-de-açúcar. Rev. Bras. Tec. Rio de Janeiro, 11(1): 13-21.
- MALAVOLTA, E. e H.P. HAAG, 1964. Nutrição e adubação. In: Cultura e Adubação de Cana-de-Açúcar. São Paulo. Inst. Bras. de Potassa. p. 237-278.
- MALAVOLTA, E. e O.L. GOROSTIAGA, 1974. Studies on the zinc phosphate relations in plant. In: International Colloquium on Plant Analysis and Fertilizer Problems, 7<sup>o</sup>, Honnover, p. 261-272.
- MALAVOLTA, E.; E.L.M. COUTINHO; G.C. VITTI; N.U. ALEJO; N.J. NOVAIS; V.L.F. NETO, 1979. Estudos sobre a nutrição mineral do sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] I. Deficiência de macro e micronutrientes e toxidez de alumínio, cloro e manganês. Anais da ESALQ. Piracicaba, 36: 173-202.
- MALAVOLTA, E., 1980. Elementos de Nutrição Mineral de Plantas. São Paulo, Ed. Agronômica Ceres. 251 p.
- MALAVOLTA, E. e O.J. CROCOMO, 1982. Funções do potássio na planta. Anais. Potássio na Agricultura Brasileira. Londrina, p. 95-162.
- MARTIN, J.P. e H. EVANS, 1964. Nutritional deficiencies and toxicities. In: Sugar-cane diseases of the world. V. 2. HUGHES, ABBOTT & WISNER, ed., Elsevier Publishing Co. Amsterdam. p. 197-236.
- MARTIN, J.H., 1975. Historia y classification de los sorgos [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. In: WALL, J.S. e ROOS, W.M. (Ed.). Producción y usos del sorgo. Editorial Hemisfério Sur. p. 3-18.

- MASCARENHAS, H.A.A., 1977. Cálcio, enxofre e ferro no solo e na planta. Campinas, Fundação Cargil. 95 p.
- MASSART, L. e J. HORENS, 1952. L'assimilation d'azote aminé par les levures. Enzymologia, Acta Biocatalytica. Deu Haag, 3(15): 359-361.
- MAYNARD, D.N.; A.V. BARKER e W.H. LACHMAN, 1968. Influence of potassium on the utilization of ammonium by tomato plants. Amer. Soc. Hort. Sci. Geneva, 92: 543-552.
- MENGEL, K.; M. VIAD e G. HELL, 1976. Effect of potassium on uptake and incorporation of ammonium-nitrogen of rice plants. Plant and Soil. The Hague, 44: 547.
- MENGEL, K. e K.A. KIRKBY, 1982. Principles of plant nutrition. Bern, International Potash Institute. 655 p.
- MILLER, G.W.; J.R. PEVERLY e D.E. KORPPE, 1972. Calcium stimulated  $P^{32}$  accumulation by corn roots. Agron. J. Madison, 64(3): 252-260.
- MILLER, F.R., 1977. Use of sorghum to produce fermented energy sources in Texas Agricultural Experiment Station. In: I Reunião de Sorgo Sacarino. Sete Lagoas, 17 p.
- MINAMI, P.S., 1975. Assimilação de fontes de C e N por *Sporotrichum schenckii* na fase leveduriforme. Rev. Microb. São Paulo, 6(2): 35-37.
- MORAES, F.R.P.; W. LAZZARINI; G. CERVellini; S.V. TOLEDO e M. FUJINARA, 1976. Fontes e doses de nitrogênio na adubação química do cafeeiro. Bragantia. Campinas, 35:63-77.

- MORRIS, E.O., 1958. Yeast grown. In: COOK, A.H. The Chemistry and Biology of Yeasts. New York, Academic Press, p. 251-321.
- MURAOKA, T., 1981. Solubilidade do zinco e do manganês em diversos extratores e disponibilidade desses dois micronutrientes para o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*, L.) Cv. Carioca. Piracicaba, ESALQ/USP, 141 p. (Tese de Doutorado).
- NOTKINA, L.G.; L.M. BALYBERDINA; L.D. LAVRECHUK, 1975. Effect of nitrites on the accumulation of bakers yeast. Chemical Abstracts. Columbus, 82: 337 (Ref. 168828 t).
- NOVAIS, F.V., 1980. Matérias-primas para produção de álcool. I Seminário sobre tecnologia e economia do álcool. São Paulo, p. 3-7.
- OLIVEIRA, J.S. e M.F. SOUSA, 1970. Quelques aspects du métabolisme minérale dans la levure *Candida utilis*. Revista de Ciências Agromômicas. Série A, Lourenço Marques, 3: 33-66.
- OLSEN, S.R., 1972. Micronutrients interaction. In: MONTVEDT, J.J.; P.M. GIORDANO; W.L. LINDSAY. Micronutrients in Agriculture. Madison, Soil Sci. Soc. of Amer. Cap. 11, p. 243-264
- ORE, O.O., 1980. Influence of potassium and magnesium concentration in nutrient culture on growth and composition of sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] plants. Dissertation Abstracts International. Ann Arbor, 41(4): 1194 B.
- OUGH, C.S. e A.A. BELL, 1981. Effects of nitrogen fertilization of grape vines on amino acid metabolism and higher-alcohol formation during grape juice fermentation. Food Science and Technology Abstracts. 13(7): 69 (Ref. 7H 1197).

- PARKINSON, J.A. e S.E. ALLEN, 1975. Commun. Soil Science Plant Analysis, 6(1): 1-11.
- PECIULIS, J., 1973. Physiologic biochemical activity of yeasts grown with trace elements. Chemical Abstracts. Columbus, 79: 329 (Ref. 30.438 X).
- PELCZAR, M.; R. REID e E.C.S. CHAN, 1980. Microbiologia. São Paulo. McGraw-Hill do Brasil. 664 p.
- POMERANZ, Y. e E. DIKEMAN, 1977. From barley to beer. A mineral study. Abstracts. J. Inst. Brew. Jimbal, 83(1): 48.
- POPENKO, A.K. e Ya. K. BAYAKHUNOV, 1971. Effect of some trace elements on microorganisms. Chemical Abstracts. Columbus, 75: 101 (Ref. 45928 Y).
- PRIMAVESI, A.M., 1980. Manejo Ecológico do Solo: a Agricultura em Regiões Tropicais. São Paulo. Livraria Nobel. 541 p.
- REEVES JR., S.A., 1976. Sweet sorghum report. Research Technical Report 76-3. Texas Agricultural Experiment Station. Weslaco A & M University System. 22 p.
- RICAUD, R., 1971. Sweet sorghum for sugar production in Louisiana. Louisiana Agricultura (1971-72) Louisiana St. University, 14: 4-7.
- RICHARDS, O.W., 1925. The effect of calcium sulfate on the grown and fermentation of yeast. J. Amer. Chem. Sco. Easton, 47(2): 1671-1676.



- ROSOLEM, C.A., 1979. Contribuição ao estudo da nutrição mineral e adubação do sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. Piracicaba, ESALQ/USP, 126 p. (Tese de Doutorado).
- ROSOLEM, C.A.; E. MALAVOLTA; O. BRINHOLI e G.E. SERRA, 1982. Respostas do sorgo sacarino a N, P e K. II. Características tecnológicas. Pesq. Agropec. Bras. Brasília, 17(3): 385-391.
- ROSS, N.M. e D.J. WEBSTER, 1970. Fertilizers. In: Culture and use of grain sorghum. Agriculture Hand Book 385. U.S. Dept. of Agric. Washington, p. 18-20.
- ROTHSTEIN, A. e C. DEMIS, 1953. The relationship of the cell surface to metabolism. The stimulation of fermentation by extracellular potassium. Arch. Biochem. New York, 44: 18-29.
- ROTHSTEIN, A.; A. HAYES; D. JENNINGS, 1957. The active transport of  $Mg^{++}$  and  $Mn^{++}$  into the yeast cell. J. Gen. Physiol. Baltimore, 41(3): 385-394.
- ROY, R.N. e B.C. WRIGHT, 1973. Sorghum growth and nutrient uptake in relation to soil fertility I. Dry matter accumulation patterns, yields, and N content of grain. Agron. Journal. Madison, 65: 709-711.
- ROY, R.N. e B.C. WRIGHT, 1974. Sorghum growth and nutrient uptake in relation to soil fertility. II. N, P, and K uptake pattern by various plant part. Agronomy Journal. Madison, 66: 5-10.
- SADER, R.; M.H. AKABANE; E.A. SOUZA; E.L.M. COUTINHO, 1976. Efeito da fertilização potássica na produção de grãos e em algumas características morfológicas do [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. Científica. Jaboticabal, 4(3): 308-314.

- SALAKO, E.A., 1981. Evolution of phosphorus-uptake efficiency of sorghum genotypes. Dissertation Abstracts International. Ann Arbor, 41(7): 2422 B.
- SALGADO, J.M. e J.R. SARRUGE, 1979. Influência de compostos nitrogenados e da relação C/N na obtenção do concentrado protéico de microorganismos. Rev. Microb. São Paulo, 10(1): 19-21.
- SARRUGE, J.R. e H.P. HAAG, 1974. Análises químicas em plantas. Piracicaba, Depto. de Química da ESALQ/USP. 56 p.
- SCHAFFERT, R.E. e R. BORGONVI, 1982. Perspectivas do sorgo sacarina para produção do etanol. In: Anais do Simpósio sobre álcool. Desde a plantação da cana-de-açúcar até o consumo do álcool. Publicação da ACIESP, São Paulo. n. 27. p. 69-86.
- SELTZER, J., 1946. Contribuição para o estudo de clima do Estado de São Paulo. São Paulo, Escolas Profissionais Salesianas. 239 p.
- SERRA, G.E.; J.P. STUPIELLO; M.A.A. CESAR, 1974. Formas de ocorrência do fósforo no caldo de cana-de-açúcar. Anais da IV Jornada Científica da FCMBB. Botucatu. p. 22.
- SERRA, G.E. e J.P. STUPIELLO, 1974. Nitrogênio no caldo de cana-de-açúcar durante a sua maturação. Anais da IV Jornada Científica da FCMBB. Botucatu. p. 29.
- SERRA, G.E.; M. LUDERS; T.C. ALMEIDA, 1976. Observações preliminares sobre características agrônômicas e tecnológicas do sorgo sacarino. XI Reunião Brasileira de Milho e Sorgo. ESALQ/USP. Piracicaba.

- SHUKLA, V.C. e M. SINGH, 1979. Phosphorus-copper relationships in wheat. Plant and Soil. The Hague, 53: 399-402.
- SOUZA, E.A.; A.L. ROSSETO Fº e R. BIANCO, 1976. Relação entre os teores de K, Ca e Mg em Latossol roso cultivado com sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] . Anais. XI Reunião Brasileira de Milho e Sorgo. ESALQ/USP. Piracicaba. p. 707-715.
- STEINER, K. e U. LANZLINGER, 1978. Zinc and yeast fermentation. J. Inst. Brew. Abstracts. Jinbal, 84(4): 251.
- STEVENINK, J. Van e H.L. BOOIS, 1964. The role of polyphosphates in the transport mechanism of glucose in yeast cells. Journal of General Physiology. Baltimore, 48: 43-60.
- STEVENINK, J. Van e A. ROTHSTEIN, 1965. Sugar transport and metal bridging in yeast. J. of General Physiology. Baltimore, 49: 235-246.
- STEVES, A.L.; C.B. BAGGIO; F.A. COSTA; H.F. CASTRO, 1981. Efeitos da época de plantio em dez cultivares de sorgo sacarino. Infor. do Inst. Nac. Tec. Rio de Janeiro, 14(25): 26-44.
- STUKENHOLTZ, D.D.; R.J. OLSEN; G. GOGAN e R.A. OLSON, 1966. On the mechanism of P-Zn interaction in corn nutrition. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. Madison, 30: 759-763.
- STUPIELLO, J.P. e J. HORII, 1981. Condução da fermentação alcoólica. Saccharum. Piracicaba, 6(17): 43-46.

- SUOMALAINEN, H. e H. KAHANPAA, 1963. Formation of fusel alcohol from amino acids with branched chains. J. Inst. Brew. London, 69: 473-478.
- SUOMALAINEN, H. e E. OURA, 1971. Yeast nutrition and solute uptake. In: ROSE, A.A. e J.S. HARRISON. The Yeast. 3<sup>a</sup> ed. London, Academic Press. V. 2, p. 3.
- TAUK, S.M. e V. GAMBALE, 1978. Efeito da adição de  $H_3PO_4$  em cultura mista de levedura em vinhaça. Brasil Açucareiro. Rio de Janeiro, 91(5): 9-14.
- TECHNICON INDUSTRIAL METHOD n<sup>o</sup> 369-75 AIB, 1977. Dig. & samp. prep. for the anal. of tot. Kjeldahl N and/or P in food and agr. prod. using the Technicon BD-20/40 Block Dig. Tech. Inst. Corp. N.Y. 10591.
- TEIXEIRA, C.G. e A. SALATI, 1957. Fermentação alcoólica do caldo de cana-de-açúcar var. Co 290. Bragantia. Campinas, 16(17): 243-249.
- TEIXEIRA, C.G.; M.J. PURCHIO; T.J.B. MENEZES; A.M. SALES; P.R. DELAMO e T. ARAKAKI, 1976. Produção de álcool etílico de sorgo. Resumos da 28<sup>a</sup> Reunião Anual da SBPC. Brasília. p. 831.
- TEIXEIRA, C.G.; T.J.B. MENEZES; A.M. SALES; P.R. DELAMO; T. ARAKAKI, (s/d). Fermentação alcoólica do sorgo sacarino. Relatório do ITAL. Campinas. 10 p.
- TENÓRIO, Z., 1981. Crescimento e concentração de nutrientes e de sódio em (*Vigna sinensis* L. Endl.) 'Seridó' cultivada em solução nutritiva com variação no fornecimento de potássio, cálcio, magnésio e sódio. Piracicaba, ESALQ/USP. 84 p. (Tese de Doutorado).

- THALACKER, R. e I. KALTWASSEN, 1978. Quantitative determination of hydroxymethylfurfural in wort and beer. J. Inst. Brew. Abstracts. London, 84(4): 250.
- TOLEDO, O.Z.; C.G. TEIXEIRA, 1957. O emprego de leveduras selecionadas na fermentação do vinho. Bragantia. Campinas, 16(18): 251-260.
- TOVAR, D.; L. AVILAN; L.E. CAMPINS; V. ORTEGA, 1972. Efecto de la fertilizacion edafica com NPK en el rendimiento del sorgo granero [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] en los elanos occidentales de Venezuela. In: 1º Simpósio Interamericano de Sorgo. Anais. Brasília, p. 155-187.
- VAIRO, M.I.R.; R.E. GREGORI; W. BORZANI, 1975. Respostas de um cultivo contínuo de *Saccharomyces cerevisiae* a perturbações por impulso provocadas por adição de sulfato de amônio. Rev. Bras. Tec. São Paulo, 6: 1-6.
- VENTRE, E.K.; S. BYALL; J.L. CALETT, 1948. Sucrose, dextrose and levulose content of some domestic varieties of sorghum at different stages of maturity. Journal of Agricultural Research. Washington, 76: 145-151.
- VILLACHICA, L.H., 1973. Respuestas del sorgo al eucaldoy fertilization. I. Rendimiento da matéria seca y concentración foliar de N, P y K. Fitotecnia Latinoamericana, 9(1): 67-73.
- WANDZILAK, T.M. e R.W. BENSON, 1977. Yeast RNA polymerase III, A zinc metalloenzyme. Biochemical and Biophysical Research Communications. New York, 76: 247-252.

WEAR, J.I. e R.M. PATTERSON, 1965. Potassium and phosphorus zinc relationships. Crop and Soils. Madison, 18: 11.

WICKEHAN, L.J., 1946. A critical evaluation of the nitrogen assimilation tests commonly used in the classification of yeasts. Journal of Bacteriology. Baltimore, 52: 293-301.

ZAGATO, E.A.G.; A.O. JACINTHO; B.F. REIS; F.J. KRUG; H.B. FILHO; L. C.R. PESSEDA; J. MORTATTI; M.G. GINÉ. 1981. Manual de Análises de Plantas e Águas Empregando Sistemas de Injeção em Fluxo. CENA/USP. 45 p.

ZAGO, E.A., 1982. Efeito da concentração de N, P, Mg, Mn e Zn na multiplicação de leveduras industriais. Piracicaba, ESALQ/USP. 125 p. (Tese de Doutorado).

ZANINI, J.R., 1982. Influência da maturação fisiológica na produção de sementes e no rendimento industrial da planta de sorgo sa carino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. Piracicaba, ESALQ/USP. 137 p. (Dissertação de Mestrado).

7. APENDICE

Tabela 10 - Produção de colmos verdes, em t/ha, em função de diferentes níveis de N, P e K.

TRATAMENTOS	PRODUÇÃO (t/ha)
0 2 2	8,66 e
1 2 2	13,67 d
2 2 2	16,08 c
3 2 2	21,60 a
2 0 2	15,84 c
2 1 2	18,18 b
2 2 2	16,08 c
2 3 2	18,88 b
2 2 0	15,30 cd
2 2 1	19,00 b
2 2 2	16,08 c
2 2 3	19,51 b
DMS (Tukey 5%)	4,61
CV%	4,61
Teste F	15,61**

\*\* Teste F significativo ao nível de 1% de probabilidade.  
Médias seguidas de letras comuns não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade.



Tabela 11 - Teores de nutrientes na folha, em função das adubações, por nutriente e por tratamento.

TRATAMENTOS	N%	P%	K%	Ca%	Mg%	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm
0 2 2	1,80 bcd	0,27 abc	1,68 b	0,43 c	0,27 d	8 b	175 a	93 a	12 a
1 2 2	2,18 abc	0,21 bc	1,61 b	0,37 c	0,26 d	8 b	126 a	127 a	12 a
2 2 2	2,08 abcd	0,24 abc	1,68 b	0,43 c	0,30 d	10 ab	132 a	132 a	13 a
3 2 2	2,09 abc	0,26 abc	2,60 a	0,65 ab	0,49 ab	13 a	102 a	131 a	14 a
2 0 2	2,45 ab	0,14 c	2,06 ab	0,49 bc	0,33 d	13 a	102 a	124 a	15 a
2 1 2	2,50 a	0,16 c	2,07 ab	0,46 c	0,37 cd	12 ab	93 a	131 a	13 a
2 2 2	2,08 abcd	0,24 abc	1,68 b	0,43 c	0,30 d	10 ab	132 a	132 a	13 a
2 3 2	1,93 abcd	0,37 a	2,52 a	0,64 ab	0,45 bc	11 ab	104 a	94 a	12 a
2 2 0	1,62 cd	0,31 ab	1,76 b	0,70 a	0,58 a	12 ab	115 a	111 a	13 a
2 2 1	1,40 d	0,14 c	1,68 b	0,43 c	0,28 d	13 a	119 a	132 a	14 a
2 2 2	2,08 abcd	0,24 abc	1,68 b	0,43 c	0,30 d	10 ab	132 a	132 a	13 a
2 2 3	1,90 abcd	0,15 c	1,91 b	0,47 c	0,34 cd	12 ab	122 a	115 a	12 a
DMS (Tu-key 5%)	0,687	0,141	0,578	0,163	0,110	4,04	82,95	76,07	5,85
CV%	13,84	25,16	12,26	13,35	12,57	14,61	27,68	25,43	18,00
Teste F	5,03**	6,28**	8,44**	10,49**	19,98**	4,59**	1,64 <sup>ns</sup>	0,90 <sup>ns</sup>	0,68 <sup>ns</sup>

\*\* Teste F significativo ao nível de 1% de probabilidade.  
 Médias seguidas de letras comuns não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade.  
 ns; Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 12 - Teores (mg/l) de nutrientes no caldo, em função das adubações, por nutriente e por tratamento.

TRATAMENTOS	N (mg/l)	P (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Cu (mg/l)	Fe (mg/l)	Mn (mg/l)	Zn (mg/l)
0 2 2	457 f	170 a	2356 a	713 b	459 a	1,3 cd	34 a	35 a	8,6 a
1 2 2	609 e	89 b	2217 ab	591 cd	374 c	1,4 c	19 c	30 b	5,4 b
2 2 2	762 b	67 f	1669 cd	557 de	279 h	1,5 b	26 bcd	30 b	3,4 ef
3 2 2	838 a	73 e	1458 d	598 cd	326 fg	1,2 def	23 cde	28 cd	3,8 def
2 0 2	609 e	52 i	1417 d	504 ef	335 e	1,3 cde	28 bc	26 de	4,8 bc
2 1 2	838 a	63 g	1768 cd	477 f	331 ef	2,1 a	21 e	25 e	3,2 f
2 2 2	762 b	67 f	1669 cd	557 de	279 h	1,5 b	26 bcd	30 b	3,4 ef
2 3 2	685 d	86 c	1725 cd	626 c	360 d	1,2 cde	22 de	29 bc	3,4 ef
2 2 0	838 a	83 d	1433 d	783 a	407 b	1,1 efg	22 de	29 bc	4,0 de
2 2 1	762 b	72 e	1871 bc	642 c	323 g	1,1 g	21 e	29 bc	4,3 cd
2 2 2	762 b	67 f	1669 cd	557 de	279 h	1,5 b	26 bcd	30 b	3,4 ef
2 2 3	736 c	59 h	2059 abc	479 f	251 i	1,1 fg	28 bc	29 bc	3,3 ef
DMS (Tukey 5%)	24,97	2,57	391,71	58,64	6,81	0,14	4,73	2,00	0,71
CV%	1,40	1,36	8,93	4,02	0,82	4,17	7,73	2,77	6,70
Teste F	512,67**3185,33**	14,51**	59,47**1889,59**	95,21**	18,90**	30,04**	113,44**		

\*\* Teste F significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Médias seguidas de letras comuns não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 13 - Valores de °Brix (V/V), ART (%), AR (%) e sacarose (%), no caldo, em função das adubações e por tratamento.

TRATAMENTOS	°Brix (V/V)	ART %	AR %	Sacarose %
0 2 2	17,31 h	14,73 e	3,64 f	10,5 d
1 2 2	17,80 g	14,52 e	4,75 e	9,28 f
2 2 2	18,47 e	15,82 d	5,11 d	10,17 e
3 2 2	19,87 a	16,92 b	5,81 a	10,56 d
2 0 2	18,00 f	16,16 c	5,47 b	10,15 e
2 1 2	19,68 b	17,26 a	4,67 e	11,97 a
2 2 2	18,47 e	15,82 d	5,11 d	10,17 e
2 3 2	19,34 d	16,99 ab	5,22 cd	11,18 c
2 2 0	19,50 c	16,99 ab	5,19 cd	11,22 c
2 2 1	19,92 a	16,99 ab	5,28 c	11,12 c
2 2 2	18,47 e	15,82 d	5,11 d	10,17 e
2 2 3	19,24 d	16,99 ab	4,81 e	11,57 b
DMS (Tukey 5%)	0,124	0,284	0,166	0,294
CV%	0,27	0,71	1,34	1,11
Teste F	1190,13**	261,41**	252,30**	160,18**

\*\* Teste F significativo ao nível de 1% de probabilidade.  
As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si.

Tabela 14 - Efeitos da adubação e da suplementação com sais, na produção de massa celular (mg), após 7 e após 22 horas de incubação do fermento (primeira multiplicação).

TRATAMENTOS	PRODUÇÃO DE MASSA CELULAR (mg) APÓS 7 H		PRODUÇÃO DE MASSA CELULAR (mg) APÓS 22 H	
	Sem Suplem.	Com Suplem.	Sem Suplem.	Com Suplem.
0 2 2	274 g	389 c	536 de	941 a
1 2 2	375 b	412 b	652 ab	848 cd
2 2 2	358 bc	383 c	629 b	790 f
3 2 2	294 fg	309 d	580 c	638 h
2 0 2	342 bcd	380 c	532 e	813 ef
2 1 2	412 a	484 a	660 a	869 bc
2 2 2	358 bc	383 c	629 b	790 f
2 3 2	296 efg	481 a	531 e	926 a
2 2 0	323 def	488 a	579 c	879 b
2 2 1	236 h	309 d	545 de	734 g
2 2 2	358 bc	383 c	629 b	790 f
2 2 3	327 cde	368 c	560 cd	824 de
DMS (Tukey 5%)	32,77	22,66	27,13	26,21
CV%	4,03	2,31	1,87	1,29
Teste F	53,21**	174,65**	79,25**	244,96**

\*\* Teste F significativo ao nível de 1% de probabilidade.  
As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si.

Tabela 15 - Efeitos da adubação e da suplementação com sais, na produção de massa celular (mg), após 7 e após 22 horas de incubação do fermento (segunda multiplicação).

TRATAMENTOS	PRODUÇÃO DE MASSA CELULAR (mg) APÓS 7 H		PRODUÇÃO DE MASSA CELULAR (mg) APÓS 22 H	
	Sem Suplem.	Com Suplem.	Sem Suplem.	Com Suplem.
0 2 2	287 bc	371 c	431 b	868 b
1 2 2	364 a	366 cd	492 a	812 c
2 2 2	355 a	352 d	366 d	741 d
3 2 2	218 e	324 e	330 e	618 e
2 0 2	250 d	304 f	348 de	729 d
2 1 2	281 c	402 b	296 f	818 c
2 2 2	355 a	352 d	366 d	741 d
2 3 2	128 g	478 a	224 g	927 a
2 2 0	177 f	365 cd	324 e	897 ab
2 2 1	186 f	266 g	240 g	649 e
2 2 2	355 a	352 d	366 d	741 d
2 2 3	294 b	329 e	395 c	760 d
DMS (Tukey 5%)	11,95	14,76	25,56	32,29
CV%	1,78	1,68	2,97	1,69
Teste F	1095,32**	303,25	209,15**	204,81**

\*\* Teste F significativo ao nível de 1% de probabilidade.  
As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si.

Tabela 16 - Efeitos da adubação e da suplementação com sais, na produção de massa celular (mg), após 7 e após 22 horas de incubação do fermento (terceira multiplicação).

TRATAMENTOS	PRODUÇÃO DE MASSA CELULAR (mg) APÓS 7 H		PRODUÇÃO DE MASSA CELULAR (mg) APÓS 22 H	
	Sem Suplem.	Com Suplem.	Sem Suplem.	Com Suplem.
0 2 2	275 b	363 c	363 a	870 cd
1 2 2	301 a	491 a	336 bc	861 cd
2 2 2	269 b	466 a	364 a	849 de
3 2 2	242 c	330 d	353 ab	643 f
2 0 2	214 d	431 b	314 d	899 c
2 1 2	304 a	433 b	320 cd	982 a
2 2 2	269 b	466 a	364 a	849 de
2 3 2	177 e	495 a	216 f	938 b
2 2 0	219 d	497 a	294 e	817 e
2 2 1	219 d	223 e	332 cd	563 g
2 2 2	269 b	466 a	364 a	849 de
2 2 3	239 c	432 b	357 a	865 cd
DMS (Tukey 5%)	8,66	31,18	19,69	37,60
CV%	1,40	2,97	2,40	1,83
Teste F	474,30	167,15**	116,80**	237,03**

\*\* Teste F significativo ao nível de 1% de probabilidade.  
As médias seguidas de letras comuns não diferem entre si.

Tabela 17 - Efeitos da adubação e da suplementação com sais, na viabilidade celular (%), após 22 horas de incubação do fermento.

TRATAMENTOS	VIABILIDADE (%)		VIABILIDADE (%)		VIABILIDADE (%)	
	PRIMEIRA MULTIPLICAÇÃO		SEGUNDA MULTIPLICAÇÃO		TERCEIRA MULTIPLICAÇÃO	
	Sem Suplem.	Com Suplem.	Sem Suplem.	Com Suplem.	Sem Suplem.	Com Suplem.
0 2 2	99 a	93 a	98 ab	88 a	90 b	85 ab
1 2 2	96 ab	90 a	91 bc	93 a	90 b	87 a
2 2 2	85 ab	79 ab	100 a	91 a	71 c	73 cd
3 2 2	82 b	87 ab	94 abc	88 ab	92 ab	71 cd
2 0 2	99 a	92 a	98 ab	90 a	100 a	91 a
2 1 2	98 a	72 b	88 c	72 c	88 b	75 bcd
2 2 2	85 ab	79 ab	100 a	91 a	71 c	73 cd
2 3 2	93 ab	86 ab	91 bc	79 abc	74 c	81 abc
2 2 0	93 ab	81 ab	71 d	71 c	95 ab	72 cd
2 2 1	98 a	79 ab	72 d	72 bc	71 c	70 d
2 2 2	85 ab	82 ab	100 a	91 a	71 c	72 cd
2 2 3	99 a	81 ab	93 abc	71 c	100 a	71 cd
DMS (Tukey 5%)	15,10	16,44	8,87	15,34	8,64	10,14
CV%	6,59	7,97	3,93	7,47	4,15	5,34
Teste F	4,64**	3,57**	31,73**	8,62**	46,84**	12,26**

\*\* Teste F significativo ao nível de 1%.  
As médias seguidas de letras comuns não diferem entre si.

Tabela 18 - Efeitos da adubação e da suplementação com sais no brotamento de células (%), após 22 horas de incubação do fermento.

TRATAMENTOS	BROTAMENTO (%)		BROTAMENTO (%)		BROTAMENTO (%)	
	PRIMEIRA MULTIPLICAÇÃO		SEGUNDA MULTIPLICAÇÃO		TERCEIRA MULTIPLICAÇÃO	
	Sem Suplem.	Com Suplem.	Sem Suplem.	Com Suplem.	Sem Suplem.	Com Suplem.
0 2 2	12 cd	32 a	8 ab	29 a	7 ab	37 a
1 2 2	20 a	27 ab	9 a	26 bcd	5 abc	29 cd
2 2 2	16 b	24 d	4 cd	23 ef	7 a	26 d
3 2 2	15 b	19 e	4 cd	19 g	6 abc	20 e
2 0 2	11 de	26 cd	4 cd	24 def	5 bcd	29 bcd
2 1 2	17 b	28 bc	3 cd	27 abc	4 cd	32 b
2 2 2	16 b	24 d	4 cd	23 ef	7 a	26 d
2 3 2	9 e	30 ab	3 cd	23 ef	3 d	30 bc
2 2 0	15 b	29 bc	4 cd	29 a	4 cd	27 d
2 2 1	10 de	24 d	3 cd	21 fg	5 bcd	18 e
2 2 2	16 b	24 d	4 cd	23 ef	7 a	26 d
2 2 3	10 de	27 bc	6 bc	25 cde	5 abc	28 cd
DMS (Tukey 5%)	2,57	2,84	2,64	3,10	2,19	3,58
CV%	7,45	4,37	22,21	5,18	16,17	5,29
Teste F	41,04**	34,65**	13,06**	25,58**	11,20**	47,17**

\*\* Teste F significativo ao nível de 1%.  
As médias seguidas de letras comuns não diferem entre si.



Tabela 19 - Valores de<sup>o</sup>Brix (V/V) residual da multiplicação, em função das adubações, da suplementação com sais e por tratamento.

TRATAMENTOS	<sup>o</sup> BRIX (V/V)		<sup>o</sup> BRIX (V/V)		<sup>o</sup> BRIX (V/V)	
	PRIMEIRA MULTIPLICAÇÃO	SEGUNDA MULTIPLICAÇÃO	TERCEIRA MULTIPLICAÇÃO	SEM SUPLEM.	COM SUPLEM.	COM SUPLEM.
0 2 2	3,09 a	1,35 a	3,34 a	1,40 a	4,26 a	1,30 a
1 2 2	2,25 d	0,93 d	2,50 d	0,90 c	3,49 f	0,95 c
2 2 2	2,00 e	0,60 f	2,82 c	0,61 e	3,59 e	0,67 f
3 2 2	1,51 g	0,60 f	2,42 e	0,73 d	3,44 f	0,80 de
2 0 2	2,48 c	1,05 c	2,82 c	0,95 c	4,05 b	0,94 c
2 1 2	1,71 f	0,71 e	2,83 c	0,72 d	3,84 d	0,72 ef
2 2 2	2,00 e	0,60 f	2,82 c	0,61 e	3,59 e	0,67 f
2 3 2	1,45 g	0,66 ef	2,14 f	0,68 de	2,62 i	0,62 f
2 2 0	1,71 f	0,87 d	1,57 g	0,90 c	3,18 g	0,86 cd
2 2 1	2,06 e	0,37 g	2,94 b	0,36 f	2,96 h	0,39 g
2 2 2	2,00 e	0,60 f	2,82 c	0,61 e	3,59 e	0,67 f
2 2 3	2,62 b	1,16 b	2,93 b	1,18 b	3,95 c	1,10 b
DMS Tukey 5%)	0,098	0,083	0,067	0,090	0,075	0,109
CV%	1,91	4,23	1,03	4,50	0,85	5,46
Teste F	582,90**	289,46**	1116,36**	241,38**	944,33**	120,30**

\*\* Teste F significativo ao nível de 1% de probabilidade.  
As médias seguidas de letras comuns não diferem entre si.

Tabela 20 - Teores de AR (%) residual da multiplicação, em função das adubações, da suplementação com sais e por tratamento.

TRATAMENTOS	AR (%)		AR (%)		AR (%)	
	PRIMEIRA MULTIPLICAÇÃO	SEGUNDA MULTIPLICAÇÃO	TERCEIRA MULTIPLICAÇÃO	SEM SUPLEM.	COM SUPLEM.	COM SUPLEM.
0 2 2	2,26 a	0,07 ab	2,28 a	0,07 a	1,55 de	0,04 ab
1 2 2	0,91 f	0,05 bc	1,25 f	0,03 cd	2,57 a	0,03 bc
2 2 2	1,22 e	0,04 bc	2,14 ab	0,03 cd	1,39 fg	0,03 bc
3 2 2	1,22 e	0,04 bc	1,75 de	0,02 d	1,98 c	0,03 bc
2 0 2	2,09 b	0,06 bc	1,91 cd	0,06 ab	1,33 g	0,03 bc
2 1 2	1,43 d	0,03 c	2,03 bc	0,03 cd	1,54 ef	0,02 bc
2 2 2	1,22 e	0,04 bc	2,14 ab	0,03 cd	1,39 fg	0,03 bc
2 3 2	1,24 e	0,04 c	1,57 e	0,03 cd	1,49 efg	0,02 bc
2 2 0	1,43 d	0,03 c	0,91 g	0,02 cd	2,20 b	0,02 bc
2 2 1	1,71 c	0,10 a	2,02 bc	0,04 bcd	1,71 d	0,07 a
2 2 2	1,22 e	0,04 bc	2,14 ab	0,03 cd	1,39 fg	0,03 bc
2 2 3	2,11 b	0,04 bc	2,09 abc	0,05 abc	1,33 g	0,02 c
DMS (Tukey 5%)	0,143	0,031	0,191	0,027	0,162	0,025
CV%	3,85	25,55	4,17	28,82	3,97	33,51
Teste F	223,90**	9,14**	114,43**	9,81**	145,49**	7,07**

\*\* Teste F significativo ao nível de 1% de probabilidade.  
As médias seguidas de letras comuns não diferem entre si.

Tabela 21 - Teores de N, P, K (%) e Ca, Mg (ppm) na massa celular produzida, em função das adubações e da suplementação com sais, por nutriente e por tratamento.

TRATA- MENTOS	N %		P %		K %		Ca ppm		Mg ppm	
	Sem Suplem.	Com Suplem.	Sem Suplem.	Com Suplem.	Sem Suplem.	Com Suplem.	Sem Suplem.	Com Suplem.	Sem Suplem.	Com Suplem.
0 2 2	3,07 g	6,59 d	1,73 a	1,59 e	0,55 e	2,10 b	947 a	315 d	2172 a	2465 b
1 2 2	3,92 de	7,07 bc	0,76 c	1,83 b	1,31 b	1,87 c	237 fg	338 cd	1287 e	2659 a
2 2 2	4,15 cd	7,34 b	0,53 f	1,66 cd	1,02 c	1,69 d	360 d	553 a	906 h	2199 de
3 2 2	4,49 bc	8,41 a	0,59 e	1,81 b	1,03 c	1,88 c	226 g	484 b	1008 g	2295 c
2 0 2	3,35 fg	6,79 cd	0,78 c	1,16 f	0,58 e	2,06 b	756 b	338 cd	1641 b	1618 f
2 1 2	4,52 b	7,39 b	0,51 f	1,62 de	0,95 cd	1,53 e	287 ef	459 b	930 h	2153 e
2 2 2	4,15 cd	7,34 b	0,53 f	1,66 cd	1,02 c	1,69 d	360 d	553 a	906 h	2199 de
2 3 2	5,37 a	6,83 cd	0,85 b	1,64 cde	1,43 a	1,62 d	289 ef	532 a	1558 c	2240 cde
2 2 0	4,48 bc	6,73 cd	0,66 d	1,70 c	0,97 cd	1,64 d	353 d	478 b	1115 f	2241 cd
2 2 1	5,55 a	5,62 e	0,65 d	1,99 a	0,88 d	2,22 a	297 e	363 c	935 h	2736 a
2 2 2	4,15 cd	7,34 b	0,53 f	1,66 cd	1,02 c	1,69 d	360 d	553 a	906 h	2199 de
2 2 3	3,63 ef	6,93 bcd	0,85 b	1,19 f	0,44 f	1,17 f	471 c	333 cd	1426 d	1556 f
DMS (Tu- key 5%)	0,315	0,472	0,049	0,068	0,093	0,082	52,98	31,66	68,56	87,76
CV%	3,36	2,72	2,64	1,68	4,02	1,89	5,20	2,90	2,52	1,60
Teste F	105,25**	46,76**	1127,03**	303,29**	239,88**	294,26**	417,99**	231,04**	830,96**	384,03**

\*\* Teste F significativo ao nível de 1% de probabilidade.  
As médias seguidas de letras comuns não diferem entre si.

Tabela 22 - Teores de Cu, Fe, Mn e Zn (ppm) na massa celular produzida, em função das adubações e da suplementação com sais, por nutriente e por tratamento.

TRATAMENTOS	Cu ppm		Fe ppm		Mn ppm		Zn ppm	
	Sem Suplem.	Com Suplem.	Sem Suplem.	Com Suplem.	Sem Suplem.	Com Suplem.	Sem Suplem.	Com Suplem.
0 2 2	68 e	20 g	1929 a	531 ab	43 a	19 bc	442 b	391 a
1 2 2	116 bc	56 b	567 ef	470 bc	18 ef	25 a	274 d	320 c
2 2 2	122 ab	50 cd	863 c	642 a	16 f	22 ab	182 g	135 g
3 2 2	109 c	43 e	574 def	219 d	16 f	23 ab	210 f	156 f
2 0 2	63 e	36 f	1794 a	536 ab	23 cd	14 d	474 a	254 d
2 1 2	130 a	64 a	529 f	328 cd	24 cd	24 a	155 h	125 h
2 2 2	122 ab	50 cd	863 c	642 a	16 f	22 ab	182 g	135 g
2 3 2	117 bc	47 de	496 f	422 bc	27 bc	26 a	246 e	136 g
2 2 0	99 d	52 bc	774 cde	410 bc	22 de	23 ab	234 e	164 e
2 2 1	121 ab	69 a	813 cd	222 d	23 d	16 cd	232 e	358 b
2 2 2	122 ab	50 cd	863 c	642 a	16 f	22 ab	182 g	135 g
2 2 3	63 e	37 f	1552 b	443 bc	29 b	14 cd	343 c	166 e
DMS (Tukey 5%)	9,77	5,04	240,54	154,51	4,36	4,39	16,52	7,59
CV%	3,79	4,26	10,06	13,63	7,74	8,46	2,54	1,49
Teste F	161,96**	166,07**	106,36**	22,94**	77,41**	23,17**	969,50**	4038,64**

\*\* Teste F significativo ao nível de 1% de probabilidade. Médias seguidas de letras comuns não diferem entre si.

Tabela 23 - Efeitos da adubação no teor alcoólico (V/V) e no rendimento (%) da produção de álcool após 22 horas de inoculação do fermento.

TRATA- MENTOS	PRIMEIRA FERMENTAÇÃO		SEGUNDA FERMENTAÇÃO		TERCEIRA FERMENTAÇÃO		QUARTA FERMENTAÇÃO		QUINTA FERMENTAÇÃO	
	% ALC. (V/V)	REND. %	% ALC. (V/V)	REND. %	% ALC. (V/V)	REND. %	% ALC. (V/V)	REND. %	% ALC. (V/V)	REND. %
0 2 2	7,35	83 c	7,35	84 abcd	7,07	84 bcd	6,93	85 cde	5,68	71 b
1 2 2	8,02	92 a	7,63	89 a	7,84	95 a	7,21	91 a	6,74	87 a
2 2 2	8,38	89 abc	8,21	88 ab	7,84	88 b	7,63	88 abc	7,35	87 a
3 2 2	9,00	92 ab	8,79	87 ab	8,38	88 bc	8,21	89 ab	7,95	88 a
2 0 2	8,21	85 c	8,02	83 abcd	7,56	81 d	7,31	82 ef	7,42	84 a
2 1 2	9,14	88 abc	8,20	82 bcd	8,02	83 bcd	7,88	84 def	7,87	85 a
2 2 2	8,38	89 abc	8,21	88 ab	7,84	88 b	7,63	88 abc	7,35	87 a
2 3 2	8,75	86 abc	7,99	81 cd	8,02	83 cd	7,45	80 f	7,77	85 a
2 2 0	8,64	85 c	7,74	78 d	8,10	84 bcd	7,70	83 def	7,84	86 a
2 2 1	8,89	87 abc	8,38	85 abc	8,35	86 bcd	8,35	88 abcd	8,24	89 a
2 2 2	8,38	89 abc	8,21	88 ab	7,84	88 b	7,63	88 abc	7,35	87 a
2 2 3	8,72	85 bc	8,28	83 bcd	8,31	85 bcd	8,17	86 bcde	8,02	86 a
DMS (Tu- key 5%)	6,75		5,96		4,60		4,18		5,65	
CV%	3,13		2,84		2,16		1,96		2,68	
Teste F	4,29**		7,55**		14,96**		14,73**		16,73**	

\*\* Teste F significativo ao nível de 1% de probabilidade.  
Médias seguidas de letras comuns não diferem entre si.

Tabela 24 - Efeitos da adubação e da suplementação com sais no teor alcoólico (V/V) e no rendimento (%) da produção de álcool após 22 horas de inoculação do fermento.

TRATAMENTOS	PRIMEIRA FERMENTAÇÃO		SEGUNDA FERMENTAÇÃO	
	% ALC. (V/V)	REND. (%)	% ALC. (V/V)	REND. (%)
(022) s/s	6,75	77,05 ab	6,93	79,04 ab
(022) c/N	6,05	68,95 b	5,70	64,84 c
(322) s/s	9,15	77,93 a	9,95	86,36 a
(322) c/N	9,58	81,60 a	9,36	82,13 ab
(202) s/s	7,98	82,95 a	7,70	82,49 ab
(202) c/P	7,70	79,24 a	7,63	81,82 ab
(232) s/s	8,42	82,41 a	8,28	83,56 ab
(232) c/P	7,98	78,85 a	8,28	83,56 ab
(220) s/s	8,28	81,81 a	7,98	81,22 ab
(220) c/K	7,99	78,95 a	7,56	78,41 ab
(223) s/s	8,35	82,50 a	8,06	82,83 ab
(223) c/K	7,91	78,16 a	7,98	82,02 ab
(122) s/s	7,49	81,78 a	7,28	85,94 a
(122) c/NPK	7,14	77,27 a	6,49	76,65 b
DMS (Tukey 5%)		8,21		8,54
CV%		2,60		2,65
Teste F		6,20**		12,24**

s/s: sem suplementação de sais no substrato;  
 c/N: com suplementação de nitrogênio no substrato;  
 c/P: com suplementação de fósforo no substrato;  
 c/K: com suplementação de potássio no substrato.

Tabela 25 - Efeitos da adubação e da suplementação com sais nos teores de alcoóis superiores presentes no vinho destilado. Dados expressos em miligramas por litro de etanol produzido (mg/l).

TRATAMENTOS	PRIMEIRA FERMENTAÇÃO				SEGUNDA FERMENTAÇÃO				
	N-Propanol	Iso-Butílico	Iso-Amílico	N-Propanol	Iso-Butílico	Iso-Amílico	N-Propanol	Iso-Butílico	Iso-Amílico
(022) s/s	374 a	1229 ab	1430 e	553 b	678 f	672 b			
(022) c/N	409 a	1240 ab	1617 e	715 ab	669 f	852 b			
(322) s/s	589 a	1152 b	1762 de	1273 a	849 ef	2624 a			
(322) c/N	460 a	1310 ab	1669 e	939 ab	885 ef	2182 ab			
(202) s/s	1042 a	1683 ab	3567 ab	962 ab	2056 a	2366 ab			
(202) c/P	809 a	2025 ab	3943 a	1051 ab	1665 ab	3056 a			
(232) s/s	727 a	1481 ab	2490 bcde	820 ab	753 f	1467 ab			
(232) c/P	895 a	1653 ab	2663 abcde	708 ab	753 f	1673 ab			
(220) s/s	696 a	2637 ab	3586 ab	773 ab	1443 bcd	2877 a			
(220) c/K	460 a	2079 ab	3196 abc	910 ab	1348 bcde	2323 ab			
(223) s/s	575 a	2205 ab	1935 cde	704 ab	1092 cdef	2119 ab			
(223) c/K	1029 a	2997 a	2756 abcde	699 ab	1502 bc	1817 ab			
(122) s/s	476 a	2040 ab	3115 abcd	805 ab	923 def	2398 ab			
(122) c/NPK	1063 a	1865 ab	2371 bcde	975 ab	883 ef	2220 ab			
DMS (Tukey 5%)	905,25	1841,00	1392,15	617,46	543,01	1735,86			
CV%	33,08	25,25	13,54	18,23	12,30	21,27			
Teste F	2,35	2,82*	11,06**	2,81*	19,63**	5,07**			

s/s: sem suplementação de sais no substrato;  
c/N: com suplementação de nitrogênio no substrato;  
c/P: com suplementação de fósforo no substrato;  
c/K: com suplementação de potássio no substrato.