

ESTUDO DAS VARIÁVEIS ENVOLVIDAS NO PROCESSO
DE OBTENÇÃO DE FARINHAS PREGELATINIZADAS,
DE BATATA DOCE, POR DESIDRATAÇÃO COM ROLOS
AQUECIDOS (DOUBLE DRUM-DRYER)

FRANZ SALCES RUIZ

ESTUDO DAS VARIÁVEIS ENVOLVIDAS NO PROCESSO
DE OBTENÇÃO DE FARINHAS PREGELATINIZADAS,
DE BATATA DOCE, POR DESIDRATAÇÃO COM ROLOS
AQUECIDOS (DOUBLE DRUM-DRYER)

Tese apresentada
para obtenção do título de
Mestre
em Tecnologia de Alimentos

Orientador: Prof. Dr. CESAR F. CIACCO

Parecer

*Este exemplar corresponde a relação final da tese
defendida por Franz Salces Ruiz e aprovada pela
comissão julgadora em 06.08.84.
Campinas, 06 de agosto de 1984*

Cesar F. Ciacco

Presidente da Banca
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS E AGRÍCOLA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

O temor a Deus é o princípio da Sabedoria

e o conhecimento do Santíssimo é a inteligência.

(Prov. 9:10)

DEDICATÓRIA

AO DEUS CRIADOR DO UNIVERSO ...

E DA CIÊNCIA.

À

Patrícia

e

Daniela

*Carinho e eterna gratidão
a meus pais, irmãos e amigos.*

AGRADECIMENTOS

Ao orientador e amigo, Professor Dr. Cesar F. Ciacco, pela dedicação e estímulo dispensado na realização deste trabalho.

À Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola, FEAA, da Universidade Estadual de Campinas, representada pelo seu corpo docente e funcionários.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, FAPESP, pela bolsa de estudo concedida.

Ao Prof. Dr. José Ferreira Carvalho e seus colaboradores João, Irineu e Marisa, pela inestimável colaboração na análise estatística.

Ao Centro Impulsor de Educação Profissional, CIDEP, pela colaboração concedida.

À USP por permitir o uso do computador do IPEN.

À ABIA pelo fornecimento das cópias e capas.

Ao Sr. Darlã Laerte que gentilmente facilitou a obtenção da matéria prima.

Aos Professores Décio Antônio Trabaglino, Ernesto W. Bleirath, José Maurício Aguirre e Expedito Tadeo F. Silveira do ITAL, pela colaboração e sugestões oferecidas.

Ao Dr. Boleslaw Skarski e à Licenciada Vera Lucia Bueno Kimura do Centro de Tecnologia da UNICAMP.

Aos funcionários do ITAL: Srs. Plínio, Atilio, Aparecido, Norivaldo, Leonor e Engração, pela oportuna colaboração.

E a todas pessoas que direta ou indiretamente colaboraram para a conclusão deste trabalho.

ÍNDICE

	PÁGINA
AGRADECIMENTOS	
RESUMO	
SUMARY	
I. INTRODUÇÃO	1
II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
A. PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA	3
B. PROCESSOS PARA DESIDRATAÇÃO DA BATATA DOCE	5
C. DESIDRATAÇÃO DA BATATA DOCE POR ROLOS AQUECIDOS .	6
1. Pré-aquecimento	6
2. Descascamento	8
3. Corte e branqueamento	8
4. Preparação do purê	10
5. Desidratação	12
D. EFEITO DO ARMAZENAMENTO NAS CARACTERÍSTICAS TECNO LÓGICAS DO PRODUTO	16
1. Efeito da temperatura e umidade relativa de ar mazenamento na qualidade da batata doce	17
III. MATERIAIS E MÉTODOS	19
A. MATERIAIS	19
1. Matéria-prima	19
2. Reagentes	19
3. Aparelhos e equipamentos	19
B. MÉTODOS	21
1. Armazenamento	21

2. Umidade	21
3. Proteína	21
4. Gordura	21
5. Fibra	21
6. Cinzas	22
7. Preparação do purê	22
8. Determinação de umidade do purê	22
9. Obtenção do purê com diferentes teores de sólidos	22
10. Desidratação	23
11. Vitamina C	23
12. Determinação de carotenóides	23
13. Propriedades de pasta	24
14. Índice de absorção de água (IAA)	24
15. Índice de solubilidade em água (ISA)	25
16. Determinação da cor	25
17. Determinação de açúcares totais	26
18. Determinação de sólidos solúveis totais	26
C. ANÁLISE ESTATÍSTICA	27
1. Desenho experimental	28
D. EFEITO DO ARMAZENAMENTO NAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DO PRODUTO	32
IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
A. CARACTERÍSTICAS DA MATÉRIA-PRIMA	33
B. ANÁLISE ESTATÍSTICA	33
C. EFEITO DOS PARÂMETROS OPERACIONAIS NAS CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DOS FLOCOS	38
1. Efeito dos parâmetros operacionais no rendimento dos flocos	38

2. Efeito dos parâmetros operacionais na retenção de vitamina C	46
3. Efeito dos parâmetros operacionais na retenção de carotenóides	51
4. Efeito dos parâmetros operacionais nas propriedades de pasta dos flocos	57
4.1. Viscosidade inicial	58
4.2. Viscosidade máxima	62
5. Efeito dos parâmetros operacionais no índice de absorção de água (IAA)	68
6. Efeito dos parâmetros operacionais no índice de solubilidade em água (ISA)	74
7. Efeito dos parâmetros operacionais na retenção da cor	77
 D. EFEITO DO ARMAZENAMENTO NAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DO PURÊ	83
E. CONCLUSÕES	88
F. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
 V. ANEXO	
PARÂMETROS DE REGRESSÃO MÚLTIPLA E ANÁLISE DE VARIANÇA	98
- <u>DEPENDENT VARIABLE</u> : RENDIMENTO	98
- <u>DEPENDENT VARIABLE</u> : RETENÇÃO DE VITAMINA C	99
- <u>DEPENDENT VARIABLE</u> : RETENÇÃO DE CAROTENÓIDES ...	100
- <u>DEPENDENT VARIABLE</u> : VISCOSIDADE INICIAL	101
- <u>DEPENDENT VARIABLE</u> : VISCOSIDADE MÁXIMA	102
- <u>DEPENDENT VARIABLE</u> : VISCOSIDADE A 50°C	103
- <u>DEPENDENT VARIABLE</u> : ÍNDICE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA .	104

- <u>DEPENDENT VARIABLE:</u> ÍNDICE DE SOLUBILIDADE EM AGUA .	105
- VARIÁVEL DEPENDENTE: COR	106

ÍNDICE DE TABELAS

TABELAS	PÁGINA
1. CODIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS E NÍVEIS DO DESENHO EXPERIMENTAL	29
2. DELINEAMENTO ESTATÍSTICO GENÉRICO PARA TRÊS VARIÁVEIS COM TRÊS NÍVEIS	30
3. COMBINAÇÃO ALEATÓRIA DAS ETAPAS DAS DEZOITO EXPERIÊNCIAS	30
4. COMPOSIÇÃO CENTESIMAL E CONTEÚDO DE β -CAROTENO E VITAMINA C DA BATATA DOCE	34
5. CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DO PRODUTO NAS DIFERENTES CONDIÇÕES OPERACIONAIS DO PROCESSO	35
6. MODELOS MATEMÁTICOS E CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS E SUAS SIGNIFICÂNCIAS	39

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. EFEITO DA PRESSÃO DE VAPOR (lb/pol^2) E DA ABERTURA ENTRE OS CILINDROS (mm) NO RENDIMENTO ($kg/h \cdot m^2$) DOS FLOCOS DE BATATA DOCE (CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS NO PURÊ, 20%)	41
2. EFEITO DA PRESSÃO DE VAPOR (lb/pol^2) E A CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS NO PURÊ (%) NO RENDIMENTO ($kg/h \cdot m^2$) DOS FLOCOS DE BATATA DOCE (ABERTURA ENTRE CILINDROS, 0,3 mm)	43
3. EFEITO DA ABERTURA ENTRE CILINDROS (mm) E DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS (%) NO PURÊ SOBRE O RENDIMENTO EM FLOCOS DE BATATA DOCE (PRESSÃO DE VAPOR, $80 lb/pol^2$).	45
4. EFEITO DA PRESSÃO DE VAPOR (lb/pol^2) E DA ABERTURA ENTRE CILINDROS (mm) NA RETENÇÃO DE VITAMINA C (%) NOS FLOCOS DE BATATA DOCE (CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS NO PURÊ, 15%)	47
5. EFEITO DA PRESSÃO DE VAPOR (lb/pol^2) E DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS NO PURÊ (%) NA RETENÇÃO DE VITAMINA C (%) DOS FLOCOS DE BATATA DOCE (ABERTURA ENTRE OS CILINDROS, 0,1 mm)	48
6. EFEITO DA ABERTURA ENTRE CILINDROS (mm) E A CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS NO PURÊ (%) SOBRE A RETENÇÃO DE VITAMINA C (%) DOS FLOCOS DE BATATA DOCE (PRESSÃO DE VAPOR, $80 lb/pol^2$)	50
7. EFEITO DA PRESSÃO DE VAPOR (lb/pol^2) E DA ABERTURA ENTRE	

TRE CILINDROS (mm) SOBRE A RETENÇÃO DE CAROTENÓIDES (%) DOS FLOCOS DE BATATA DOCE (CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS, 15%)	52
8. EFEITO DA PRESSÃO DE VAPOR (lb/pol ²) E A CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS NO PURÊ (%) SOBRE A RETENÇÃO DE CAROTENÓIDES (%) NOS FLOCOS DE BATATA DOCE (ABERTURA ENTRE OS CILINDROS, 0,10 mm)	54
9. EFEITO DA PRESSÃO DE VAPOR (lb/pol ²) E A CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS NO PURÊ (%) SOBRE A RETENÇÃO DE CAROTENÓIDES (%) DOS FLOCOS DE BATATA DOCE (ABERTURA ENTRE OS CILINDROS, 0,30 mm)	55
10. EFEITO DA ABERTURA ENTRE OS CILINDROS (mm) E A CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS NO PURÊ (%) SOBRE A RETENÇÃO DE CAROTENÓIDES (%) DOS FLOCOS DE BATATA DOCE (PRESSÃO DE VAPOR, 80 lb/pol ²)	56
11. EFEITO DA PRESSÃO DE VAPOR (lb/pol ²) E A ABERTURA ENTRE CILINDROS (mm) SOBRE A VISCOSIDADE INICIAL (U.B.), (CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS, 20%)	59
12. EFEITO DA PRESSÃO DE VAPOR (lb/pol ²) E A CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS NO PURÊ (%) SOBRE A VISCOSIDADE INICIAL (U.B.) DOS FLOCOS DE BATATA DOCE (ABERTURA ENTRE OS CILINDROS, 0,20 mm)	60
13. EFEITO DA ABERTURA ENTRE CILINDROS (mm) E A CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS NO PURÊ (%) SOBRE A VISCOSIDADE INICIAL (U.B.) DOS FLOCOS DE BATATA DOCE (PRESSÃO DE VAPOR, 80 lb/pol ²)	61
14. EFEITO DA PRESSÃO DE VAPOR (lb/pol ²) E A ABERTURA ENTRE OS CILINDROS (mm) SOBRE A VISCOSIDADE MÁXIMA DOS FLOCOS DE BATATA DOCE (CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS NO PURÊ, 20%)..	63

15. EFEITO DA PRESSÃO DE VAPOR (lb/pol ²) E A CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS NO PURÊ (%) SOBRE A VISCOSIDADE MÁXIMA DOS FLOCOS DE BATATA DOCE (ABERTURA ENTRE OS CILINDROS, 0,20 mm)	64
16. EFEITO DA PRESSÃO DE VAPOR (lb/pol ²) E A CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS NO PURÊ (%) SOBRE A VISCOSIDADE MÁXIMA DOS FLOCOS DE BATATA DOCE (ABERTURA ENTRE OS CILINDROS, 0,30 mm)	65
17. EFEITO DA ABERTURA ENTRE OS CILINDROS (mm) E A CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS NO PURÊ (%) SOBRE A VISCOSIDADE MÁXIMA DOS FLOCOS (PRESSÃO DE VAPOR, 40 lb/pol ²)	67
18. EFEITO DA ABERTURA ENTRE OS CILINDROS (mm) E A CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS NO PURÊ (%) SOBRE A VISCOSIDADE A 50°C (U.B.) DOS FLOCOS DE BATATA DOCE (PRESSÃO DE VAPOR, 80 lb/pol ²)	69
19. EFEITO DA PRESSÃO DE VAPOR (lb/pol ²) E A ABERTURA ENTRE CILINDROS (mm) SOBRE O ÍNDICE DE ABSORÇÃO EM ÁGUA (IAA) (CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS, 20%)	70
20. EFEITO DA PRESSÃO DE VAPOR (lb/pol ²) E DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS NO PURÊ (%) SOBRE O ÍNDICE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA (IAA) DOS FLOCOS DE BATATA DOCE (ABERTURA ENTRE CILINDROS, 0,20 mm)	72
21. EFEITO DA ABERTURA ENTRE CILINDROS (mm) E A CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS NO PURÊ (%) SOBRE O ÍNDICE DE ABSORÇÃO EM ÁGUA (IAA) DOS FLOCOS DE BATATA DOCE (PRESSÃO DE VAPOR, 40 lb/pol ²)	73
22. EFEITO DA PRESSÃO DE VAPOR (lb/pol ²) E A ABERTURA ENTRE CILINDROS (mm) SOBRE O ÍNDICE DE SOLUBILIDADE EM ÁGUA (ISA) DOS FLOCOS DE BATATA DOCE (CONCENTRAÇÃO DE	

SÓLIDOS NO PURÊ, 20%L	75
23. EFEITO DA PRESSÃO DE VAPOR (lb/pol ²) E A CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS (%) SOBRE O ÍNDICE DE SOLUBILIDADE EM ÁGUA (ISA) DOS FLOCOS DE BATATA DOCE (ABERTURA ENTRE OS CILINDROS, 0,20 mm)	76
24. EFEITO DA ABERTURA ENTRE OS CILINDROS (mm) E A CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS NO PURÊ (%) SOBRE O ÍNDICE DE SOLUBILIDADE EM ÁGUA (ISA) DOS FLOCOS DE BATATA DOCE (PRESSÃO DE VAPOR, 80 lb/pol ²)	78
25. EFEITO DA ABERTURA ENTRE OS CILINDROS (mm) E A PRESSÃO DE VAPOR (lb/pol ²) NA COR (D.E.) DOS FLOCOS DE BATATA DOCE (CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS DO PURÊ, 20%)	80
26. EFEITO DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS NO PURÊ (%) E A PRESSÃO DE VAPOR (lb/pol ²) NA COR (D.E.) DOS FLOCOS DE BATATA DOCE (ABERTURA ENTRE CILINDROS DE 0,30 mm)	81
27. EFEITO DA ABERTURA ENTRE OS CILINDROS (mm) E A CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS NO PURÊ (%) NA COR (D.E.) DOS FLOCOS DE BATATA DOCE (PRESSÃO DE VAPOR, 40 lb/pol ²)	82
28. EFEITO DO ARMAZENAMENTO A 15°C e 20°C (90% U.R.) SOBRE O TEOR DE AÇÚCARES TOTAIS E SÓLIDOS SOLÚVEIS DA BATATA DOCE	84
29. EFEITO DO ARMAZENAMENTO A 20% (90 U.R.) SOBRE O RENDIMENTO (kg/h .m ²) E A COR (D.E.) DOS FLOCOS DE BATATA DOCE	86

RESUMO

A desidratação da batata doce após a colheita ou determinado período de armazenamento tem sido preconizada como uma alternativa tecnológica para o melhor aproveitamento deste tubérculo.

Este trabalho teve como objetivo estudar o processo de desidratação de batata doce usando rolos secadores (Drum-Dryer).

* O efeito dos parâmetros operacionais nas propriedades tecnolôgicas dos flocos foi investigado com auxílio da Metodologia de Resposta de Superfícies (Response Surface Methodology - RSM). As análises de variância mostraram um ajuste altamente significativo para a maioria dos modelos matemáticos que relacionaram o efeito dos parâmetros operacionais e as propriedades tecnológicas dos flocos.

O teste F indicou que os modelos para o rendimento, porcentagem de retenção de vitamina C, porcentagem de carotenóides, viscosidade inicial e o índice de solubilidade em água foram altamente significativos, ao nível de 0,01%. Os modelos para cor, viscosidade máxima e viscosidade a 50°C e o índice de absorção em água foram significantes ao nível de 0,14, 0,26, 0,90 e 15,00%, respectivamente. Estes resultados mostraram que o índice de absorção em água não variou significativamente em função das variáveis experimentais.

A representação gráfica dos modelos matemáticos, como respostas de superfície (curvas de nível), permitiu estudar como as variáveis independentes (parâmetros operacionais) afetaram as respostas (características tecnológicas).

* O rendimento foi afetado principalmente pela abertura entre os rolos e a concentração de sólidos, sendo pouco afetado

pela pressão de vapor, O rendimento máximo foi obtido para concentrações entre 16 e 20% de sólidos e aberturas em torno de 0,30mm, em uma grande faixa de pressão de vapor,

A porcentagem de retenção de vitamina C e carotenóides foi afetada, principalmente, pela pressão de vapor e a concentração de sólidos no purê. A maior retenção de vitamina C (81%) e carotenóides (98%), ocorreu para pressões de cerca de 80 lb/pol², entre 15-17% de concentração de sólidos e aberturas entre 0,10 e 0,20mm.

As curvas de nível mostraram que a viscosidade inicial e a viscosidade máxima foram controladas, essencialmente, pela abertura entre os rolos. A pequena influência da pressão de vapor nestas duas variáveis indicou que mesmo as pressões mais baixas testadas (40 lb/pol²) foram suficientes para uma extensiva gelatinização do amido. O efeito das variáveis operacionais sobre a viscosidade a 50°C foram semelhantes aos observados para a viscosidade máxima.

A pressão e abertura entre os rolos foram as variáveis de maior influência no índice de absorção de água. As curvas de nível mostraram a existência de um efeito de compensação entre a temperatura dos rolos e a espessura do filme. Filmes finos provocaram uma gelatinização mais efetiva do amido que aquelas obtidas com filmes mais espessos. Consequentemente a absorção de água dos produtos obtidos com pequenas aberturas foi superior àquelas obtidas com aberturas maiores, nas mesmas condições de pressão de vapor.

As curvas de nível do índice de solubilidade em água mostraram um comportamento oposto ao apresentado pelas curvas do índice de absorção em água. Os máximos valores do índice de solubilidade em água, foram obtidos a altas pressões (entre 65-76 lb/pol²), concentrações intermediárias (entre 18 a 23%) e

aberturas pequenas (menores que 0,20mm), Provavelmente, o aumento do índice de solubilidade em água foi devido à desintegração dos grânulos de amido, que solubilizando diminuíram o índice de absorção em água. O maior efeito no índice de solubilidade em água foi devido a abertura entre os rolos.

O maior efeito sobre a cor foi devido a variações na abertura. Aumentos na abertura até cerca de 0,30mm, em uma ampla faixa de pressão de vapor e concentrações de sólidos, resultaram em alto DE. Estes resultados em conjunção com aqueles de retenção de carotenóides indicaram que não existe uma relação entre a cor observada e o conteúdo deste composto.

Estudos com batata doce armazenadas a 20°C e 90% de umidade relativa mostraram que o tempo de armazenamento, até 5 semanas, teve uma influência positiva na cor e rendimento dos flocos. Estes resultados foram provavelmente devido ao aumento na concentração de sólidos solúveis totais durante este período de armazenamento.

SUMMARY

Dehydration of sweet potato after harvest or storage was recommended as a technological alternative for the better exploitation of this tuber.

The objective of this project was to study the dehydration process of sweet potato with a double Drum-Dryer. The Response Surface Methodology was used to study the relation between the process parameters (roll temperature, roll spacing and total solids content in the puree) and some technological properties of the flakes obtained. The analyses of variance indicated that the mathematical models expressing the relation between the processing parameters and the technological properties were well adjusted. The F value indicated that the mathematical models for yield, ascorbic acid and carotenoid retentions, initial viscosity and water solubility index were significant at the 0.01% level. The models for color, maximum viscosity, viscosity at 50°C and water absorption index were significant at the 0.14, 0.26, 0.90 and 15.00% levels, respectively. These results showed that the model for water absorption index was not significantly affected by the operational parameters.

The effect of the operational parameters on the technological properties, of the flakes was also studied by contour plots.

The yield was mainly affected by the spacing between the rolls and total solids concentration. The steam pressure did not have a significant effect on the yield. The maximum yield was obtained at 16 to 20% of the total solids concentration and around 0.30mm roll spacing.

The ascorbic acid and carotenoid retentions were mainly affected by the steam pressure and total solids concentration of

the puree. The maximum ascorbic acid (81%) and carotenoid (98%) retentions were obtained at about 80 psig, 15-17% solids concentration and roll spacings between 0.10 and 0.20 mm.

The contours plots showed that the initial viscosity and maximum viscosity were affected essentially by the roll spacing. The small influence of steam pressure on the initial viscosity indicated that even the low steam pressure used led to extensive starch gelatinization. The effect of the processing parameters on the viscosity at 50°C was similar to that observed with the maximum viscosity.

The pressure and the roll spacing were the variables that influenced the water absorption index. The contour plots showed a compensation effect between the surface temperature and film thickness. Thin films caused more effective starch gelatinization than thick ones, at the same roll surface temperature. Consequently the water absorption of the products obtained with the smallest spacing was higher than that obtained with a larger roll spacing. On the other hand the maximum water solubility index values were obtained with a higher steam pressure (ranging from 60 to 80 psig), total solids concentration from 17 to 23% and a roll spacing below 0.20 mm.

Flakes with high DE were obtained at 0.30 mm roll spacing with wide ranges of steam pressures and total solids concentrations.

The storage of sweet potatoes at 20°C and 90% relative humidity showed that storage up to 5 weeks had remarkable effects on the color and yield. These results were probably due to the increase in the soluble solids content during the storage period.

I. INTRODUÇÃO

A batata doce pode ser utilizada tanto na alimentação humana como para ração animal. Na Holanda, URSS, Polônia, Japão, EUA e França, este tubérculo serve como matéria prima para a produção do amido (Rosental et al., 1974). No Japão a batata doce é, juntamente com o arroz, um dos mais importantes produtos agrícolas em termos de volume de produção. Neste país o amido de batata doce é industrializado e serve como fonte de glicose, xarope, etc. (Radley, 1976).

Em áreas tropicais, pode produzir-se batata doce o ano inteiro, não obstante a baixa fertilidade dos solos. Assim, é possível obter de três a quatro safras anuais numa mesma unidade de área (Guedes, et al., 1980). Apesar destas características, a batata doce no Brasil, que possui um enorme potencial agrônomico para a produção deste tubérculo, não é industrializada, sendo utilizada quase que exclusivamente "in natura", para a alimentação.

A perecibilidade deste tubérculo e a falta de alternativas para a industrialização tem sido apontadas como causas que restringem a expansão da cultura.

A obtenção de farinhas pregelatinizadas de batata doce por desidratação em rolos secadores (Drum-Dryer) é uma interessante alternativa e apresenta vantagens econômicas, produtos de boa qualidade e de grande diversidade de usos na indústria alimentícia (Spadaro et al., 1967).

Este trabalho teve como objetivo estudar o processo de desidratação da batata doce por rolos secadores (Drum-Dryer). Foi investigado o efeito dos parâmetros operacionais do processamento, temperatura da superfície dos rolos, concentração de solí-

dos do purê e abertura entre os rolos nas características tecnológicas dos flocos produzidos, a saber: rendimento, retenção de vitamina C e carotenóides, propriedades de pasta, índice de absorção de água, índice de solubilidade em água e cor dos flocos. A relação entre os parâmetros operacionais e as características tecnológicas dos flocos obtidos foi estudada com auxílio da Metodologia de Resposta de Superfície (Response Surface Methodology - RSM).

Após fixar os parâmetros operacionais que resultaram em um produto com características tecnológicas desejáveis, foi investigado o efeito do armazenamento da batata doce, a 20°C e 90% de umidade relativa sobre o rendimento e cor dos flocos obtidos.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A. PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA

A batata doce, Ipomoea batatas L. Lam, pertence à família convolvulaceae que tem 50 gêneros e 1200 ou mais espécies (Edmond, 1971).

Nos primórdios da civilização, a batata doce foi uma importante planta alimentícia em duas diferentes regiões: América Central, incluindo as ilhas tropicais do Pacífico, e o norte da Nova Zelândia. Na América Central a batata doce era cultivada pelos Maias e Incas, (Boswell e Bostleman, 1949). Do continente americano a cultura da batata doce foi expandida para a Europa, Ásia e África.

Nos países desenvolvidos a batata doce é cultivada para o consumo "in natura" e como matéria prima industrial. Além do tubérculo, propriamente dito, também aproveitam as ramas, que são usadas para a alimentação animal, "in natura" ou ensiladas.

No Brasil, a utilização da batata doce é quase que exclusivamente limitada ao consumo "in natura". Atualmente a produção brasileira é da ordem de 800.000 a 900.000 t/ano, com uma produtividade média de cerca de 8.900 kg/ha (Fund. Inst. Bras. de Geog. e Est. - FIBGE, 1980). Esta produtividade pode ser considerada baixa em relação a outros países como Japão, E.U.A. e Nigéria que alcaçam 20.000 kg/ha (Carvalho et al., 1982). Dados de Carvalho et al. (1980), entretanto, demonstraram ser possível obter produtividade acima de 30.000 kg/ha usando variedades selecionadas.

O aumento de produtividade através de variedades selecionadas além de se poder cultivar a batata doce em áreas

cialidade agronômica deste tubérculo.

A batata doce é uma excelente fonte de carboidratos com cerca de 98% de amido e açúcares de fácil digestão. Apresenta também quantidades razoáveis de vitamina C, é uma excelente fonte de Beta-caroteno e possui vitamina do complexo B. A composição aproximada da batata doce (base seca) está entre 65-75% de carboidratos, 3-10% de proteínas, 0.5-1.5% de gordura, 5-12% de fibras e 2-3% de cinzas. Assim, uma simples batata de tamanho médio (100-150 gramas) de variedade selecionada, contém de 1/10 a 1/20 do requerimento diário de energia, cerca de 1/3 da vitamina C é muito mais que o requerimento diário de pró-vitamina A (Edmond, 1971).

Carvalho et al (1980) verificaram que a composição química da batata doce depende da variedade, tipo de solo e tempo de cultivo. Segundo estes autores a batata doce, independentemente da variedade, adquire condições propícias, tanto nutricionais como tecnológicas, após 4 meses de cultivo.

Estudando nove espécies de tubérculos, Splittstoesser (1973) verificou que a batata doce apresentava níveis de lisina, valina, isoleucina, leucina, treonina, fenilalanina, tirosina, cisteína e metionina superiores àqueles apresentados pela proteína de referência da F.A.O. (1973). Embora as características agrônomicas e nutricionais favoreçam o crescimento da cultura deste tubérculo, sua perecibilidade e a falta de alternativas para a industrialização têm inibido esta expansão.

A desidratação da batata doce após a colheita ou determinado período de armazenamento tem sido preconizada como uma alternativa tecnológica para o melhor aproveitamento deste tubérculo.

B. PROCESSOS PARA DESIDRATAÇÃO DA BATATA DOCE

A desidratação da batata doce foi descrita por Hand e Cockerham já em 1921. De acordo com estes autores o processamento consistia nas seguintes etapas: descascamento, corte, imersão em água fervendo por 6-10 min., para prevenir escurecimento, e secagem. As fatias eram desidratadas primeiramente a 62-65°C e posteriormente a 71°C.

Lease e Mitchell (1940) encontraram uma redução para 1/4 do peso inicial após a secagem e observaram que a reidratação do produto seco não restituía as características originais do tubérculo. No processamento descrito por estes autores os tubérculos com casca foram cortados mecanicamente em fatias de 2 mm de espessura e foram secadas a 70-80°C. Após atingir determinada unidade, a secagem era conduzida a temperatura mais baixas. Resultados das análises químicas da matéria seca mostraram um teor de 4,32% de proteína, 1,7% de fibra, 0,64% de extrato etéreo, 2,34% de cinzas e 130 mg de carotenos por grama. A maior parte dos carboidratos foi amido.

Hamed et al. (1973) desidrataram fatias de batata doce com casca e sem casca, de 1,9 mm de espessura, previamente tratadas com uma solução de metabissulfito de sódio para prevenir descoloração, em um secador com circulação de ar a 60°C (\pm 2°C) durante 10-12 horas. As farinhas obtidas dos tubérculos desidratados com casca e sem casca tiveram rendimento e cor semelhantes e só diferiram no conteúdo de fibras e cinzas.

Spadaro e Patton (1961) listaram as operações unitárias essenciais na manufatura de flocos desidratados pregelatinizados, como: 1. Estocagem da matéria-prima, 2. Lavagem, 3. Prê-aquecimento, 4. descascamento, 5. Corte, 6. Branqueamento, 7. Preparo do

purê, 8. Desidratação, 9. Moagem, 10. Embalagem.

Carvalho et al., (1980), obtiveram farinha de batata doce empregando o mesmo processamento e equipamento usado na obtenção de farinha de mandioca, que envolve as seguintes operações: 1. Descascamento manual com facas, 2. Branqueamento, 3. Moagem, 4. Prensagem, 5. Secagem, 6. Moagem. A farinha obtida apresentou melhor platabilidade e maior valor nutricional em relação à farinha de mandioca usada como farinha de mesa. O rendimento da farinha da batata doce foi maior que o da farinha de mandioca e mostrou possuir qualidade superior para ser usada em outros tipos de alimentos.

C. DESIDRATAÇÃO DA BATATA DOCE POR ROLOS AQUECIDOS

A desidratação da batata doce por rolos aquecidos (Drum-Dryer) é uma alternativa que apresenta vantagens econômicas, produtos com boa aceitação e com grande diversidade de usos na alimentação humana (Spadaro et al., 1961; Hoover, 1967; Deobald, 1968 e Wadsworth, 1966). O processo de desidratação da batata doce envolve determinadas operações como descascamento, corte e branqueamento, trituração e desidratação, que podem ter influência no processo e qualidade do produto final. A seguir passamos a relatar as operações normalmente efetuadas no processo de desidratação por rolos e suas implicações tecnológicas.

1. PRÉ-AQUECIMENTO

As raízes frescas recém colhidas têm normalmente baixo teor de sólidos solúveis que tendem a aumentar durante o armazenamento através da ação das enzimas amilolíticas.

O pré-aquecimento é uma técnica usada na ativação das

enzimas amilolíticas presentes no tubérculo que hidrolisam o amido e melhoram a eficiência da secagem, características de manuseio e a estabilidade na estocagem dos flocos (Hoover, 1967).

De acordo com Deobald et al. (1969) são necessárias cerca de 0,2% de dextrinas por mililitro de suco de batata doce para se obter a formação de 38% de maltose e produzir flocos aceitáveis. O pré-aquecimento de batatas frescas por imersão em água quente à temperatura variando de 52°C a 82°C por 15 a 30 min. para produção de flocos instantâneos foi proposto por vários pesquisadores (Scott et al., 1944; Wadsworth et al., 1966; Spadaro et al., 1967; Hamed et al., 1973).

Hoover (1967) descreveu um método diferente de pré-aquecimento. Este método consistia no descascamento e redução da batata doce a um tamanho de partícula de cerca de 0.03 pol. A pasta assim formada era aquecida rapidamente a 71-85°C em um injetor de vapor. A temperatura usada foi dependente da condição das batatas e do tipo de floco desejado. A pasta pré-aquecida foi mantida em um tanque de conversão do amido ao nível requerido e a seguir levada à temperatura de 93°C para completar o cozimento e inativar as enzimas. Deobald et al. (1968) demonstraram que a eficiência da operação de pré-aquecimento dependia da atividade presente nas batatas frescas. Tubérculos com atividade igual a 0,2 S.D.U. (Sweet Potato Dextrinizing Units) prescindiam do pré-aquecimento. Por outro lado, para batatas frescas com alta atividade enzimática, em torno de 0,8 S.D.U., o pré-aquecimento era benéfico, pois reduzia a atividade a níveis compatíveis com a qualidade do produto.

Deobald et al. (1969) sugeriram que existem diferentes mecanismos para a atividade amilolítica em batatas doce. Aparentemente um deles funciona durante o armazenamento e afeta o conteúdo de glicose sem afetar a maltose, enquanto outro funciona no pro-

cessamento durante o tratamento térmico, resultando em um incremento em maltose sem produzir mudanças em glucose.

2. DESCASCAMENTO

Os dados da literatura têm mostrado que tanto soluções de soda como vapor a alta pressão podem ser usados satisfatoriamente para descascar a batata doce. Geralmente batatas recém colhidas são mais fáceis de descascar que aquelas que foram curadas e armazenadas por algum tempo. Segundo Edmond (1971), as raízes recém colhidas podem ser descascadas com jato de água a alta pressão, se forem colocadas previamente em uma solução de 10% de NaOH a 102-104°C por 3-6 minutos, e lavadas em um lavador rotatório equipado com um tubo de descarga de alta pressão. Para raízes submetidas a cura ou armazenadas, o descascamento pode ser efetuado após exposição em soluções de 20-25% de NaOH e temperaturas de 104°C por 4-6 minutos. Tubérculos curados e armazenados precisam de um tratamento com vapor mais rigoroso para o descascamento. Geralmente batatas curadas e armazenadas requerem um tratamento com vapor a 90 - 100 psi por 0,5-15 minutos para um descascamento eficiente.

3. CORTE E BRANQUEAMENTO

O maior problema na manufatura de produtos de batata doce é o desenvolvimento de uma cor marrom escura que mascara a aparência natural do tubérculo, afetando a qualidade do produto.

Robson (1941) reportou que as áreas pretas que aparecem nas batatas após o tratamento térmico desaparecem a pH 3.0, porém voltam a aparecer a pH 7.0. Segundo este pesquisador o desenvolvimento da cor escura é devido à oxidação do ferro, pelo ar, a óxi-

do de ferro, durante a fervura.

De acordo com Hoover (1964) o escurecimento após cozimento é causado pela reação entre íons de ferro (Fe^{+2}) e os o-diidrofenóis. Este tipo de escurecimento é muito semelhante àqueles ocasionados no processamento e depende da variedade e dos tratamentos de pré e pós colheita.

Scott et al., (1944-1945), Arthur e Mclemore (1956) e Hoover (1964) relacionaram o aparecimento da cor escura pela oxidação de taninos, catalizada pela enzima catecol-oxidase.

Segundo Bate-Smith et al., (1958) existe uma relação direta entre ácido clorogênico ou grupos fenólicos e escurecimento, e uma relação inversa entre este e o conteúdo de ácido cítrico no tubérculo.

Vários tratamentos têm sido utilizados na tentativa de controlar o escurecimento da batata doce. Imersão do tubérculo em soluções de sulfito de sódio, ou de uma mistura de pirofosfato ácido de sódio e pirofosfato tetrasódico tem sido usadas com relativo sucesso na manutenção da cor da batata doce (Sintrunk, 1957, Hoover, 1964). Estes compostos, entretanto, podem, quando usados em concentrações excessivas, causar modificações no gosto e aroma do produto final.

Woodroof e Atkinson (1944) empregaram um tratamento térmico para inativar as enzimas causadoras do escurecimento. Segundo estes pesquisadores, para a inativação das enzimas é necessário que o centro das batatas atinja uma temperatura de $88^{\circ}C$. Resultados semelhantes a estes foram encontrados por Hoover e Stout (1956). De acordo com estes autores, o cozimento com vapor por 15 a 30 minutos evita o escurecimento, mas provoca uma perda de 4,4% dos carotenóides.

De acordo com Spadaro e Patton (1961) a imersão de fa-

tias de batata doce em água a 99-100°C por cerca de 30 minutos é suficiente para um branqueamento eficiente. Bons resultados foram alcançados por Hoover (1963) e Wadsworth (1966) quando trataram fatias de uma polegada de espessura e tiras de 5/8 por 3/8 de polegada por 25 e 20 minutos, respectivamente, com vapor a pressão atmosférica.

Spadaro et al., (1967) verificaram que o tempo de cozimento durante o branqueamento afetava a qualidade dos flocos desidratados por rolos secadores. O gosto e a densidade dos flocos melhoraram com o aumento do tempo de cozimento de 10 para 30 minutos. Tempos de cozimento maiores que 30 minutos não resultaram em uma melhoria significativa. Para tiras com 5/8 x 3/8 de polegada o tempo de cozimento de 10 minutos à pressão atmosférica resultou em produtos reidratados pegajosos, indicando que estes não foram suficientemente cozidos. Por outro lado, os produtos cozidos por mais de 30 minutos tiveram baixa viscosidade indicando um cozimento excessivo.

Tratamentos com metabissulfito de sódio, cloreto de sódio e ácido ascórbico foram usados por Hamed et al., (1973) para prevenir o desenvolvimento da cor escura durante o processamento. Os melhores resultados foram obtidos com um tratamento com solução de 0,5% de metabissulfito de sódio, durante 2 minutos.

4. PREPARAÇÃO DO PURÊ

Após o branqueamento as fatias de batata doce são geralmente desagregadas em despoldadores (finishers) ou moinhos, tornando o material pastoso, próprio para a desidratação por rolos secadores.

Vários reagentes e enzimas têm sido adicionados ao pu-

rê na tentativa de melhorar as condições da desidratação e qualidade do produto final. Spadaro e Patton (1961) obtiveram produtos com boa coloração quando adicionaram uma mistura de bissulfito e sulfito de sódio de modo a resultar em teor de 300 ppm de dióxido de enxôfre no purê, na base seca. Resultados semelhantes foram obtidos por Hoover (1963) com uma mistura de pirofosfato ácido de sódio e pirofosfato tetrasódico. Estes sais de fosfato presentes na concentração de 0.3-0.4% do peso seco do purê proporcionaram um produto com melhor "flavor".

Wadsworth et al., (1967) observaram que a viscosidade e a concentração de açúcar do purê influenciaram nas características da desidratação. Purês com viscosidade muito baixa escorrem através dos rolos sem aderir à superfície, enquanto que altas viscosidades resultaram em um espalhamento desigual na superfície dos rolos, diminuindo o rendimento. O aumento de açúcares no purê provocou um aumento na espessura e uma maior uniformidade na camada aderida nos rolos. Estes autores encontraram que as melhores condições de secagem ocorreram quando o teor de sólidos totais no purê era corrigido para cerca de 19%.

A utilização de enzimas amilolíticas para aumentar a concentração de açúcares foi proposta por Hoover (1963). Purês obtidos de batatas recém colhidas, picadas, branqueadas e desintegradas foram incubados com diferentes quantidades de enzimas amilolíticas (Rhozymes) a diferentes temperaturas, de modo a se alcançar a conversão desejada. Segundo Hoover a conversão enzimática ao nível desejado também poderia ser feito através de incubação de apenas uma parte do purê com a enzima. Após a conversão e inativação térmica da enzima essa parte do purê poderia ser adicionada ao restante, de modo a conseguir um produto com teor de açúcar desejado.

Deobald et al (1968) usaram um moinho modelo D. Fitzpatrick Comminuting com malhas de furos arredondados de 0,0625 pol. para obter um purê de batata doce previamente armazenada, descascada e cortada. A pasta obtida foi rapidamente aquecida (em menos de 1 minuto) a 70-80°C em um trocador de calor tubular. A temperatura do produto foi então aumentada para 100°C e mantida nesta temperatura por 45-60 minutos. Estes tratamentos proporcionaram condições propícias para a desidratação e flocos de boa qualidade. Resultados semelhantes foram obtidos com batatas frescas mediante a adição de 300 ppm de íons de cálcio na forma de sais de cloreto ou citrato e elevando-se a temperatura do purê rapidamente a 75°C e mantendo-o nesta temperatura por 30-60 minutos para conversão.

5. DESIDRATAÇÃO

A maioria das pesquisas sobre desidratação de batata doce tem sido direcionada à preparação de flocos pré-gelatinizados instantâneos. Mesmo assim, existe pouca informação disponível na literatura.

A mais importante das operações unitárias na obtenção de flocos pré-gelatinizados é a desidratação em rolos secadores (Drum-Dryer), que tem um efeito determinante no rendimento e qualidade do produto. As variáveis do processo estudadas pela maioria dos pesquisadores foram: pressão de vapor nos rolos, concentração do purê na alimentação, abertura entre os rolos, velocidade dos rolos ou tempo de retenção, nível do purê entre os rolos e relação de sólidos solúveis e insolúveis.

Spadaro e Patton (1961) utilizando um sistema de rolos aquecidos duplos, investigaram o efeito das variáveis do processamento na qualidade do produto desidratado. De acordo com estes

autores, flocos de boa qualidade e rendimento de cerca de 7 kg por metro quadrado de área superficial foram obtidos nas seguintes condições de processamento: a) pressão de vapor nos rolos de 85 psi, b) tempo de retenção na superfície dos rolos de 20 segundos, c) abertura entre os rolos de 0,005 polegadas, d) nível do purê igual a 3/4 da profundidade do vale formado entre os rolos, e) concentração de sólidos igual a 20%, f) concentração de dióxido de enxofre no purê de 300 ppm.

Hoover (1963) trabalhando com purê de batatas curadas, observou uma melhor retenção de cor nos flocos após a adição de 0,3-0,4% de uma mistura de pirofosfato ácido de sódio e pirofosfato tetrasódico (3:1 p/p). Os flocos obtidos, foram facilmente reidratados em água, quando a pressão de vapor dos rolos era mantida a 75 psi, a velocidade de rotação dos rolos igual a 2 rpm e distância entre os rolos de 0,1-0,13 polegadas.

Wadsworth (1966) estudando as características operacionais do processo de obtenção de flocos observou que para obter o máximo rendimento foram necessárias as seguintes condições: a) mínima espessura do filme através da superfície dos rolos, b) mínimo tempo de retenção para que a umidade final do produto seja de 4-7%, c) máxima pressão de vapor nos rolos, d) máximo teor de sólidos no purê para obtenção de um filme uniforme. O rendimento foi também afetado pela viscosidade do purê, espessura da camada metálica superficial dos rolos e as condições ambientais.

Em trabalhos posteriores Wadsworth et al., (1967) investigaram os fatores que determinam a espessura do filme na superfície dos rolos secadores. Segundo estes autores o filme que adere na superfície dos rolos pode ser explicado por dois mecanismos e é formado por duas camadas. A primeira camada adere na superfície por um efeito de queima e ocorre quando a superfície quente

do cilindro entra em contato com o purê. A segunda camada é formada pelo purê que é forçado através da abertura entre os rolos e adere na superfície dos mesmos por tensão superficial. A espessura da primeira camada é pequena comparada com a da segunda. A espessura do filme de purê é afetada significativamente pela abertura, velocidade dos rolos, viscosidade e nível do purê. Fatores como temperatura dos rolos e conteúdo de açúcar exercem menor influência sobre a espessura do filme. Os fatores que afetaram adversamente a uniformidade do filme foram: alta temperatura superficial dos rolos, alta viscosidade do purê, tolerância periférica dos rolos (desnível na camada superficial dos rolos, que impede uma abertura uniforme entre os rolos) e nível baixo do purê entre os rolos.

Hoover (1967) usou um rolo duplo secador, de 12 x 19 polegadas, aquecido com vapor a 80 psi para secar um purê preparado de acordo com seu processo de ativação enzimática, para a produção de flocos de batata doce. Segundo este autor, a quantidade de sólidos solúveis teve influência significativa no rendimento sendo que uma maior quantidade de sólidos solúveis melhorou a aderência do produto nos rolos, resultando em um filme mais denso do produto seco. Este autor também notou que a alta quantidade de sólidos solúveis aumentou o tempo de prateleira do produto. Entretanto, um teor de sólidos solúveis muito alto pode tornar o filme pegajoso, dificultando a retirada do produto seco dos rolos. A máxima densidade dos flocos foi conseguida com um pré-aquecimento à temperaturas de 79-80°C.

Deobald et al., (1968) reportaram que existe uma estreita correlação entre a densidade e a espessura dos flocos. Uma espessura de filme considerada como boa, produziu uma densidade de 34-42 lb/ft³ (0,55-0,67 kg/l). Menores ou maiores densidades pro

duziram filmes muito pegajosos sendo, conseqüentemente, não apropriadas.

Spadaro et al., (1967) verificaram que variedades diferentes de batata doce requerem diferentes condições de processamento para produzir flocos de boa qualidade. As variedades que não possuíam adequado teor de açúcar, necessitaram da conversão do amido em açúcar antes da secagem. O método consistiu em adicionar uma enzima amilolítica (Mylase-P) ao purê e incubá-lo à 54°C por 30 minutos. Outro método consistiu em aquecer o purê à 82°C para ativar as enzimas presentes no tubérculo e logo desativá-las à 100°C, antes da secagem. Os preservativos da cor foram os mesmos usados por Hoover (1963) e as condições da operação de secagem foram basicamente as usadas por Spadaro e Patton (1961). Estes pesquisadores mencionaram também que a inclusão de fibras naturais da batata doce provocou um aumento no rendimento de aproximadamente 10-14%.

Hoover et al., (1966), estudaram o efeito da temperatura e tempo de armazenamento das batatas doce sobre a qualidade e características do processamento dos flocos. As características do produto, capacidade de reidratação, vida de prateleira, cor, etc, melhoraram com o aumento de sólidos solúveis, até ao redor de 80%. Acima deste nível as características do produto tiveram um acentuado declínio, pois o filme tornou-se pegajoso e espesso, dificultando a retirada pela faca. O "flavor" dos flocos melhorou rapidamente com o tempo de armazenamento das raízes, a 14,4°C, até 8 semanas, decaindo após este período.

Estes trabalhos sobre desidratação sugerem que existe uma interrelação entre características tecnológicas do produto desidratado e as condições operacionais como: abertura entre os rolos, tempo de retenção, pressão de vapor e a concentração de sólidos.

sólidos no purê. Assim, produtos com características tecnológicas distintas poderiam ser obtidos através de modificações destas variáveis.

D. EFEITO DO ARMAZENAMENTO NAS CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DO PRODUTO

As raízes frescas de batata doce passam geralmente através de três diferentes e sucessivos períodos antes de sua comercialização "in natura" ou processamento: cura, pós cura e armazenamento.

No início da produção e comercialização em grande escala, os pesquisadores e agricultores acreditavam que deveriam manter secas as raízes frescas para evitar a deterioração. Entre 1913 e 1931 novas idéias foram desenvolvidas surgindo a primeira proposta de cura. Edmond (1971) e Hauman e Merck (1913), descobriram que o microorganismo responsável pelo amolecimento das raízes era o *Rhizopus Stolonifer* que atacava o tubérculo nas regiões onde a periderme tinha sofrido injúrias.

Durante o período de cura o tubérculo sofre uma regeneração da periderme, ocasionalmente ferida, evitando o ataque dos fungos e perda de água (Edmond, 1971). Este processo, entretanto, depende da temperatura e umidade relativa do ambiente. Segundo Weimer e Harter (1921), Artschwager e Starret (1931) e Lutz e Simons (1948), temperaturas entre 29°C e 32°C e 82 a 90% de umidade relativa são ideais para a cicatrização da periderme da batata doce, que ocorre no período de 4 a 7 dias. Após 4-7 dias nestas condições a temperatura do ambiente é gradativamente diminuída até atingir a temperatura de armazenamento (16°C).

Durante o armazenamento a batata doce sofre alterações

biológicas que modificam sua composição química. Estas alterações estão diretamente relacionadas com as condições de armazenamento, ou mais propriamente com a temperatura e umidade relativa do ambiente.

1. EFEITO DA TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DE ARMAZENAMENTO NA QUALIDADE DA BATATA DOCE

Lewis e Morris (1956) curaram batatas doce a 29-32°C e 90-95% de umidade relativa e as armazenaram a 10 e 15°C durante um período de 150 dias. O nível de respiração para as batatas doce armazenadas a 15°C permaneceu constante durante todo o período de armazenamento, aumentando para temperaturas de 10°C. De acordo com Edmond (1971) temperaturas de 21°C ocasionaram uma grande diminuição do peso dos tubérculos, comparados com aquelas armazenadas a 15°C.

Ezell et al (1955) investigando o efeito da umidade relativa durante o armazenamento nas características da batata doce concluíram que umidades relativas abaixo de 85% houve uma perda de peso no tubérculo. Segundo estes autores a faixa ótima de umidade relativa no armazenamento da batata doce está entre 85 a 95%.

Ezell e Wilcox (1948) curaram amostras de batata doce por 8 dias a 29,4°C com alta umidade relativa e as armazenaram a 10; 12,8; 15,5 e 21,1°C. Os resultados mostraram que para temperaturas de 10 e 12,8°C a perda de ácido ascórbico foi maior do que para as temperaturas de 15,5 e 21,1°C. Armazenamento a temperatura de 15,5°C praticamente não alterou o teor de carotenos das batatas.

O efeito das condições de armazenamento na qualidade

dos flocos desidratados de batata doce foi estudada por Arthur et al.,(1954). O conteúdo de carotenos do produto seco foi maior para batatas armazenadas entre 10 e 15°C que aquelas conservadas entre 21 e 24°C, enquanto que a reidratação dos flocos não foi afetada pela temperatura de armazenamento.

Boogess e Woodroof (1964) sugeriram temperaturas de 15°C e 80% de umidade relativa para o armazenamento de batatas destinadas a manufatura de "chips". Resultados semelhantes foram obtidos por Wadsworth et al.,(1966) com batatas curadas por 14 dias a 29,4°C e 85% de umidade relativa, destinadas à produção de flocos instantâneos.

Spadaro et al.,(1967) verificaram que a interrelação entre as condições de armazenamento e qualidade do produto desidratado era afetada pela variedade da batata doce.

Estes dados da literatura indicaram que durante o armazenamento a batata doce sofre modificações bioquímicas que alteram sua composição e, conseqüentemente, influenciam no processo de desidratação e qualidade do produto final.

III. MATERIAIS E MÉTODOS

A. MATERIAIS

1. Matéria prima

A batata doce utilizada foi da variedade Mona Lisa amarela, adquirida em um centro de abastecimento (CEASA) de Campinas, Estado de São Paulo.

2. Reagentes

O grau de pureza dos reagentes usados para as determinações químicas estava de acordo com as especificações exigidas pelos métodos de análises.

3. Aparelhos e Equipamentos

Além dos aparelhos e equipamentos comuns de laboratório foram também usados:

- Máquina picadora convencional marca URSCHER, modelo RA serial nº 315.

- Branqueador Robins Food Processing Machinery de A. K. Robins & Company Inc. Baltimore, Maryland, U.S.A.

- Moinho coloidal marca Meteor, modelo REX-2, tipo AI-5R-V3/2.

- Rolo secador duplo (Double Drum-Dryer) de 18 pol. de diâmetro por 18 pol. de comprimento da Richard Simons & Sons Ltd.

- Centrífuga Sorvall Superspeed RC2-B.
- Espectrofotômetro Filter fasbmessegerat RF-3 aclopado a um computer HP 2100 A.
- Determinador de umidade semi-automático da Brabender.
- Espectrofotômetro Spectronic 20 da BAUSCH & LOMB.
- Viscoamilôgrafo Brabender com cartucho de sensibilidade de 700 cmg.
- Lâmpada de infravermelho, Metter LP 12.
- Conjunto para determinação de proteínas tipo Kjeldah.
- Conjunto para análise granulométrica mecanizado, marca "Produtest".
- Liquidificador Arno, 3 velocidades, Mod. LIR-D série RK.
- Mufla com controle de temperatura, marca Forlabo Ltda, nº 2133 ALO.
- Rotary Shaker, modelo nº R 8 da Fermentation Desing. Inc. Allentown, PA 18103.
- Câmara frigorífica com controle de temperatura e umidade relativa.
- Computador IBM 370-155 da Universidade de São Paulo, U.S.P.

B. MÉTODOS

1. Armazenamento

Um dia após a colheita os tubérculos foram levados ao laboratório e colocadas em câmaras de armazenamento a 15°C e 90% de umidade relativa, durante o tempo que durou a experiência.

2. Umidade

A determinação da umidade dos flocos foi feita após secagem a 130°C durante 1 hora no determinador de umidade semi-automático da Brabender.

3. Proteína

O conteúdo de nitrogênio total foi determinado pelo método de Kjeldahl nº 46-13 da AACC (Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 1969). O conteúdo de proteína da batata doce e dos flocos foi calculado usando-se o fator 6.25.

4. Gordura

O teor de gordura foi determinado de acordo com o método de Bligh e Dyer (1959).

5. Fibra

O teor de fibra foi determinado pelo método de Van de Kamer e Van Ginkel (1952).

6. Cinzas

O conteúdo de cinzas foi determinado por calcinação em mufla, por 2 horas à 600°C, segundo o método nº 08-03 da AACC.

7. Preparação do purê

Os tubérculos com casca foram lavados com água à temperatura ambiente e cortados em pedaços de aproximadamente 1.3 x 1.3 x 1.3 cm, em uma máquina picadora convencional marca URSHEL. Os pedaços foram a seguir branqueados com vapor direto a pressão atmosférica durante 10 minutos e logo passados por um moinho coloidal marca METEOR, graduado convencionalmente para formar um purê.

8. Determinação de umidade do purê

O teor de umidade do purê obtido em 7 foi determinado segundo o método utilizado por Wadsworth (1966). Aproximadamente 5 gramas do purê foram espalhados em um disco de alumínio e colocados sob uma lâmpada infravermelho até se obter peso constante (aproximadamente 40 minutos).

9. Obtenção do purê com diferentes teores de sólidos

Após a determinação da umidade do purê, o conteúdo de sólidos foi ajustado para 15, 20 e 25%, através da adição de determinadas quantidades de água. A quantidade de sólidos foi confirmada experimentalmente através da determinação da umidade, conforme descrito em 8.

10. Desidratação

A desidratação foi realizada no rolo secador duplo em escala piloto, equipado com reguladores de velocidade, espaçamento entre os rolos, pressão de vapor e das facas para raspar o material da superfície (localizada a aproximadamente 3/4 da circunferência dos rolos na direção da rotação). A velocidade de rotação foi fixada para todos os experimentos em 2 rpm.

O rolo secador foi levado à temperatura requerida por aumento lento da pressão de vapor. O aquecimento continuou por aproximadamente 1 hora. A seguir a abertura entre os rolos foi ajustada e o processamento iniciado. Após algum tempo (15-20 minutos) de operação as amostras foram coletadas de ambos os rolos. O nível do purê foi mantido aproximadamente a 10 cm acima do ponto mais próximo entre os rolos.

Para o cálculo do rendimento as amostras foram coletadas durante 5 minutos de operação. O rendimento foi calculado como $\text{kg/h} \cdot \text{m}^2$ da superfície do rolo.

11. Vitamina C

O método usado foi o da AOAC nº 43056. Este método baseia-se na redução quantitativa do 2,6 diclorofenolindofenol pela vitamina C, extraída com uma solução de ácido metafosfórico e ácido acético.

12. Determinação de carotenóides

Os carotenóides foram determinados colorimetricamente. A extração dos carotenóides foi feita com uma mistura de água: clorofórmio:metanol (1:1:0.8, v:v:v) e de acordo com Bligh

e Dyer (1959). A leitura da absorbância foi feita na fase orgânica, após centrifugação da mistura a 12.000xg por 10 min., a 449 nm. A quantidade de carotenóides foi calculada em miligramas de carotenóides totais por 100 gramas de amostra, usando o coeficiente de extinção do Beta caroteno ($E=2880$).

13. Propriedades de pasta

As propriedades de pasta da farinha ou flocos foram determinadas em um Viscoamilógrafo Brabender com cartucho de sensibilidade de 700 cmg como descrito por Anderson *et al.*, (1969). Foram dispersos 70 gramas (base seca) dos flocos (granulometria menor que 65 mesh) em 450 ml de água. Esta suspensão foi aquecida de 25°C até 95°C (1,5°C/min.), mantida a 95°C durante 20 min. e resfriada (1,5°C/min.) até 50°C. A velocidade de agitação em todo o ciclo foi mantida constante a 75 rpm. Os seguintes parâmetros do amilograma foram tomados para interpretação das propriedades de pasta.

- i. Temperatura inicial de pasta: é a temperatura onde se registra o primeiro aumento de viscosidade de 10 U.A.
- ii. Viscosidade máxima: corresponde ao valor da viscosidade máxima da curva, em U.A., durante o ciclo de aquecimento.
- iii. Viscosidade no resfriamento: é a viscosidade, em U.A., quando a temperatura atinge a 50°C no ciclo de resfriamento.

14. Índice de absorção de água (I.A.A.)

O índice de absorção de água foi determinado segundo

o método utilizado por Anderson et al., (1969). Em um tubo de centrífuga, previamente tarado, foram colocados 2,50 gramas de amostra e 30 ml de água a 30°C. A mistura foi agitada continuamente durante 30 min. (a 30°C) e centrifugada a 3.000xg por 10 minutos. O líquido sobrenadante foi vertido cuidadosamente em uma placa de Petri previamente tarada. O gel remanescente foi pesado e o I.A.A. calculado da relação:

$$\text{I.A.A.} = \frac{\text{Peso do gel}}{\text{Peso amostra (base seca)}}$$

15. Índice de solubilidade em água (I.S.A.)

A quantidade de sólidos secos recuperados por evaporação do sobrenadante, obtido em 14, foi utilizado para o cálculo do I.S.A.. O cálculo foi feito a partir da relação:

$$\text{I.S.A.} = \frac{\text{Peso do resíduo seco após evaporação} \times 100}{\text{Peso da amostra (base seca)}}$$

16. Determinação da cor

Colocaram-se aproximadamente 12 gramas das amostras em cápsulas especiais do aparelho para a determinação da cor. Foi usado o Espectrofotômetro Filterfarbmessgerat R.F. C-3 Computer H.P. 2100 A. Hewlett Packard, com disco de 7900 Å e lâmpada de Xenon XB 250 W. O Espectrofotômetro foi calibrado previamente com sulfato de bário.

A porcentagem de absorbância foi determinada no espectro visível (440-700 nm). A cor da amostra foi localizada no diagrama de cromaticidade da Comissão Internacional de Iluminação

(C.I.I.), usando-se os valores das coordenadas Kx e Ky. A tonalidade da cor foi determinada pela diferença total em cor (D.E.) e calculada de acordo com a fórmula de Adams et al (1978).

$$D.E = \sqrt{DAC^2 + DAL^2}$$

onde:

D.A.C. é a diferença de cromaticidade

D.A.L. é a diferença de luminosidade

17. Determinação de açúcares totais

A extração de açúcares totais foi feita de acordo com o método descrito por Ponte et al., (1969). A uma amostra de aproximadamente 1,00 grama foi adicionada uma mistura de cloroformio, metanol e água (1:1:2, v:v:v). Após agitar energicamente por 20 min., a mistura foi centrifugada a 12.000xg por 10 min.. A fase aquosa foi separada cuidadosamente e utilizada para quantificação dos açúcares.

Os açúcares totais foram determinados pelo método Fenol-Acido Sulfúrico, segundo Hodge et al., (1962), tendo como referência uma curva padrão com sacarose.

18. Determinação de sólidos solúveis totais

A quantidade de sólidos solúveis totais foi determinada por evaporação de 10 ml da solução aquosa utilizada para a determinação de açúcares solúveis totais. Utilizou-se a seguinte relação para o cálculo de sólidos solúveis:

$$\% \text{ S.S.T} = \frac{\text{Peso do resíduo evaporado} \times 100}{\text{Peso da amostra (base seca)}}$$

C. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foi investigado o efeito de três variáveis do processo: temperatura da superfície dos rolos, concentração de sólidos no purê e abertura entre os rolos, nas propriedades tecnológicas dos flocos. A temperatura da superfície do rolo foi, por razões práticas, substituído pela pressão de vapor no cilindro.

Para analisar estas três variáveis a três níveis de significância foi utilizada a metodologia denominada "Response Surface Methodology" (R.S.M.)

R.S.M. pode ser definido como um método estatístico que usa dados quantitativos e desenhos experimentais apropriados para determinar e resolver equações polinomiais (Giovani, 1983).

R.S.M. descreve o comportamento de um sistema no qual estão sendo combinados k fatores (ou variáveis independentes) em um experimento. A resposta (ou variável dependente) poderá ser uma função dos níveis nos quais estes fatores são combinados (XK). A expressão matemática desta relação é representada por:

$$Y = \phi (X_1, X_2, \dots, X_k)$$

Onde Y é a função resposta

Para o caso de três variáveis, equações quadráticas têm sido provadas como satisfatórias:

$$Y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_3 + B_{11}X_1^2 + B_{22}X_2^2 + B_{33}X_3^2 + B_{12}X_1X_2 + B_{13}X_1X_3 + B_{23}X_2X_3 + \underline{e}$$

Onde Y é a função resposta, B_0 é o ponto central do sistema, B_1 , B_2 e B_{23} correspondem aos coeficientes dos efeitos lineares; B_{11} , B_{22} , B_{33} , B_{12} , B_{13} e B_{23} correspondem aos efeitos de segunda ordem; e X_1 , X_2 e X_3 representam o valor das variáveis independentes e \underline{e} o valor do erro, que pode ser considerado como zero.

Estas equações podem ser representadas graficamente como respostas de superfície que podem ser analisadas de três formas: a) Como as variáveis independentes afetam as respostas, b) Para determinar as interrelações entre as variáveis testadas, e c) Para descrever o efeito combinado de todas as variáveis juntas sobre as respostas.

1. Desenho Experimental

O experimento foi projetado para verificar a relação entre as condições operacionais e as características tecnológicas dos produtos obtidos. O experimento assim projetado permitiu a delimitação da região ótima para outros experimentos.

O plano usado foi uma replicação fracional $1/3.3^3$, replicada duas vezes. As variáveis suporte e seus respectivos níveis estão indicados nas Tabelas 1 e 2. Estas tabelas mostram a codificação das variáveis, níveis e o delineamento estatístico genérico utilizado.

O experimento foi aleatorizado sem restrições de acordo com a Tabela 3. O processamento de dados e a análise estatística, foram efetuados com o auxílio do computador IBM/370-155 e com o

TABELA 1 - CODIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS E NÍVEIS DO DESENHO
EXPERIMENTAL.

Variável	Código	Nível		
		0	1	2
Pressão (lb/pol ²) (X ₁)	A	40	60	80
Abertura (mm) (X ₂)	B	0,10	0,20	0,30
Concentração (%) (X ₃)	C	15	20	25

TABELA 2 - DELINEAMENTO ESTATÍSTICO GENÉRICO PARA TRÊS
VARIÁVEIS COM TRÊS NÍVEIS.

TESTE	A	B	C
1	0	0	0
2	0	1	2
3	0	2	1
4	1	0	2
5	1	2	0
6	1	1	1
7	2	0	1
8	2	1	0
9	2	2	2

TABELA 3 - COMBINAÇÃO ALEATÓRIA DAS ETAPAS DAS DEZOITO
EXPERIÊNCIAS.

1. ^a ETAPA	6	1	8	5	2	9	7	3	4
2. ^a ETAPA	2	9	6	3	1	8	7	5	4

uso do Statistical Analysis System, que fornece as análises de regressão múltipla completa.

As variáveis independentes (pressão de vapor, abertura e concentração de sólidos totais) foram definidas após testes preliminares baseados em referências bibliográficas, que verificaram a sua influência nas condições operacionais e nas características tecnológicas dos produtos desidratados (Wadsworth *et al.*, 1966, Spadaro *et al.*, 1967). Os níveis de variação foram estabelecidos após a determinação dos valores máximos e mínimos permitidos. Estes valores foram estabelecidos levando-se em consideração os dados encontrados na bibliografia, propriedades físicas do purê e limitações técnicas da operação de secagem.

Foi fixado como limite máximo a concentração de 25% de sólidos totais, próximo à concentração natural do purê que se encontra na faixa de 27-30%. Os níveis central e mínimo foram fixados em 20 e 15% respectivamente, em função das características físicas do purê. Testes com concentrações menores de 15% resultaram em um purê com pouca aderência na superfície dos rolos e tendência a escorrer.

Os níveis máximo e mínimo da pressão de vapor foram fixados em 80 e 40 lb/pol² respectivamente, suficientes para se obter flocos com umidade entre 4-7% e com boas condições de operação. Pressões de vapor menores que 40 lb/pol², quando testadas com concentrações limites e uma abertura adequada para a produção de um filme uniforme, resultaram em flocos muito úmidos, enquanto pressões maiores que 80 lb/pol² ocasionaram a queima do produto quando a concentração de sólidos totais foi de 15%.

Os níveis máximos (0,30 mm) e mínimos (0,10 mm) da abertura entre os rolos foram determinados após testes preliminares que permitiram obter filmes uniformes e secos e de boa qualidade quando usadas as condições limites de concentração de sólidos

dos e pressão de vapor.

D. EFEITO DO ARMAZENAMENTO NAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DO PRODUTO.

Este estudo foi efetuado utilizando-se condições operacionais fixas e baseadas no rendimento, retenção de vitamina C e carotenóides.

A batata doce utilizada para esta parte da pesquisa foi curada a 30°C e 90% de umidade relativa por 5 dias. Após a cura a batata foi armazenada a 15 ou 20°C e 90% de umidade relativa durante 6 semanas.

O efeito do armazenamento na qualidade tecnológica dos flocos foi avaliado nas seguintes fases do armazenamento: antes da cura, após a cura e durante o armazenamento em intervalos regulares.

IV - RESULTADOS E DISCUSSÃO

A. CARACTERÍSTICAS DA MATÉRIA-PRIMA

A batata doce apresentou um teor de umidade de cerca de 68,0-70,0%. A composição centesimal e conteúdo de B caroteno e Vitamina C estão mostrados na Tabela 4. Os valores foram semelhantes àqueles encontrados na literatura (Edmond, 1971; Carvalho et al., 1980; Abd-El-Karim e Banheer, 1979).

B. ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento estatístico foi planejado com 9 graus de liberdade e o modelo matemático que estimou a superfície foi ajustado para a seguinte expressão:

$$Y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_3 + B_{11}X_1^2 + B_{22}X_2^2 + B_{12}X_1X_2 + B_{33}X_3^2 + e$$

Através da análise da tendenciosidade foi demonstrado que os termos $B_{13}X_1X_3$ e $B_{23}X_2X_3$ do modelo, não eram importantes. A análise descritiva da série dos resíduos, efetuada através de gráficos probabilísticos gaussianos e de gráficos dos resíduos versus cada variável independente e valor ajustado, demonstrou a adequabilidade do modelo matemático.

A Tabela 5 mostra os resultados das características tecnológicas do produto nas várias condições operacionais do processo. Os coeficientes de regressão múltipla e suas respectivas análises estatísticas se encontram no Anexo 1. Os resultados da análise de variância e os modelos matemáticos encontrados estão

TABELA 4 - COMPOSIÇÃO CENTESIMAL E CONTEÚDO DE B CAROTENO E
VITAMINA C DA BATATA DOCE

COMPONENTES	CONTEÚDO ⁽¹⁾
Proteína	4,13 (%)
Gordura	0,87 (%)
Fibra	2,19 (%)
Cinza	2,68 (%)
Carboidratos ⁽²⁾	90,13 (%)
B caroteno	0,512 (mg/100g)
Vitamina C	40,030 (mg/100g)

(1) Resultados expressos na base seca

(2) Os carboidratos foram calculados por diferença

TABELA 5 - CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DO PRODUTO NAS DIFERENTES CONDIÇÕES OPERACIONAIS DO PROCESSO

EXPERIMENTO	CONDIÇÃO DE OPERAÇÃO			CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DO PRODUTO		
	PRESSÃO (lb/pol ²)	ABERTURA (mm)	CONCENTRAÇÃO (%)	REND. kg/h .m ²	RET. VIT. C (%)	RET. CAROT. (%)
1	60	0,20	20	5,51	50,00	54,24
2	40	0,10	15	4,60	30,51	52,20
3	80	0,20	15	5,46	78,42	91,53
4	60	0,30	15	7,21	40,07	57,63
5	40	0,20	25	2,83	44,85	53,90
6	80	0,30	25	5,21	31,71	50,17
7	80	0,10	20	5,82	59,47	76,27
8	40	0,30	20	8,36	39,87	44,41
9	60	0,10	25	2,27	56,54	61,53
10	40	0,20	25	2,73	45,15	51,86
11	80	0,30	25	5,73	31,64	51,53
12	60	0,20	20	5,53	50,17	53,56
13	40	0,30	20	7,77	40,60	43,90
14	40	0,10	15	4,63	27,19	51,19
15	80	0,20	15	5,90	75,17	89,83
16	80	0,10	20	6,19	62,98	77,29
17	60	0,30	15	7,38	39,67	56,27
18	60	0,10	25	2,46	60,16	63,05

TABELA 5 - CONTINUAÇÃO

EXPERIMENTO	CONDIÇÃO DE OPERAÇÃO			CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DO PRODUTO		
	ORDEM	PRESSÃO (lb/pol ²)	ABERTURA (mm)	CONCENTRAÇÃO (%)	V. INICIAL (U.B.)	V. MAX. (U.B.)
1	60	0,20	20	330	460	760
2	40	0,10	15	305	420	700
3	80	0,20	15	340	460	740
4	60	0,30	15	180	360	620
5	40	0,20	25	230	435	720
6	80	0,30	25	160	350	590
7	80	0,10	20	190	230	420
8	40	0,30	20	180	445	750
9	60	0,10	25	220	300	560
10	40	0,20	25	210	390	700
11	80	0,30	25	160	300	580
12	60	0,20	20	330	450	750
13	40	0,30	20	160	350	650
14	40	0,10	15	300	400	680
15	80	0,20	15	300	450	710
16	80	0,10	20	210	180	420
17	60	0,30	15	170	240	620
18	60	0,10	25	220	200	550

TABELA 5 = CONTINUAÇÃO

EXPERIMENTO	CONDIÇÃO DE OPERAÇÃO			CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DO PRODUTO		
	ORDEM	PRESSÃO (lb/pol ²)	ABERTURA (mm)	CONCENTRAÇÃO (%)	I.A.A.	I.S.A. (%)
1	60	0,20	20	6,67	39,23	5,50
2	40	0,10	15	8,02	32,28	4,60
3	80	0,20	15	6,46	34,08	5,40
4	60	0,30	15	7,45	35,59	7,30
5	40	0,20	25	7,44	33,00	5,10
6	80	0,30	25	7,48	31,22	8,00
7	80	0,10	20	7,03	39,45	5,00
8	40	0,30	20	6,27	38,17	9,00
9	60	0,10	25	6,47	37,39	4,70
10	40	0,20	25	7,68	32,99	5,30
11	80	0,30	25	7,50	32,51	8,00
12	60	0,20	20	6,43	37,93	5,90
13	40	0,30	20	6,21	36,00	9,10
14	40	0,10	15	7,90	31,07	4,70
15	80	0,20	15	6,52	34,61	6,00
16	80	0,10	20	6,74	40,98	4,50
17	60	0,30	15	7,36	34,83	7,20
18	60	0,10	25	6,36	37,30	4,50

resumidos na Tabela 6.

As análises de variância mostraram que os ajustes foram altamente significativos para a maioria dos modelos. O teste F indicou que os modelos ajustados para o rendimento, porcentagem de retenção de vitamina C, porcentagem de retenção de carotenóides, viscosidade inicial, índice de solubilidade em água (I.S.A.), foram significativos ao nível de 0,01%. Os modelos para a cor, viscosidade máxima e viscosidade a 50°C e índice de absorção de água (I.A.A.) foram significantes ao nível de 0,14; 0,26, 0,90; 15,00%, respectivamente. Estes resultados mostraram que apenas o I.A.A. não variou significativamente em função das variáveis experimentais.

Os coeficientes de determinação total R (R-SQUARE) foram altos, como se observa nas tabelas do anexo 1, para todas as respostas com exceção do correspondente ao Índice de Absorção de Água (I.A.A.), que não apresentou uma boa correlação.

C. EFEITOS DOS PARÂMETROS OPERACIONAIS NAS CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DOS FLOCOS

Para melhor interpretação, o efeito das variáveis operacionais nas características tecnológicas foi estudado com auxílio dos gráficos de contorno (curvas de nível) das Superfícies de Respostas.

1. EFEITO DOS PARÂMETROS OPERACIONAIS NO RENDIMENTO DOS FLOCOS

A figura 1 mostra o efeito da pressão de vapor e abertura entre os rolos no rendimento dos flocos quando a concentração de sólidos foi fixada em 20%. As curvas de nível concêntricas indicaram que o rendimento foi dependente da pressão de vapor e

BELA 6 - MODELOS MATEMÁTICOS RELACIONANDO CONDIÇÕES OPERACIONAIS E CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS
E SUAS SIGNIFICÂNCIAS.

MODELO	SIGNIFICÂNCIA
$\begin{aligned} \text{REND.} = & - 513,167 - 3,629167*\text{PRES.} - 686,667*\text{ABT} + 94,25*\text{CONC.} + 3683,33*\text{ABT}^2 \\ & - 2,603333*\text{CONC.}^2 + 0,042708*\text{PRES.}^2 - 4,166667*\text{PRES.}* \text{ABT} \end{aligned}$	0,01%
$\begin{aligned} \text{RET. VIT. C} = & 73,54 + 2,776458*\text{PRES.} + 997,317*\text{ABT} - 21,077667*\text{CONC.} - 1339*\text{ABT}^2 \\ & + 0,5182*\text{CONC.}^2 - 0,00535625*\text{PRES.}^2 - 8,3525*\text{PRES.}* \text{ABT} \end{aligned}$	0,01%
$\begin{aligned} \text{RET. CAROT.} = & 210,465 + 0,722583*\text{PRES.} + 637,542*\text{ABT} - 24,182167*\text{CONC.} - 870*\text{ABT}^2 \\ & + 0,5768*\text{CONC.} + 0,00865*\text{PRES.}^2 - 5,903750*\text{PRES.}* \text{ABT} \end{aligned}$	0,01%
$\begin{aligned} \text{VISC. INICIAL} = & - 390,833 - 0,895833*\text{PRES.} + 1654,167*\text{ABT} + 68,75*\text{CONC.} - 8541,667*\text{ABT}^2 \\ & - 1,883333*\text{CONC.}^2 - 0,032292*\text{PRES.}^2 + 23,333333*\text{PRES.}* \text{ABT} \end{aligned}$	0,01%
$\begin{aligned} \text{VISC. MÁXIMA} = & 84,166667 - 6,666667*\text{PRES.} + 3262,5*\text{ABT} + 33,416667*\text{CONC.} - 10541,667*\text{ABT}^2 \\ & - 0,983333*\text{CONC.}^2 + 0,00833333*\text{PRES.}^2 + 19,583333*\text{PRES.}* \text{ABT} \end{aligned}$	0,26%

TABELA 6 - CONTINUAÇÃO

MODELO	SIGNIFICÂNCIA
$\begin{aligned} \text{ISCOS. A. } 509C &= 208,333 - 7,083333*PRES. + 4150,00*ABT + 45,833333*CONC. - 13500,00*ABT^2 \\ &- 1,300*CONC.^2 - 0,0125*PRES.^2 + 20,50*PRES.*ABT \end{aligned}$	0,9%
$\begin{aligned} \text{A.A.} &= 16,501667 - 0,151792*PRES. - 23,20*ABT - 0,2703333*CONC. + 19,916667*ABT^2 \\ &+ 0,00643333*CONC.^2 + 0,0007854167*PRES.^2 + 0,250417*PRES.*ABT \end{aligned}$	15,00%
$\begin{aligned} \text{S.A.} &= - 36,753333 + 0,959333*PRES. + 45,95*ABT + 4,131167*CONC. + 25,916667*ABT^2 \\ &- 0,102467*CONC.^2 - 0,00.587083*PRES.^2 - 1,079583*PRES.*ABT \end{aligned}$	0,01%
$\begin{aligned} \text{OR} &= - 2,5024 - 0,1605 PRES. + 26,2788 ABT + 0,9452 CONC. - 29,9152 ABT^2 + 0,0229 CONC.^2 \\ &+ 0,0012 PRES.^2 + 0,0389 PRES.*ABT \end{aligned}$	0,14%

da abertura entre os cilindros. O aumento, concomitantemente, destas duas variáveis provocou um aumento no rendimento. Variações na abertura, dentro dos limites do experimento, provocaram, entretanto, um aumento mais pronunciado no rendimento que aquele provocado pela elevação da pressão. Resultados semelhantes a estes foram obtidos com 15 e 25% de sólidos. Os menores rendimentos foram obtidos com 25% de sólidos, não sendo observadas diferenças marcantes entre os resultados obtidos com 15 e 20% de sólidos. Estes resultados indicaram ser possível obter altos rendimentos de flocos com o simples aumento da abertura e com grande economia de energia. Os resultados obtidos neste experimento estão de acordo com as observações de Wadsworth et al., (1966), que verificaram que a abertura influiu no rendimento de modo mais marcante que a pressão de vapor.

O efeito da concentração de sólidos e pressão de vapor no rendimento, quando a abertura entre os cilindros foi fixada em 0,30 mm está ilustrada na figura 2. As curvas de nível apresentaram um ponto de sela (Cochram et al., 1957) com o máximo de rendimento na faixa de 16-20% de concentração de sólidos e pressões entre 75 e 80 lb/pol². Entretanto, o máximo de rendimento na zona crítica de concentração de sólidos e pressão de cerca de 80lb/pol² foi apenas 2,4% maior que aqueles obtidos à pressão de 40lb/pol². Este resultado indicou que nesta zona de concentração o aumento do rendimento pode não ser compatível com o gasto de energia. Em superfícies como esta a função resposta é mais sensível a variações de uma das variáveis. Nas condições do experimento, variações na concentração de sólidos provocaram maiores alterações no rendimento que aquelas provocadas pela pressão de vapor. Comportamentos similares a estes foram observados para aberturas de 0,10

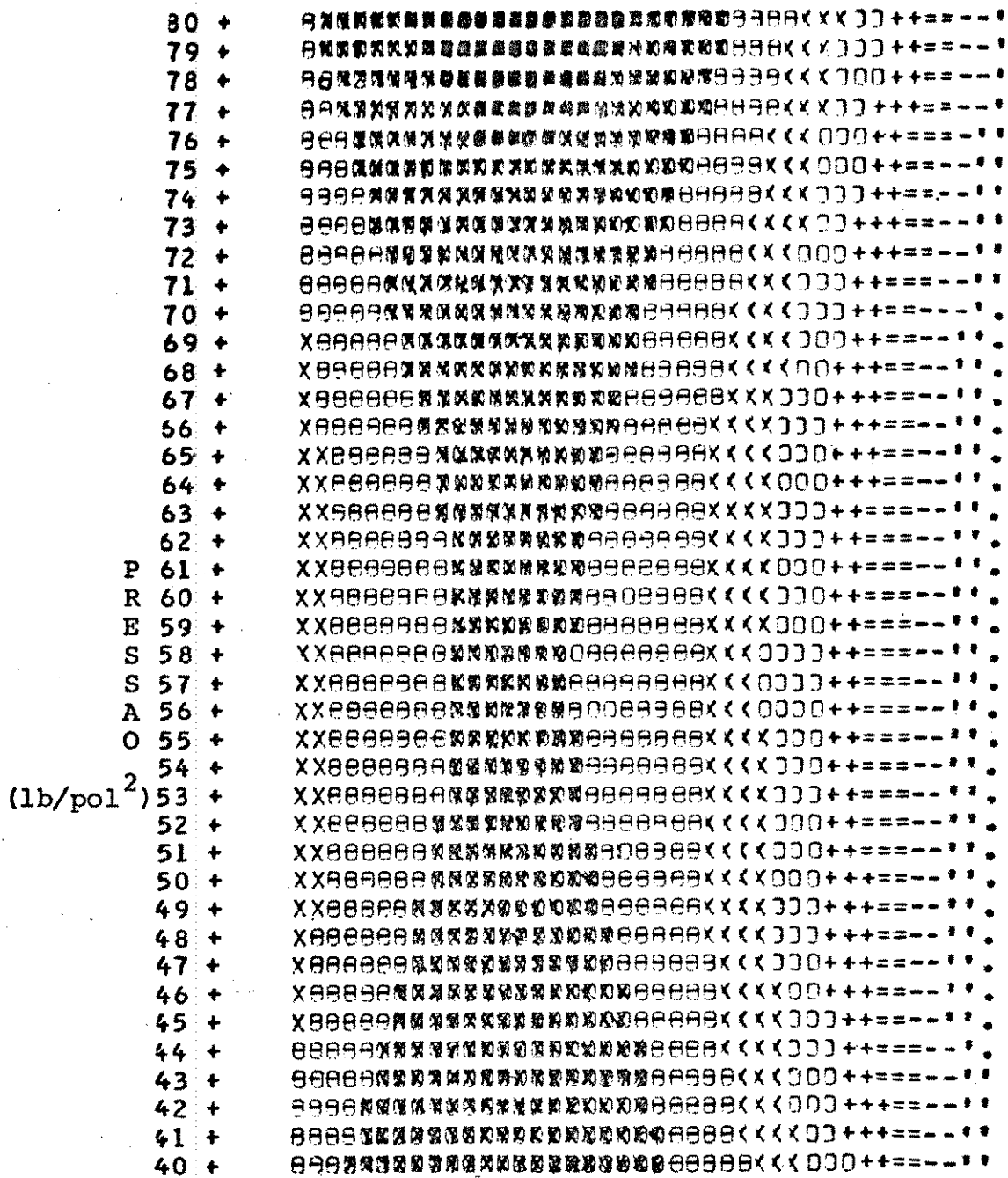


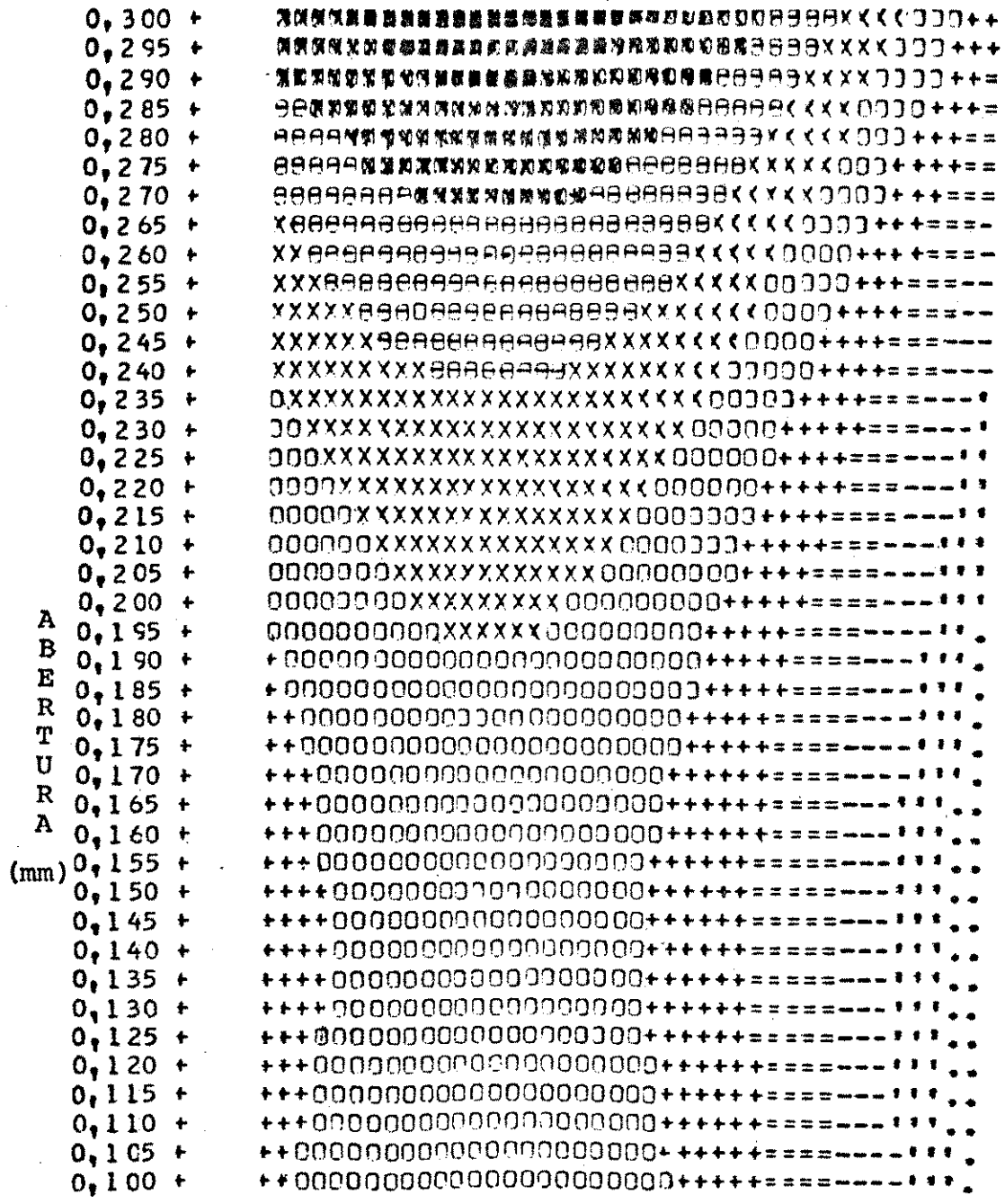
FIGURA 2 - EFEITO DA PRESSÃO DE VAPOR (lb/pol²) E A CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS NO PURE (%) NO RENDIMEN

e 0,20 mm, porém com rendimentos menores. De acordo com Wadsworth et al.,(1967) variações na concentração de sólidos modificam a viscosidade do purê provocando alterações na espessura do filme e, conseqüentemente, no rendimento dos flocos. Os experimentos efetuados por estes autores demonstraram que a diminuição na viscosidade do purê provocou um aumento no número de Reynolds do purê e causaram um decréscimo sensível na fricção entre a superfície dos rolos e o purê. Nestas condições o purê tem condições de fluir através dos rolos provocando aumento na espessura do filme e no rendimento.

O efeito da abertura versus concentração, as duas variáveis de maior influência no rendimento, quando a pressão foi mantida constante (80 lb/pol^2), pode ser visualizado na figura 3. As curvas de nível formam um ponto de sela, com rendimento máximo entre 16 e 20% de sólidos e abertura em torno de 0,30 mm. o rendimento praticamente não foi alterado com a variação da concentração entre 15 e 21%. Fora desta faixa crítica de concentração, variações em qualquer direção produziram diminuição no rendimento, que só foram compensados com grandes modificações da abertura ou da pressão, especialmente da abertura.

Embora os rendimentos para pressões de 40 e 60 lb/pol^2 , tenham sido maiores que aqueles observados com 80 lb/pol^2 , as curvas de nível obtidas nestas condições foram semelhantes.

Estes experimentos indicaram que o rendimento foi dependente da abertura entre os rolos e, principalmente da concentração do purê. A pressão de vapor mostrou ter pouca influência no rendimento.



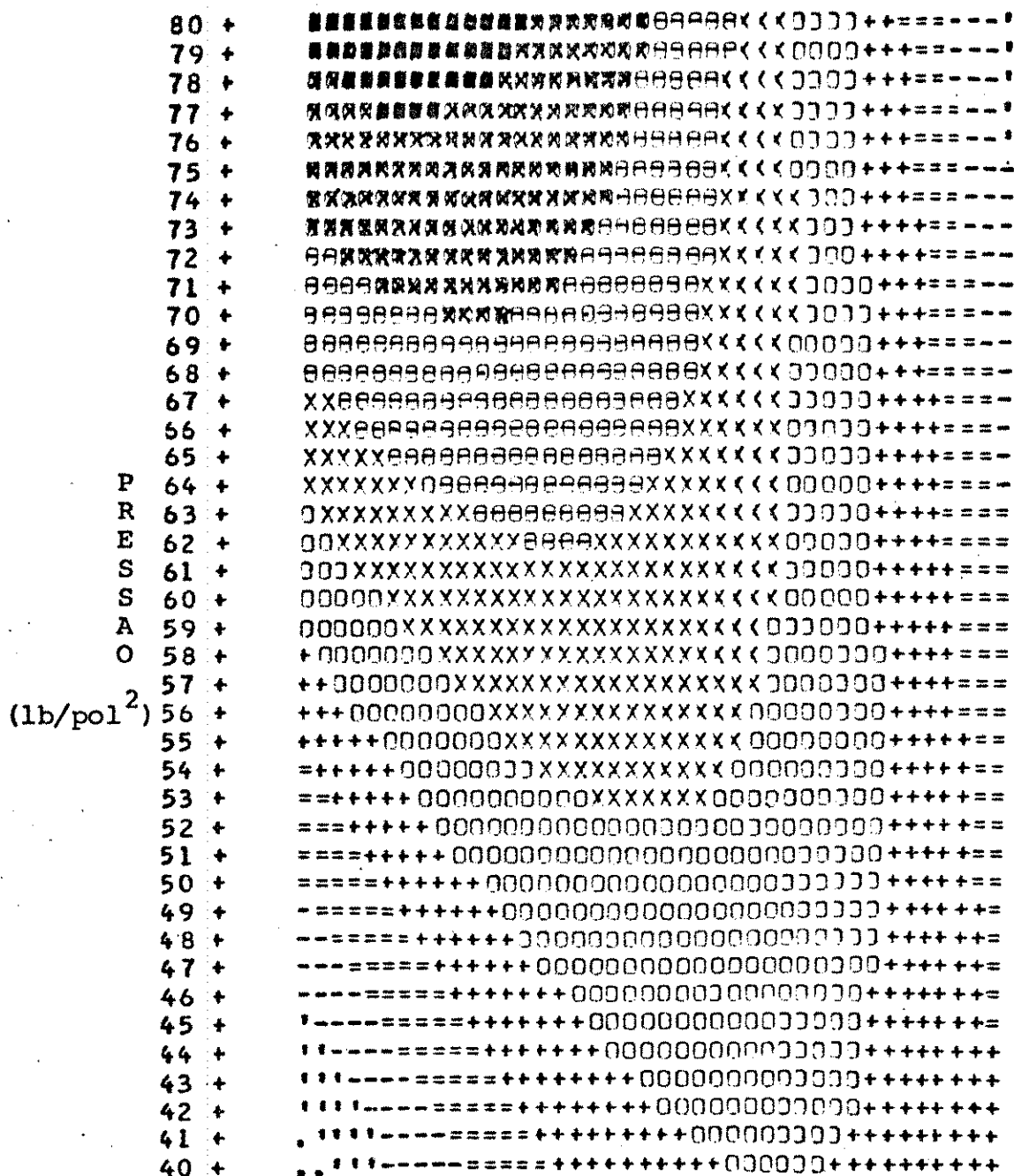
CONCENTRAÇÃO (%)		CONCENTRAÇÃO (%)	
SIMBOLO	REND.	SIMBOLO	REND.
.....	3,13-3,43	OOOOOOO	5,81-6,40
	3,43-4,02	XXXXXXX	6,40-7,00
-----	4,02-4,62	EEEEEEE	7,00-7,59
=====	4,62-5,21	XXXXXXXX	7,59-8,19
+++++++	5,21-5,81	XXXXXXXX	8,19-8,49

FIGURA 3 - EFEITO DA ABERTURA ENTRE CILINDROS (mm) E DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS (%) NO PURÊ SOBRE O RENDIMENTO EM BLOCOS DE BATATA DOCE (DIREÇÃO DE UNIDOR)

2. EFEITO DOS PARÂMETROS OPERACIONAIS NA RETENÇÃO DE VITAMINA C.

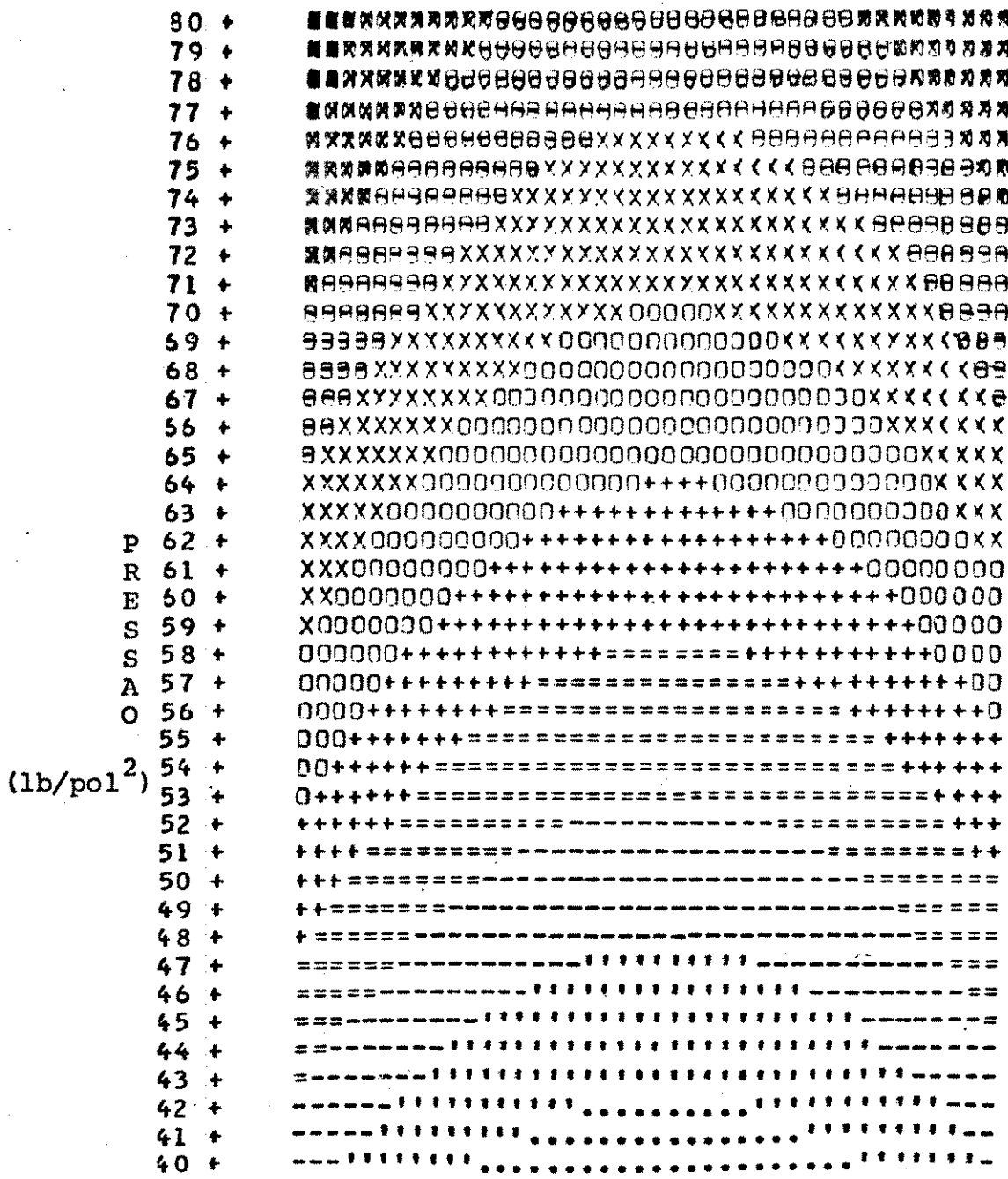
O efeito da abertura e da pressão de vapor na retenção de vitamina C mantendo a concentração de sólidos totais em 15%, está mostrado na figura 4. A retenção de vitamina C foi calculada tomando como 100% a quantidade de 30,12 mg/100g (base seca), resultante da análise do purê depois do branqueamento e antes do processamento no "Drum-Dryer". Curvas de nível deste tipo foram denominadas por Cochran et al, 1957, de lomba ascendente. Entre 0,10 e 0,20 mm de abertura, o aumento da pressão resultou em maior retenção de vitamina C. Para aberturas entre 0,20 e 0,30 mm, a retenção foi menor e o aumento da pressão praticamente não produziu variações marcantes na retenção de vitamina C. Estas curvas foram similares àquelas observadas com 20 e 25% de sólidos totais. A maior retenção de vitamina C ocorreu com 15% de concentração de sólidos, seguido por 25 e 20%, respectivamente. Provavelmente a retenção de vitamina C esteja relacionada com a espessura e uniformidade do filme formado na superfície dos rolos. Aberturas menores que 0,20 mm resultaram em um filme mais fino e uma secagem mais rápida que provocou, pelo aumento do teor de sólidos e viscosidade, a imobilização dos reagentes responsáveis pela destruição da vitamina. Por outro lado aberturas maiores que 0,20 mm proporcionaram filmes de maior espessura e secagem mais lenta, causando maior interação entre os reagentes e como consequência maior perda de vitamina C.

O efeito da concentração de sólidos e da pressão de vapor na retenção de vitamina C, para aberturas de 0,10 mm, está ilustrado na figura 5. Estes resultados confirmaram que quando a abertura foi mantida em um valor constante, a retenção aumentou com o acréscimo na pressão. As curvas de nível mostraram que a



SIMBOLO	RET. VIT. C	SIMBOLO	RET. VIT. C
.....	28,85-31,76	OOOOOOO	55,05-60,87
!!!!!!!	31,76-37,58	XXXXXXXX	60,87-66,69
-----	37,58-43,40	EEEEEEEE	66,69-72,51
=====	43,40-49,22	XXXXXXXXXX	72,51-78,33
+++++++	49,22-55,05	XXXXXXXXXX	78,33-81,24

FIGURA 4 - EFEITO DA PRESSÃO DE VAPOR (lb/pol²) E DA ABERTURA ENTRE CILINDROS (mm) NA RETENÇÃO DE VITAMINA C (%) NOS BLOCOS DE BATATA DOCE (CONCEN...



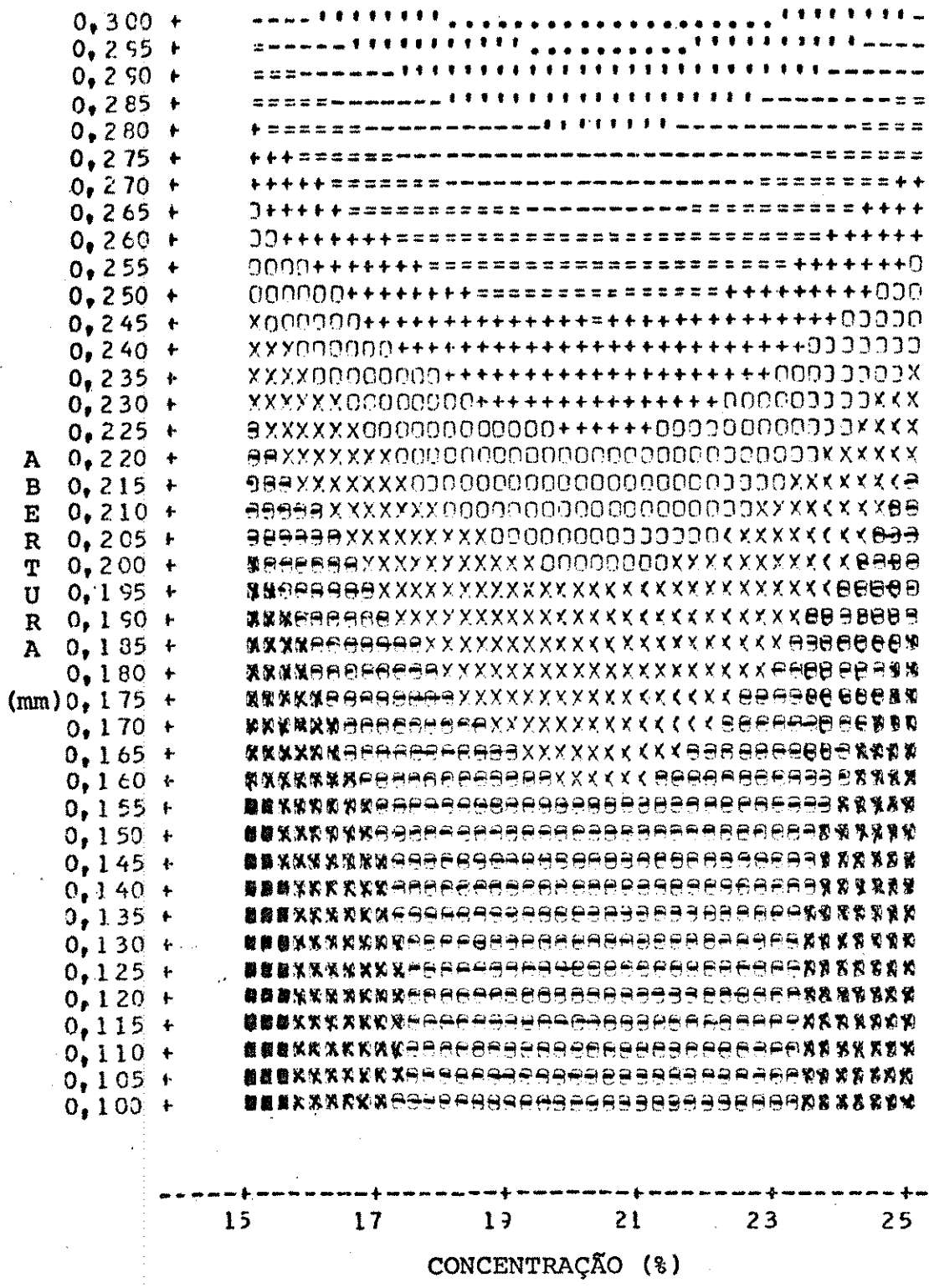
SIMBOLO	RET. VIT. C	SIMBOLO	RET. VIT. C
.....	14,09-17,80	OOOOOOO	47,44-54,85
	17,80-25,21	XXXXXXXX	54,85-62,26
-----	25,21-32,62	EEEEEEEE	62,26-69,67
=====	32,62-40,03	XXXXXXXXXX	69,67-77,08
+++++++	40,03-47,44	XXXXXXXXXX	77,08-80,78

FIGURA 5 - EFEITO DA PRESSÃO DE VAPOR (lb/pol²) E DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS NO PURÊ (%) NA RETENÇÃO

25% de sólidos e em torno da pressão máxima utilizada (80 lb/pol²). A retenção de vitamina C entre 15 e 20% de sólidos foi ligeiramente maior que aquela observada entre 20 e 25%. Para a abertura de 0,20 mm, das curvas de nível foram semelhantes as obtidas com 0,10 mm. O máximo de retenção de vitamina C para aberturas de 0,20 mm foi, entretanto, menor que para 0,1 mm de abertura.

A retenção de vitamina C em função de abertura entre os cilindros e concentração de sólidos, à pressão de vapor de 80 lb/pol²) está mostrada na figura 6. A pressão de vapor foi fixada em 80 lb/pol², pois nesta pressão foram obtidas maiores retenções de vitamina C (figura 4 e 5). O máximo de retenção foi observado para aberturas entre 0,10 e 0,15 mm e concentrações entre 15 e 17%. Nesta faixa de abertura a retenção de vitamina C foi relativamente alta para concentrações entre 23 e 25% de sólidos. Aberturas maiores que 0,20 mm, independente da concentração utilizada, resultaram em grandes perdas de vitamina C. Em uma ampla faixa de concentração, entre 17 e 23% e 0,10-0,16 mm de abertura, não ocorreram variações marcantes na retenção de vitamina C.

Estes resultados indicaram que a maior retenção de vitamina C ocorreu em uma faixa de concentração de sólidos entre 15 e 17% e para aberturas entre 0,10 e 0,20 mm. Nestas condições o aumento de pressão proporcionou as retenções máximas de vitamina C. Lee e Labuza (1975) estudando a destruição de vitamina C em função da atividade de água, para sistemas com umidade intermediárias, observaram que a velocidade de destruição de vitamina C estava relacionada com a viscosidade do sistema. O decréscimo de viscosidade, provocado por diluição do sistema, causou um aumento na velocidade de destruição da vitamina C. Este aumento foi progressivo até um determinado valor de umidade, mantendo-se constante para umidades maiores. Dados do tempo de meia vida da vitamina C em função



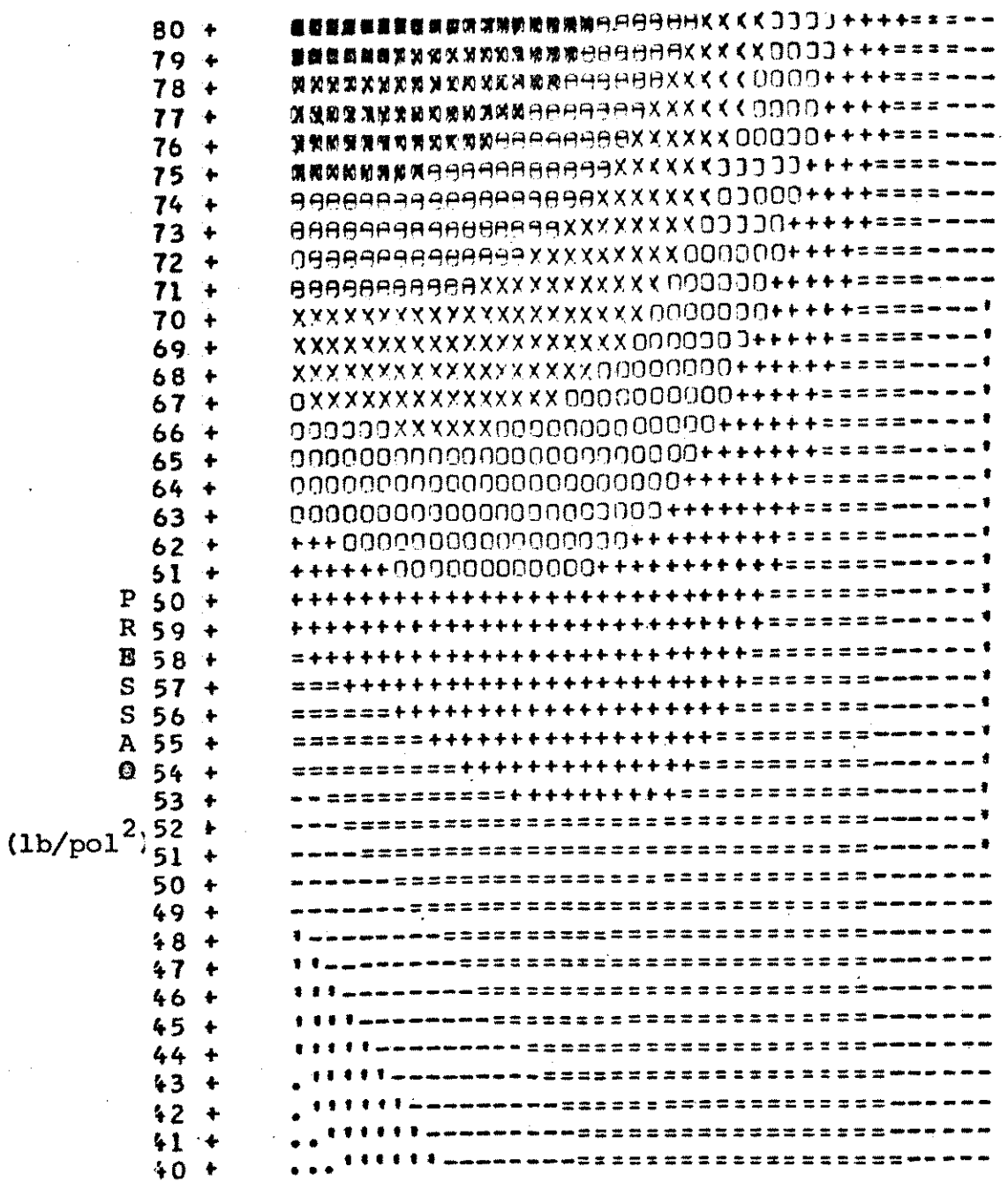
SIMBOLO	RET. VIT. C	SIMBOLO	RET. VIT. C
.....	20,41-23,79	OOOOOOO	50,83-57,59
.....	23,79-30,55	XXXXXXXX	57,59-64,34
-----	30,55-37,31	EEEEEEEE	64,34-71,10
=====	37,31-44,07	XXXXXXXXXX	71,10-77,86
+++++++	44,07-50,83	XXXXXXXXXX	77,86-81,24

FIGURA 6 - EFEITO DA ABERTURA ENTRE CILINDROS (mm) E A CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS NO PURÊ (%) SOBRE A RETENÇÃO DE

da umidade demonstraram que a velocidade de destruição diminuiu sensivelmente com o decréscimo da umidade. Estes resultados indicaram que o controle da reação foi devido, principalmente, à difusividade dos reagentes e o efeito de solubilização. De acordo com estes resultados é possível que a alta velocidade de secagem, observada com altas temperaturas (alta pressão de vapor), tenha provocado um aumento mais rápido na concentração de sólidos que imobilizou os reagentes e minimizou a destruição da vitamina C. A maior retenção de vitamina C para alta concentração inicial de sólidos, acima de 22%, mostrou a influência desta variável. As altas retenções de vitamina C para concentrações baixas de sólidos, entre 15 e 17%, podem estar associados com excesso de água, além do limite para ocorrer a reação. Aberturas maiores que 0,20 mm, pela maior espessura do filme, também provocaram menores velocidade de secagem e, portanto, maior destruição da vitamina C.

3. EFEITO DOS PARÂMETROS OPERACIONAIS NA RETENÇÃO DE CAROTENÓIDES

A figura 7 mostra o efeito da abertura e da pressão de vapor sobre a porcentagem de retenção de carotenóides quando a concentração de sólidos foi mantida em 15%. A retenção de carotenóides foi calculada tomando como 100% de carotenóides contidos no produto antes de ser processado no "Drum-Dryer". Para aberturas menores que 0,25 mm, o aumento na pressão causou uma maior retenção de carotenóides, enquanto que para aberturas maiores os aumentos na pressão não causaram variações marcantes na retenção. A maior retenção de carotenóides foi observada para pressões elevadas (ao redor de 80 lb/pol²) e na faixa de 0,10 a 0,18 mm de



-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
 0,10 0,14 0,18 0,22 0,26 0,30

ABERTURA (mm)

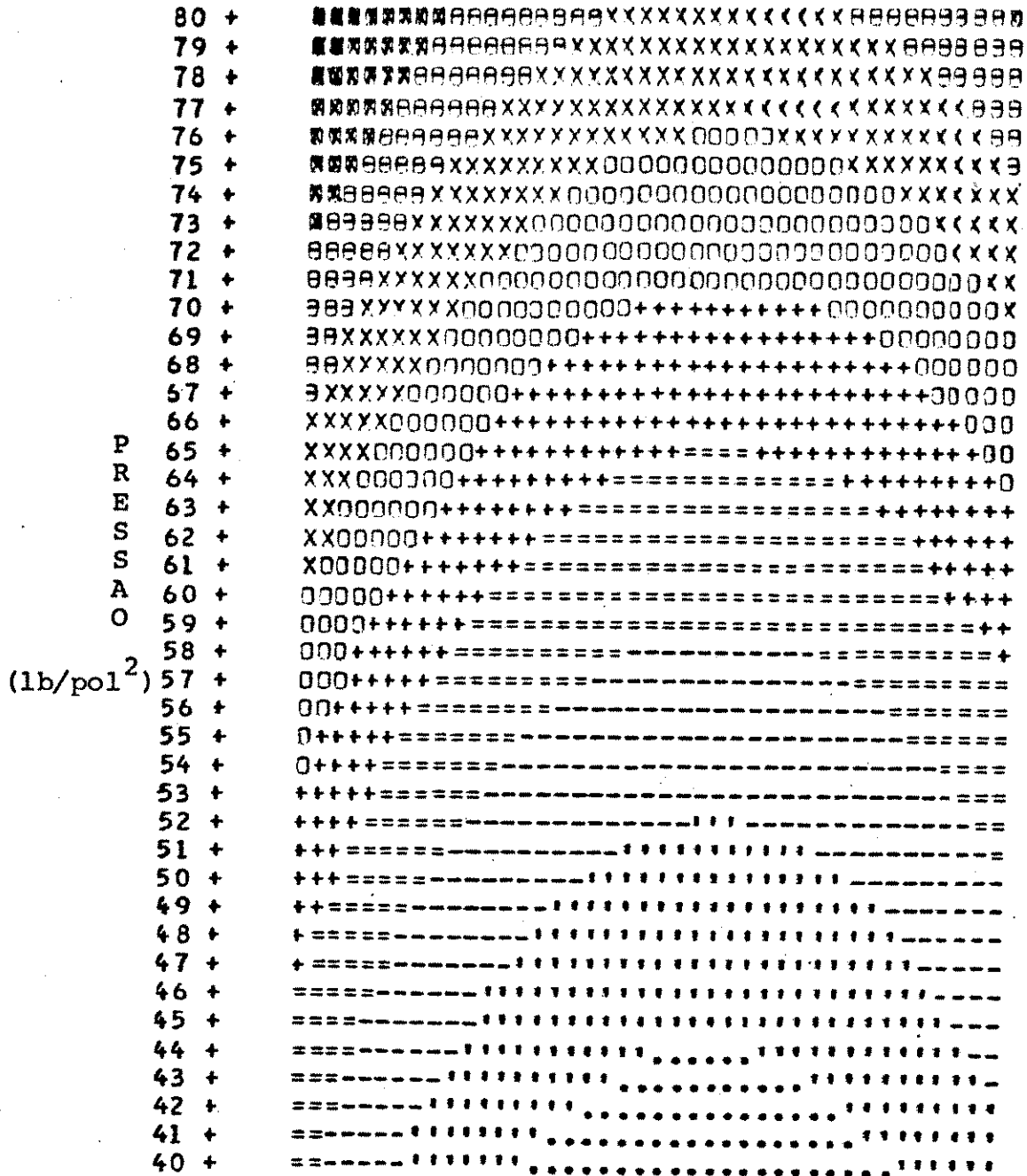
SIMBOLO	RET. CAROTS.	SIMBOLO	RET. CAROTS.
.....	51,69-54,29	0000000	75,09-80,29
	54,29-59,49	XXXXXXXX	80,29-85,49
-----	59,49-64,69	@@@@@@@	85,49-90,69
=====	64,69-69,89	#####	90,69-95,89
+++++++	69,89-75,09	#####	95,89-98,49

FIGURA 7 - EFEITO DA PRESSÃO DE VAPOR (lb/pol²) E A ABERTURA

abertura. As curvas de nível correspondentes às concentrações de 20 e 25% tiveram um comportamento similar às de 15%. As maiores retenções, entretanto, ocorreram para concentrações de 15%, seguida de 25 e 20%, respectivamente. A retenção de carotenóides foi similar ao comportamento observado para a retenção de vitamina C.

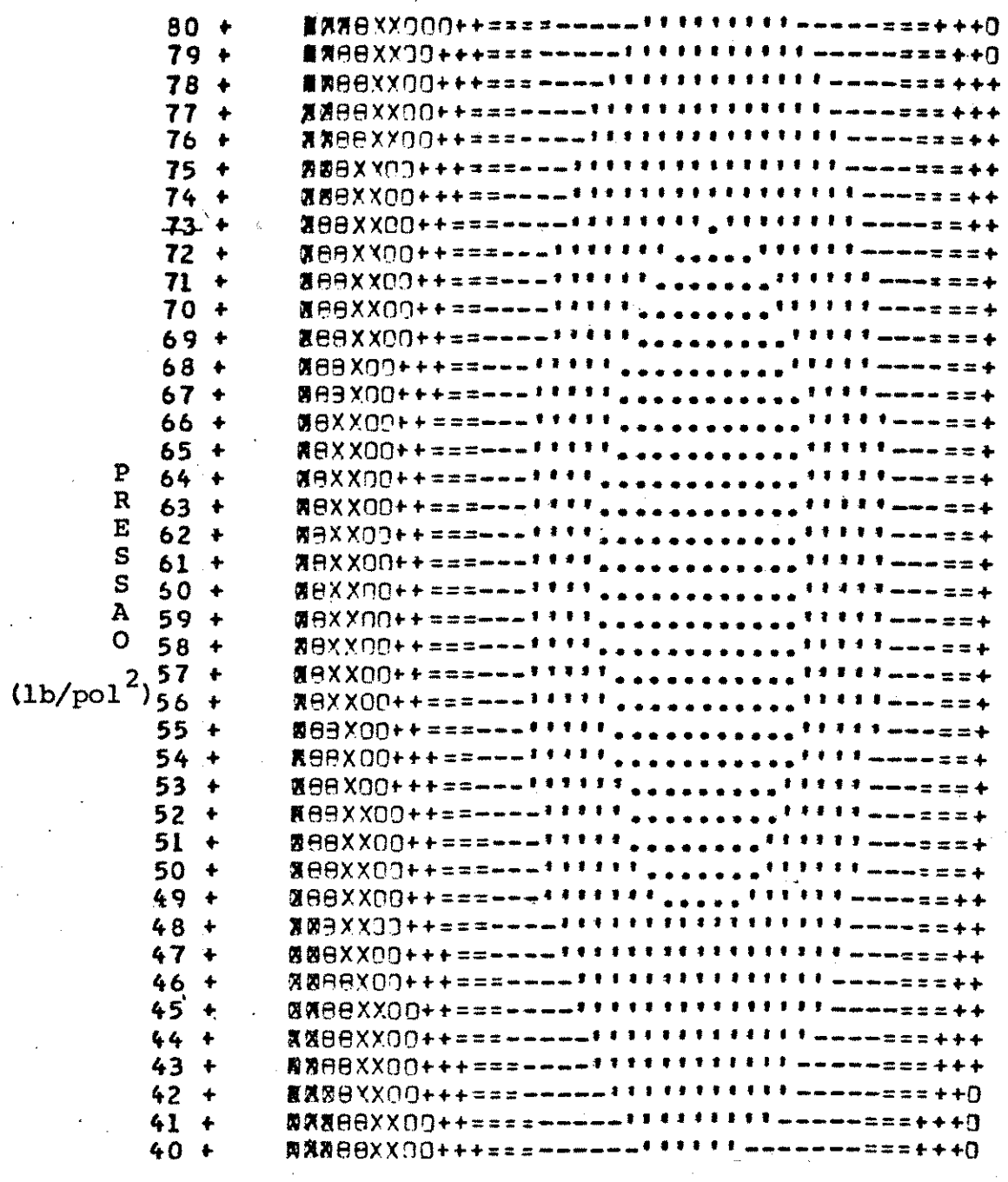
A figura 8 mostra o efeito do teor de sólidos e a pressão de vapor na retenção de carotenóides quando a abertura foi mantida constante em 0,10 mm. A forma de parábolas invertidas das curvas mostraram a existência de uma zona central crítica entre 18 e 24% de concentração na qual a retenção de carotenóides foi menor que aquelas observadas para valores abaixo de 18% ou acima de 24% de concentração. O máximo de retenção de carotenóides foi observado para concentrações de sólidos entre 15-17% e pressão de cerca de 80 lb/pol². As curvas de nível para 0,20 mm, foram semelhantes àquelas observadas com 0,10 mm de abertura. Entretanto, o aumento na abertura entre os cilindros provocou uma diminuição na retenção de carotenóides. A diminuição na retenção de carotenóides com o aumento de abertura pode ser melhor visualizado na figura 9. Para uma abertura de 0,30 mm as curvas de nível concêntricas formaram um ponto estacionário de mínimo situado na área limitada pela elipse central. O diâmetro maior desta elipse central envolveu as concentrações de sólidos entre 19-22% e o diâmetro maior à pressões de vapor entre 48-73 lb/pol². Fora da área limitada por esta elipse central, qualquer combinação possível dos parâmetros operacionais, resultaram em aumento da retenção de carotenóides, preferencialmente para concentrações de sólidos baixas.

O efeito combinado da abertura e concentração de sólidos, está mostrada na figura 10. A pressão de vapor foi fixada em 80 lb/pol² e a abertura foi mantida constante em 0,10 mm.



15		17		19		21		23		25	
CONCENTRAÇÃO (%)											
SIMBOLO	RET. VIT. C	SIMBOLO	RET. VIT. C								
.....	31,18-34,92	OOOOOOO	64,84-72,32								
	34,92-42,40	XXXXXXXX	72,32-79,80								
-----	42,40-49,88	EEEEEEEE	79,80-87,27								
=====	49,88-57,36	XXXXXXXXXX	87,27-94,75								
+++++++	57,36-64,84	XXXXXXXXXX	94,75-98,49								

FIGURA 8 - EFEITO DA PRESSÃO DE VAPOR (lb/pol²) E A CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS NO PURÊ (%) SOBRE A RETENÇÃO

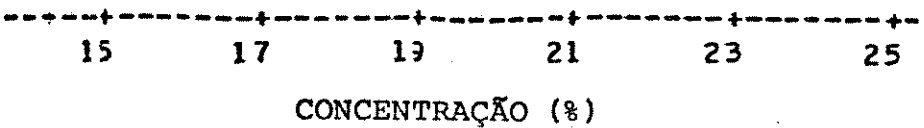
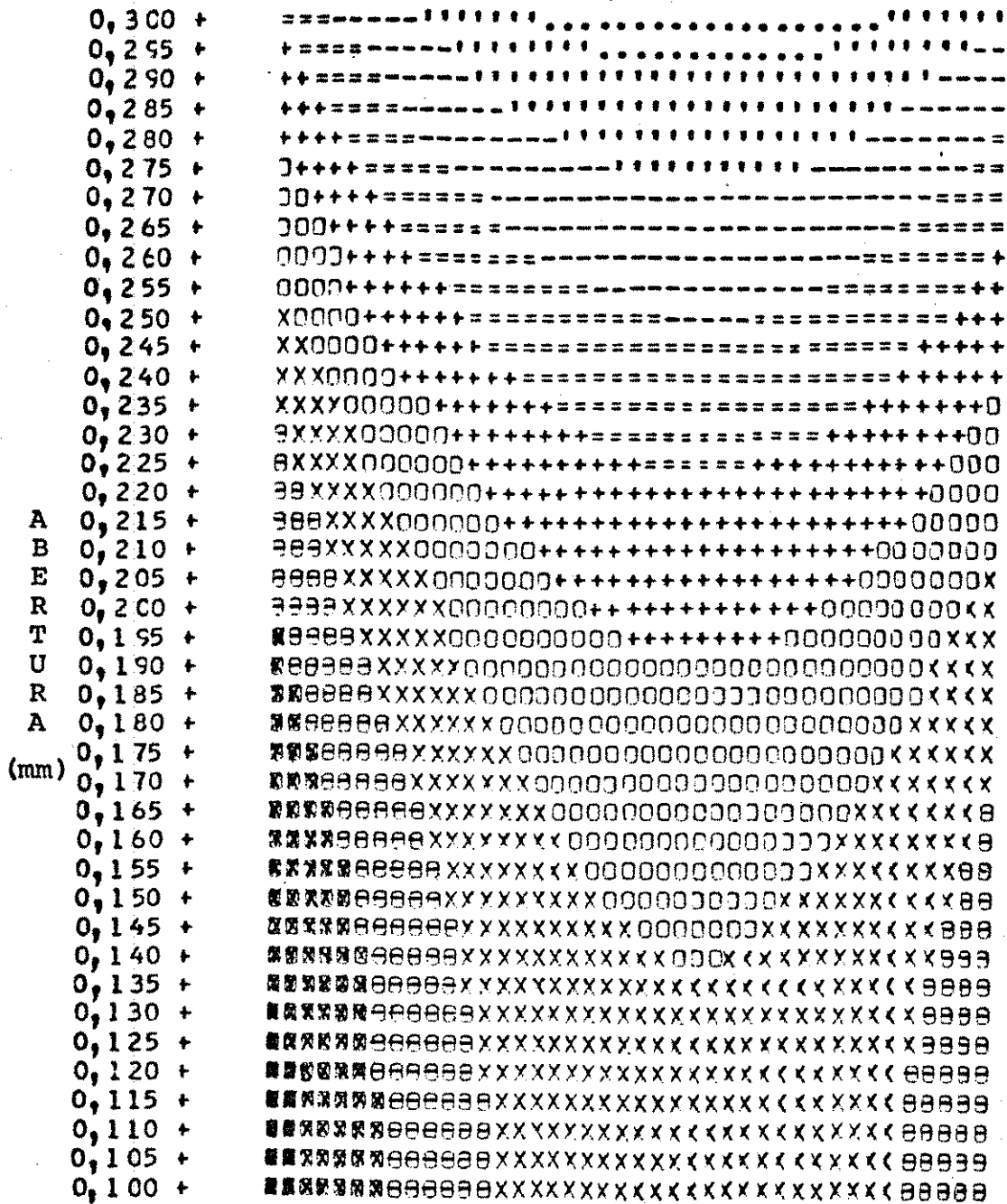


-----+-----+-----+-----+-----+-----+
 15 17 19 21 23 25

CONCENTRAÇÃO (%)

SIMBOLO	RET. CAROTS.	SIMBOLO	RET. CAROTS.
.....	38, 17-39, 51	OOOOOOO	50, 26-52, 94
	39, 51-42, 20	XXXXXXXX	52, 94-55, 64
-----	42, 20-44, 88	EEEEEEEE	55, 64-58, 32
=====	44, 88-47, 57	XXXXXXXX	58, 32-61, 00
+++++++	47, 57-50, 26	XXXXXXXX	61, 00-62, 35

FIGURA 9 - EFEITO DA PRESSÃO DE VAPOR (lb/pol²) E A CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS NO PURÊ (%) SOBRE A RETENÇÃO DE CA-



SIMBOLO	RET. CAROTS.	SIMBOLO	RET. CAROTS.
.....	41, 42-44, 59	OOOOOOO	69, 96-76, 30
! ! ! ! ! ! !	44, 59-50, 93	XXXXXXXX	76, 30-82, 64
-----	50, 93-57, 27	BBBBBBBB	82, 64-80, 98
=====	57, 27-63, 61	BBBBBBBB	88, 98-95, 32
++++++	63, 61-69, 96	BBBBBBBB	95, 32-98, 49

FIGURA 10 - EFEITO DA ABERTURA ENTRE OS CILINDROS (mm) E A CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS NO PURÊ (%) SOBRE A RETENÇÃO DE CAROTENÓIDES (%) DOS FLOCOS DE BATATA DOCE (PRES)

carotenóides. As curvas de nível formaram um "minimáx" ou ponto de sela, com o mínimo de retenção de carotenóides para aberturas próximas a 0,30 mm e concentrações entre 19 e 23% de sólidos. O máximo de retenção foi observado com aberturas menores que 0,20 mm e concentrações entre 15-17%. Estes resultados indicaram que a máxima retenção de carotenóides ocorreu em condições semelhantes às observadas para a vitamina C.

De acordo com Wadsworth *et al.*, (1967), aberturas grandes entre os rolos produziram um efeito adverso na qualidade dos flocos. Aberturas de até 0,90 mm foram excessivas e produziram flocos sem flavor e de baixa qualidade. A alta qualidade dos flocos pode estar associada com a maior retenção de vitamina C, que inibiria a oxidação dos carotenóides.

4. EFEITO DOS PARÂMETROS OPERACIONAIS NAS PROPRIEDADES DE PASTA DOS FLOCOS

As propriedades de pasta dos produtos amilásicos variam em função do tratamento térmico ou mecânicos a que são submetidos no processamento.

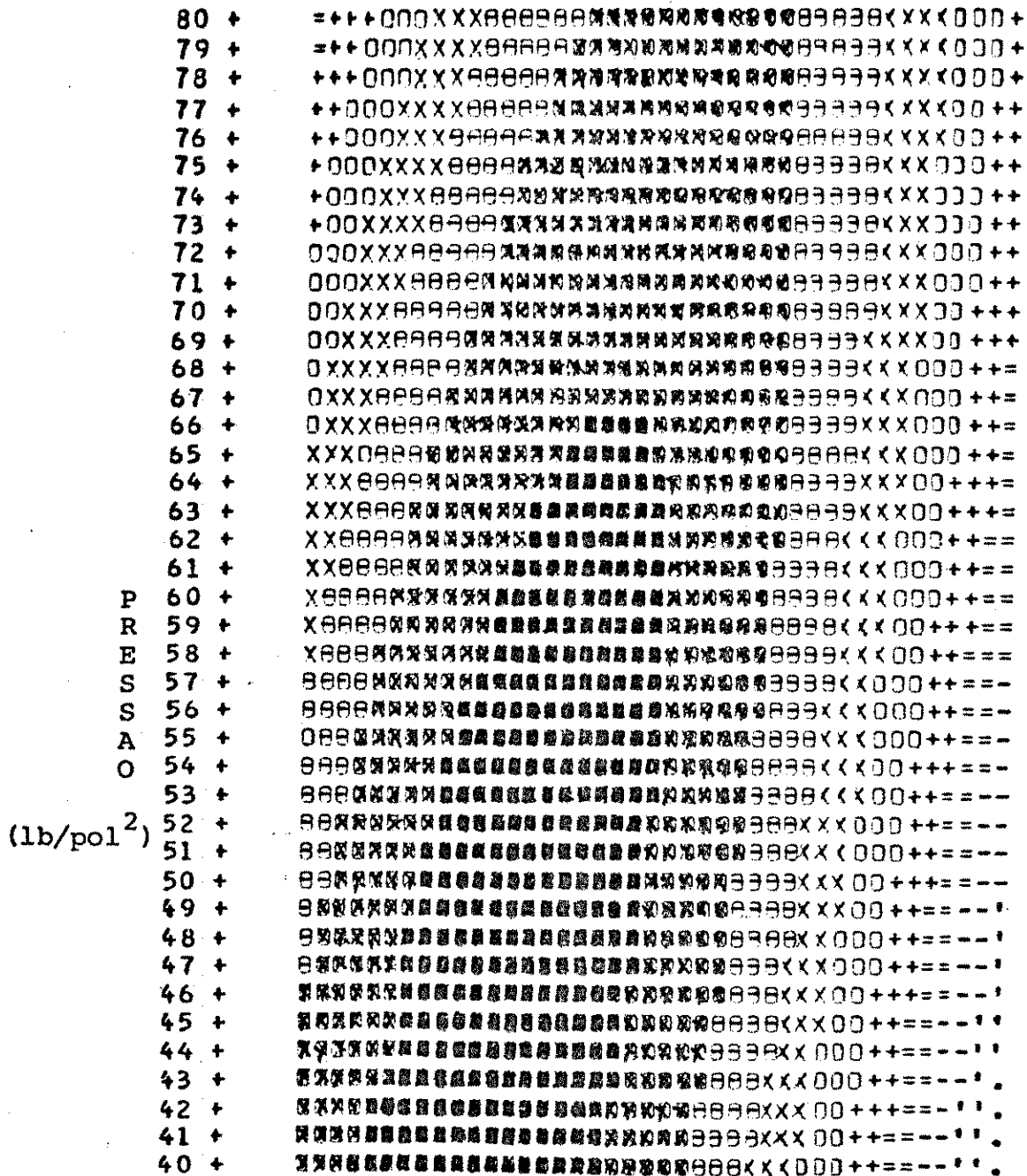
O purê de batata doce está sujeito a mudanças nas suas propriedades de pasta devido ao tratamento térmico a que é submetido na desidratação por rolos (Drum-Dryer) que causa a gelatinização do amido. Esta modificação é uma função direta das variáveis operacionais envolvidas no processamento. Neste estudo foram analisadas as relações que existem entre as variáveis operacionais pressão de vapor, abertura entre os rolos, concentração de sólidos no purê e as propriedades de pasta, que melhor caracterizam as modificações de grânulos de amido: Viscosidade Inicial, Viscosidade máxima e Viscosidade a 50°C.

4.1. VISCOSIDADE INICIAL

O efeito da pressão de vapor e da abertura entre os rolos sobre a viscosidade inicial, à concentração de sólidos de 20%, está mostrado na figura 11. O aumento da pressão, a uma abertura fixa, não causou variações marcantes na viscosidade inicial. A viscosidade inicial máxima foi obtida entre 0,12 e 0,20 mm de abertura e pressão entre 40 e 66 lb/pol². Resultados semelhantes a estes foram obtidos com 15 e 25% de sólidos, inclusive com respeito aos valores de viscosidade inicial.

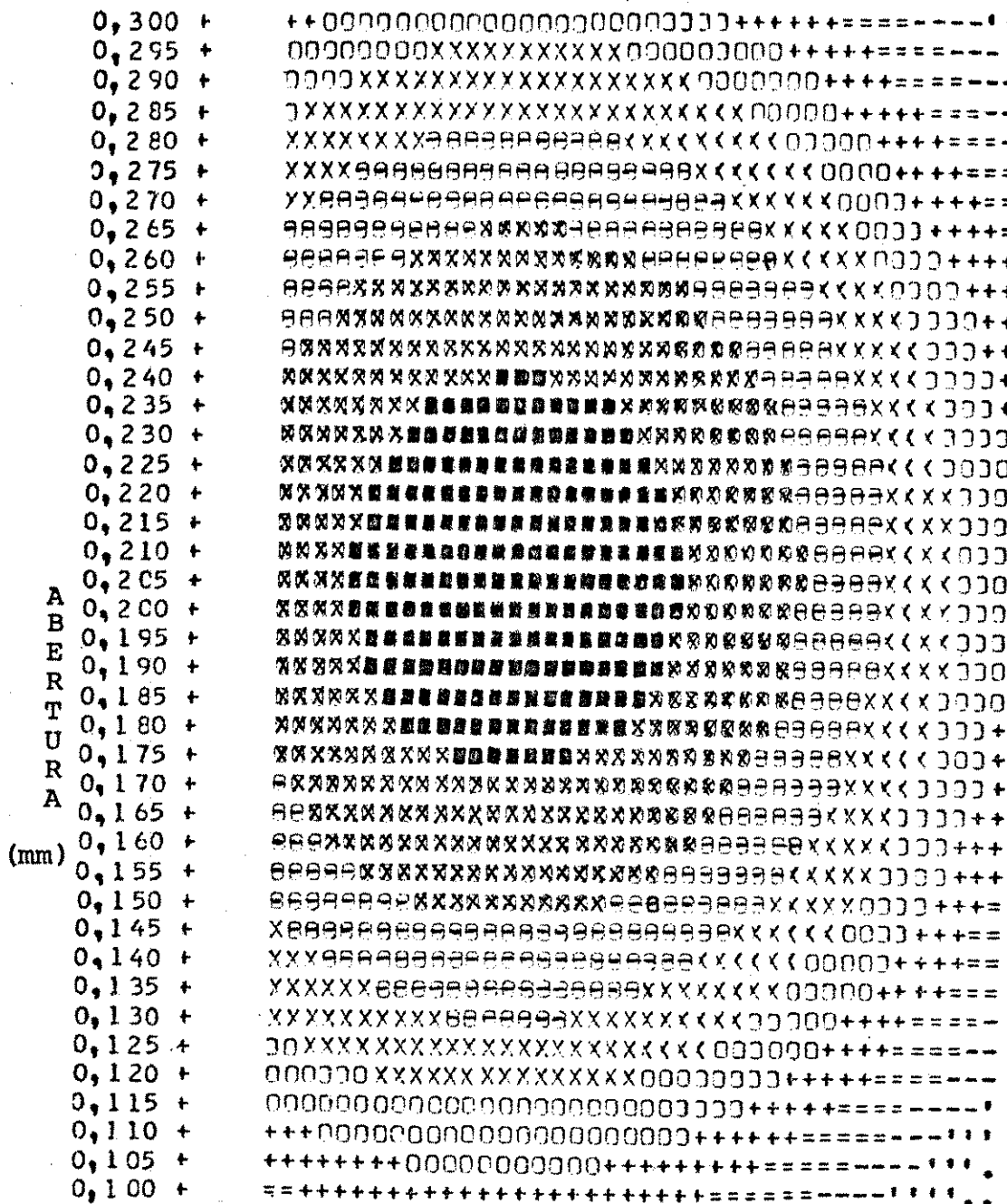
O efeito da pressão de vapor e da concentração de sólidos sobre a viscosidade inicial, quando a abertura foi mantida em 0,20 mm, está mostrada na figura 12. As curvas de nível, representadas por elipses concêntricas com raios paralelos aos eixos, mostraram que a viscosidade inicial máxima foi alcançada entre 46-71 lb/pol² de pressão de vapor e 17-20% de concentração de sólidos. Nas condições do experimento, a viscosidade inicial foi mais afetada pelas variações da concentração que da pressão de vapor. Resultados similares a estes foram obtidos com 0,10 mm e 0,30 mm de abertura. As maiores viscosidades iniciais foram obtidas com aberturas de 0,20 mm, seguido de 0,10 e 0,30 mm, respectivamente.

A figura 13 mostra o efeito da abertura e concentração, sobre a viscosidade inicial quando a pressão foi mantida em 80 lb/pol². As curvas de nível, representadas por elipses concêntricas, mostraram um ponto estacionário de máximo entre 0,17 a 0,24 mm de abertura e 16-21% de concentração. A forma das curvas de nível para as pressões de vapor de 40 e 60 lb/pol², foram semelhantes àquelas obtidas com 80 lb/pol². Entretanto, com o decréscimo da pressão, foi observado um deslocamento do máximo da viscosidade inicial no sentido da diminuição da abertura.



SIMBOLO	VISC. IN.	SIMBOLO	VISC. IN.
.....	150,83-161,31	O O O O O O	245,08-266,02
.....	161,31-182,25	X X X X X X	266,02-286,97
-----	182,25-203,19	e e e e e e	286,97-307,91
=====	203,19-224,14	X X X X X X	307,91-328,86
+++++++	224,14-245,08	328,86-339,32

FIGURA 11 - EFEITO DA PRESSÃO DE VAPOR (lb/pol²) E A ABERTURA ENTRE CILINDROS (mm) SOBRE A VISCOSIDADE INI



CONCENTRAÇÃO (%)	
SIMBOLO	VISC. IN.
.....	139-149
.....	149-169
-----	169-190
=====	190-210
+++++++	210-230
OOOOOOO	230-250
XXXXXXXX	250-270
EEEEEEEE	270-291
XXXXXXXXXX	291-311
XXXXXXXXXX	311-321

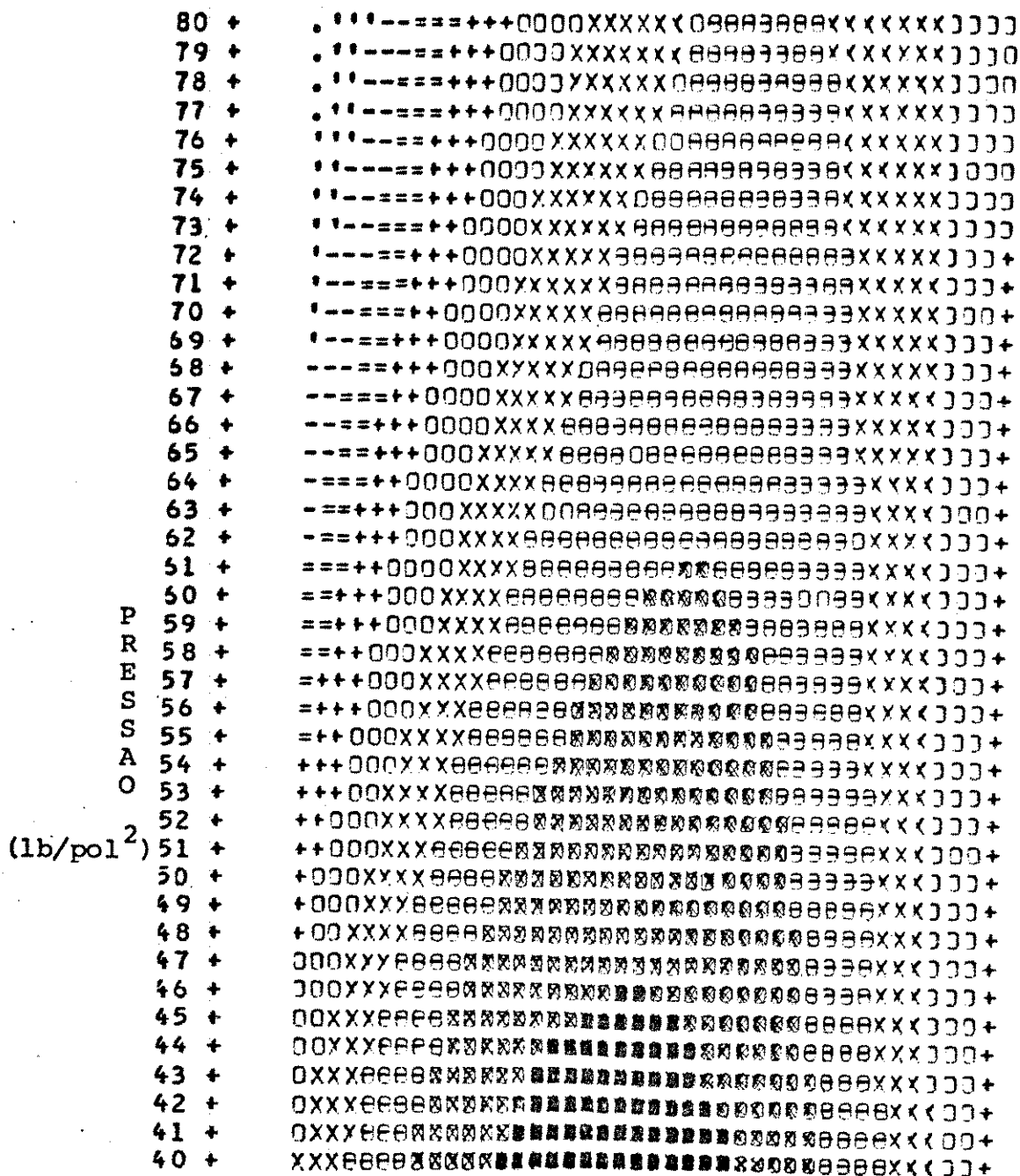
FIGURA 13 - EFEITO DA ABERTURA ENTRE CILINDROS (mm) E A CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS NO PURÊ (%) SOBRE A VISCOSIDADE INICIAL (U.B) DOS FLOCOS DE BATATA DOCE (PRES

Os resultados das figuras 11, 12 e 13 indicaram que a abertura entre os rolos teve maior influência na viscosidade inicial que a concentração e pressão de vapor.

4.2. VISCOSIDADE MÁXIMA

A figura 14 mostra o efeito da pressão e abertura, sobre a viscosidade máxima para uma concentração de sólidos de 20%. As curvas de nível representadas por uma família de parábolas invertidas, indicaram que tanto a pressão como a abertura influenciaram na viscosidade máxima. Entretanto, modificações na abertura causaram variações mais drásticas na viscosidade máxima que aquelas provocadas pelas alterações de pressão. Os valores mais elevados da viscosidade máxima foram obtidos entre 40-46 lb/pol² de pressão e aberturas entre 0,14 e 0,25 mm. As curvas de nível correspondentes às concentrações de 15 e 25% mostraram um comportamento similar, inclusive quanto aos valores da viscosidade máxima.

O efeito da pressão de vapor e da concentração de sólidos sobre a viscosidade máxima para uma abertura de 0,20 mm, está mostrado na figura 15. Os maiores valores da viscosidade máxima resultaram quando a pressão de vapor foi ao redor de 40 lb/pol² e entre 15 e 20% de concentração de sólidos. Para aberturas de 0,10 mm, o comportamento foi similar, porém os valores da viscosidade foram menores. Para 0,30 mm de abertura, as curvas de nível mostraram um ponto de sela (figura 16) com o máximo deslocado na direção do aumento da pressão e para valores entre 72-80 lb/pol² de pressão de vapor e 15-20% de concentração. Os valores mínimos da viscosidade máxima foram obtidos à concentração de 25% e em



P
R
E
S
S
A
O

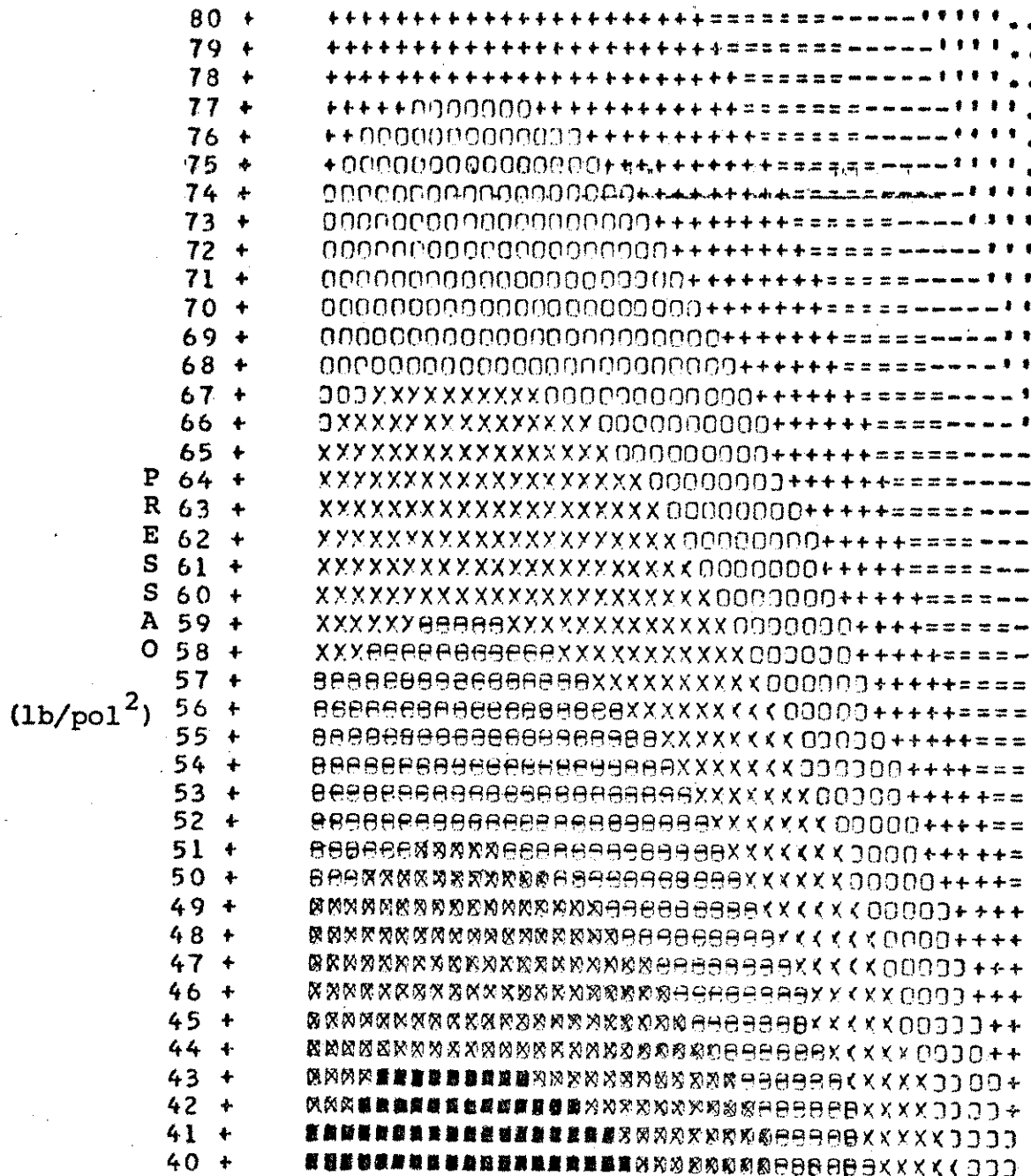
(lb/pol²)

0,10 0,14 0,18 0,22 0,26 0,30

ABERTURA (mm)

SIMBOLO	VISC. MAX.	SIMBOLO	VISC. MAX.
.....	256-270	OOOOOOO	375-402
	270-296	XXXXXXX	402-428
-----	296-322	EEEEEEE	428-454
=====	322-349	XXXXXXXX	454-481
+++++++	349-375	XXXXXXXX	481-494

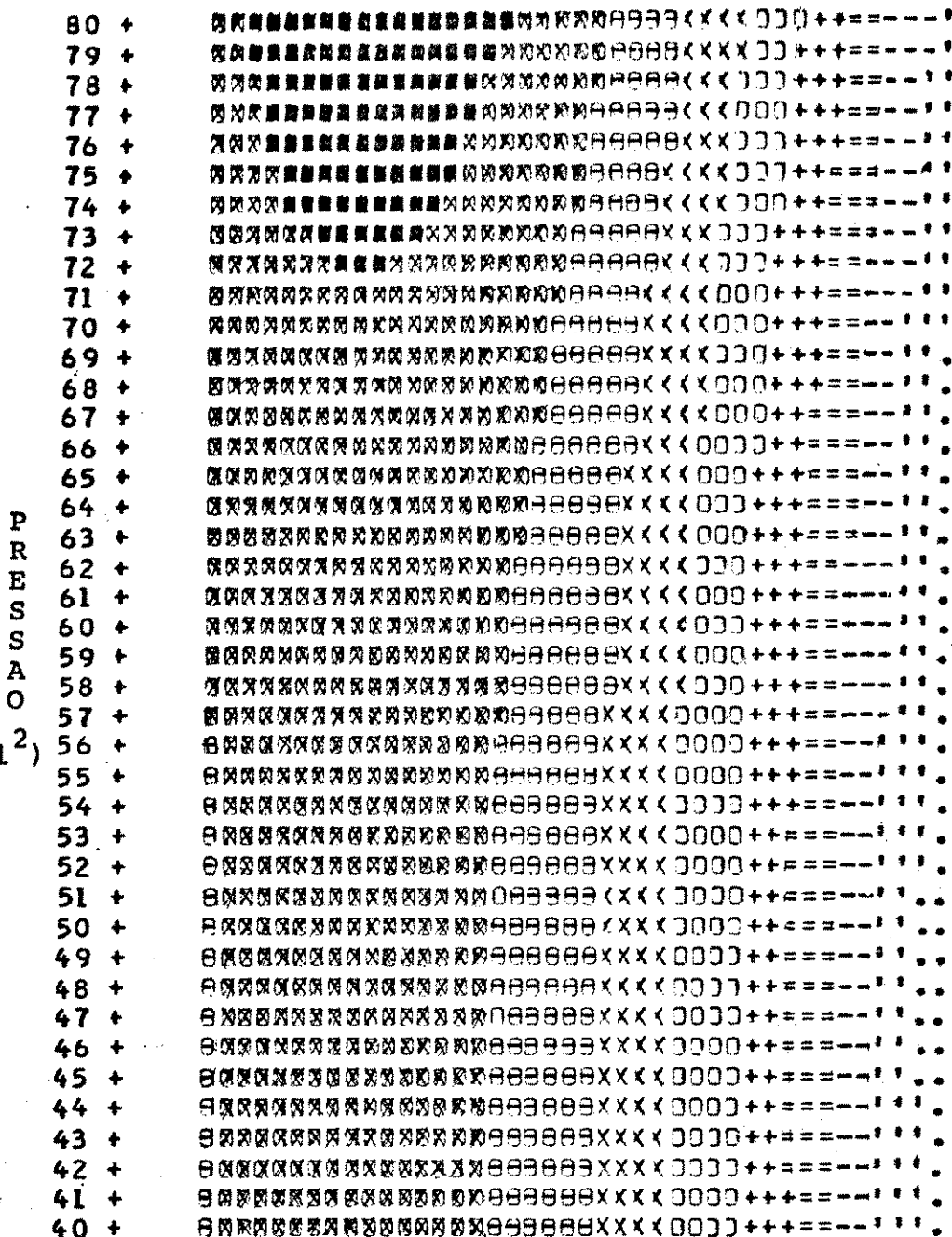
FIGURA 14 - EFEITO DA PRESSÃO DE VAPOR (lb/pol²) E A ABERTURA ENTRE OS CILINDROS (mm) SOBRE A VISCOSIDADE MAXI



-----+-----+-----+-----+-----+-----+
 15 17 19 21 23 25
 CONCENTRAÇÃO (%)

SIMBOLO	VISC. MAX.	SIMBOLO	VISC. MAX.
.....	369-376	0000000	435-450
	376-391	XXXXXXXX	450-465
-----	391-406	0000000	465-480
=====	406-421	XXXXXXXX	480-495
+++++++	421-435	XXXXXXXX	495-502

FIGURA 15 - EFEITO DA PRESSÃO DE VAPOR (lb/pol²) E A CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS NO PURÊ (%) SOBRE A VISCOSIDADE MÁXIMA DOS FLOCOS DE BATATA DOCE (ABERTURA EN



P
R
E
S
S
A
O

 (lb/pol²)

-----+-----+-----+-----+-----+-----+
 15 17 19 21 23 25
 CONCENTRAÇÃO (%)

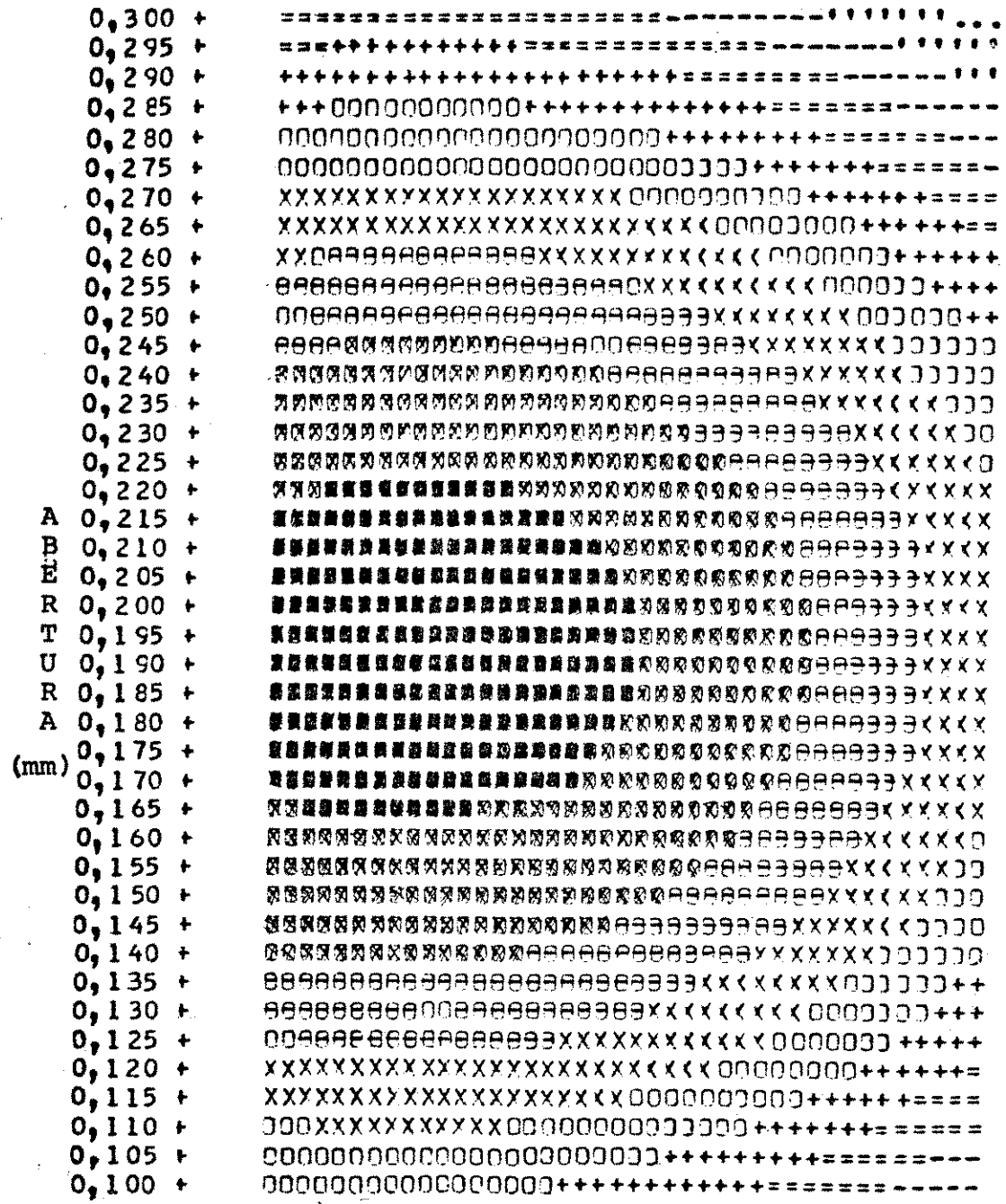
SIMBOLO	VISC. MAX.	SIMBOLO	VISC. MAX.
.....	316-320	O O O O O O	352-360
	320-328	X X X X X X	360-368
-----	328-336	θ θ θ θ θ θ	368-376
=====	336-344	⊗ ⊗ ⊗ ⊗ ⊗ ⊗	376-384
++++++	344-352	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	384-388

FIGURA 16 - EFEITO DA PRESSÃO DE VAPOR (lb/pol²) E A CONCEN
 TRAÇÃO DE SÓLIDOS NO PURÊ (%) SOBRE A VISCOSIDA
 DE MÁXIMA DOS FLOCOS DE BATATA DOCE (ABERTURA EN
 TRE CILINDROS 0 2 ---)

riações na concentração provocaram maiores alterações na viscosidade máxima que aquelas provocadas por modificações na pressão de vapor.

O efeito da abertura e da concentração sobre a viscosidade máxima, quando a pressão foi mantida em 40 lb/pol^2 , está mostrado na figura 17. As curvas de nível mostraram uma área com o ponto estacionário de máximo, localizado entre $0,16-0,22 \text{ mm}$ de abertura e concentração entre 15 e 20%. Variações na abertura produziram maiores mudanças em relação àquelas produzidas pela concentração. O efeito destas duas variáveis quando a pressão foi mantida constante em 60 ou 80 lb/pol^2 foi similar àquela com pressão de 40 lb/pol^2 . Entretanto, o ponto estacionário de máximo foi deslocado na direção do aumento da abertura quando a pressão foi aumentada para 60 e 80 lb/pol^2 . Assim para 60 lb/pol^2 o máximo ficou entre $0,18-0,24 \text{ mm}$ e para 80 lb/pol^2 entre $0,19-0,26 \text{ mm}$. Os valores mais altos da viscosidade máxima foram alcançados para 40 lb/pol^2 , chegando a 500 U.B.

As curvas de nível para viscosidade inicial ou máxima indicaram que estas duas variáveis foram controladas, principalmente, pela abertura entre os rolos. A pequena influência da pressão de vapor nestas variáveis indicaram que mesmo os menores valores desta foram suficientes para a gelatinização do amido. Estes resultados, de uma maneira geral, indicaram que, nas condições do experimento, as transformações no amido, que refletem diretamente na viscosidade inicial e máxima, foram principalmente aquelas decorrentes do cisalhamento a que este é submetido quando passa entre os rolos e da espessura do filme sobre o rolo. É possível que aberturas entre os rolos, menores que $0,20 \text{ mm}$, tenham causado uma maior ruptura nos grânulos, fazendo com que a pasta resultante seja menos viscosa. Filmes mais espessos, por



-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
 15 17 19 21 23 25

CONCENTRAÇÃO (%)

SIMBOLO	VISC. MAX.	SIMBOLO	VISC. MAX.
.....	317-327	OOOOOOO	410-430
	327-348	XXXXXXXX	430-451
-----	348-368	EEEEEEE	451-472
=====	368-389	XXXXXXXX	472-492
+++++	389-410	XXXXXXXX	492-503

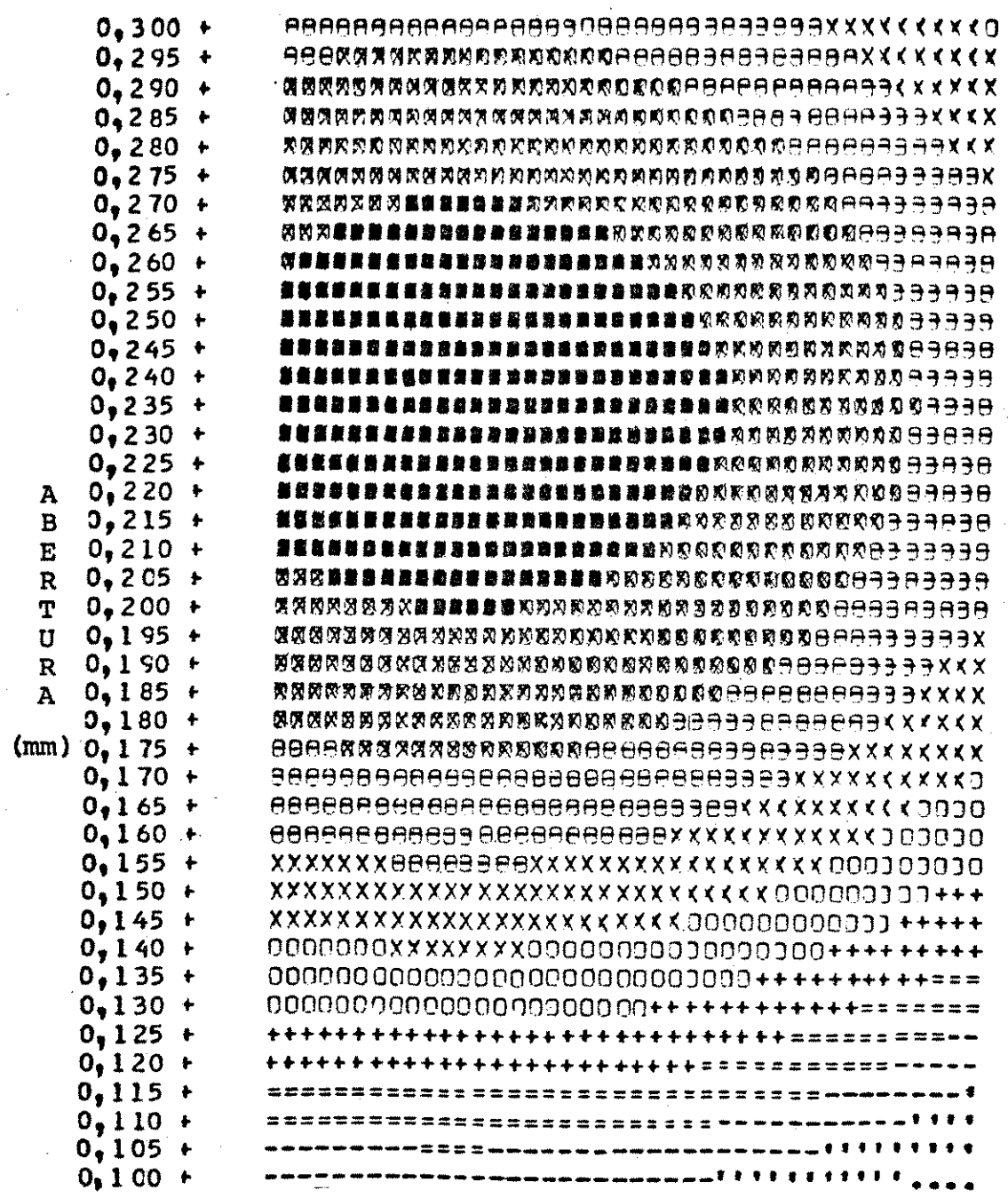
FIGURA 17 - EFEITO DA ABERTURA ENTRE OS CILINDROS (mm) E A CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS NO PURÊ (%) SOBRE A VIS

outro lado, obtidos com aberturas maiores que 0,20 mm, demoram mais tempo para secar, propiciando maior gelatinização e consequente ruptura mais intensa do grânulo de amido, que também resultaria em viscosidades menores. A maior influência da abertura foi, também, comprovada para as propriedades de pasta a 50°C, como pode ser observado na figura 18. Esta figura mostra o efeito da abertura e concentração, à pressão de 80 lb/pol², na viscosidade a 50°C. De uma maneira geral os efeitos das variáveis operacionais na viscosidade a 50°C foram semelhantes aos observados para viscosidade máxima.

5. EFEITO DOS PARÂMETROS OPERACIONAIS NO ÍNDICE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA (I.A.A.)

Embora a análise de variância tenha mostrado que as variações do índice de absorção de água em função das variáveis operacionais não tenham sido altamente significantes, será efetuado uma análise das curvas de nível obtidas, na tentativa de se detectar quais variáveis operacionais tiveram maior influência no I.A.A.

A figura 19 mostra o efeito da pressão e abertura sobre o I.A.A., quando a concentração de sólidos foi mantida constante em 20%. As curvas de nível mostraram que combinações de valores extremos da pressão e abertura resultaram nos máximos valores do I.A.A.. As concentrações na região central produziram uma zona crítica com valores baixos, apresentado um mínimo para valores de pressão de cerca de 80 lb/pol² e abertura de cerca de 0,10 mm. A influência destes dois parâmetros para os níveis de 15 e 25% de concentração de sólidos foi similar ao observado com 20% de concentração.



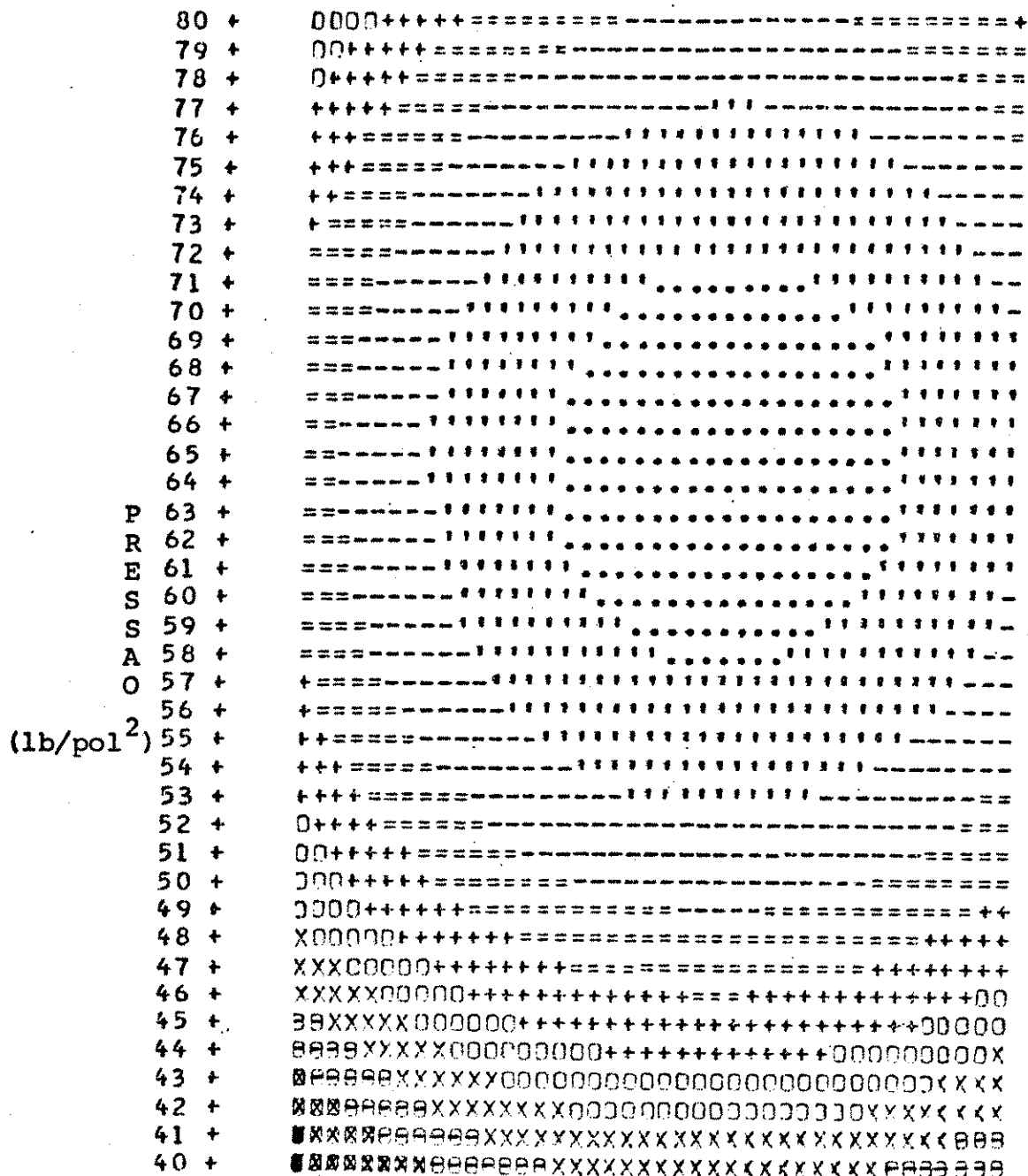
CONCENTRAÇÃO (%)	
SIMBOLO	VISC. 50°C
.....	395-413
!!!!!!	413-448
-----	448-483
=====	483-518
+++++++	518-554
OOOOOO	554-589
XXXXXXXX	589-624
EEEEEEEE	624-659
XXXXXXXXXX	659-695
XXXXXXXXXX	695-712

FIGURA 18 - EFEITO DA ABERTURA ENTRE OS CILINDROS (mm) E A CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS NO PURÊ (%) SOBRE A VISCOSIDADE A 50°C (U.B) DOS FLOCOS DE BATATA

O efeito da pressão e da concentração sobre o I.A.A., quando a abertura foi mantida constante em 0,20 mm, está mostrado na figura 20. As curvas de nível mostraram uma elipse central com uma área estacionária de mínimo entre 58-72 lb/pol² de pressão e entre 19 e 23% de concentração. O I.A.A. aumentou com a diminuição simultânea da pressão e da concentração, chegando a um máximo para valores próximos a 40 lb/pol² e ao redor de 15-17% de concentração de sólidos. Para 0,10 mm de abertura o ponto estacionário foi deslocado na direção do aumento da pressão, enquanto para 0,30 mm o deslocamento foi na direção da diminuição da pressão. Em ambos os casos houve um aumento da faixa de concentração que delimitou os valores mínimos. O I.A.A. não teve variações consideráveis, 6,62-7,96, e a variação relativa para este três níveis de abertura não foi considerada significativa do ponto de vista prático.

O efeito da abertura e da concentração de sólidos sobre o I.A.A., mantendo a pressão constante em 40 lb/pol², está mostrado na figura 21. A forma das curvas de nível foram muito semelhantes às curvas obtidas com combinações das variáveis pressão e concentração (figura 20). Os níveis máximos do I.A.A. ocorreram para valores da abertura na faixa de 0,10-0,12 mm e concentrações entre 15-19%. Os valores mínimos e máximos do I.A.A. foram de 6,68 e 7,96, respectivamente. Aumentos da pressão de vapor para os níveis de 60 e 80 lb/pol², resultaram em pequenas diminuições do I.A.A.

A pressão e a abertura foram as variáveis de maior influência no I.A.A., como se pode observar na figura 19. As curvas de nível mostraram que existe um efeito de compensação entre a temperatura de secagem e a espessura do filme. Com um filme de menor espessura foi possível alcançar a gelatinização dos grânulos

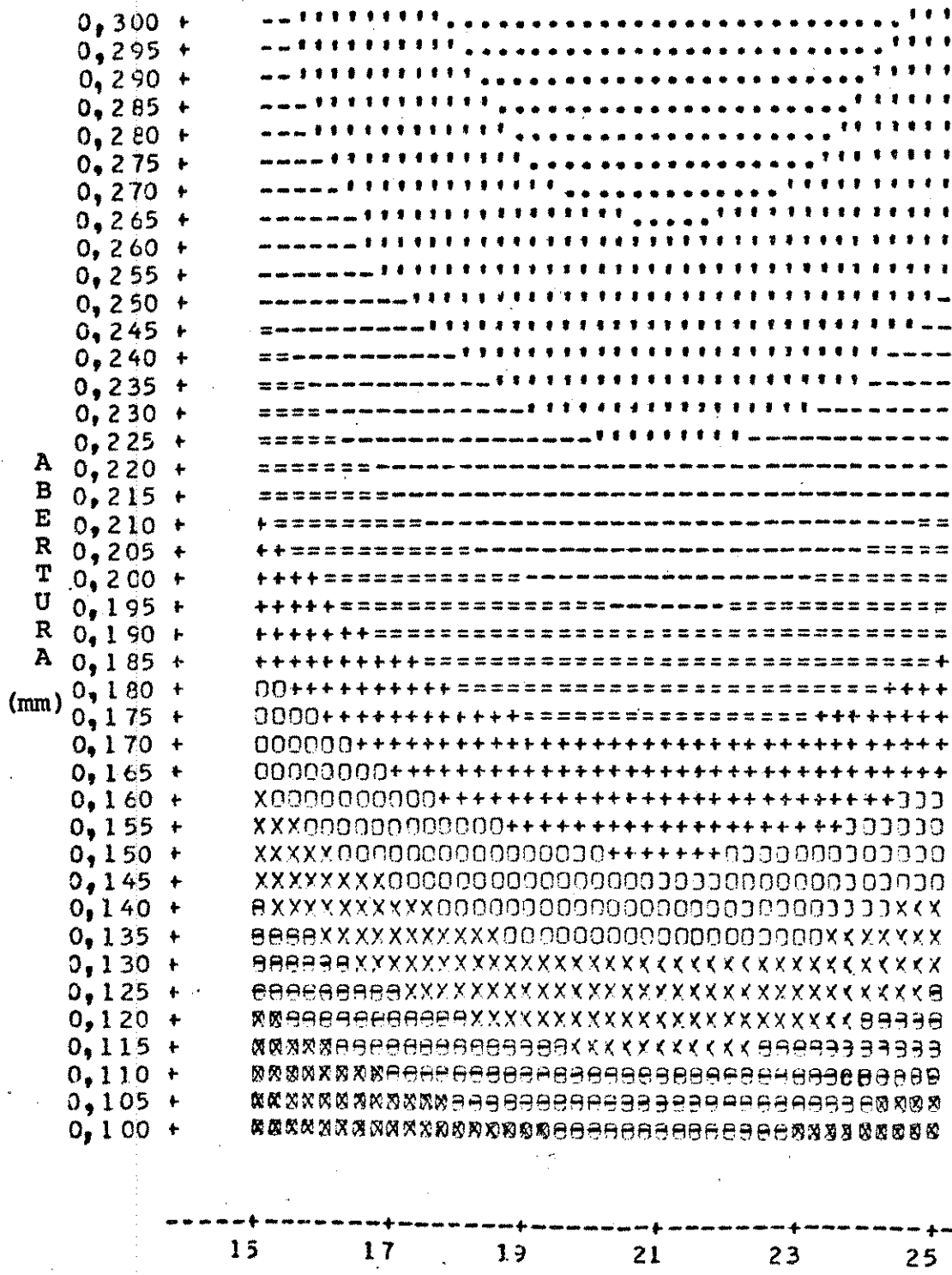


15 17 19 21 23 25

CONCENTRAÇÃO (%)

SIMBOLO	IAA	SIMBOLO	IAA
.....	6,52-6,56	000000	6,88-6,96
!!!!!!	6,56-6,64	XXXXXXXX	6,96-7,04
-----	6,64-6,72	000000	7,04-7,12
=====	6,72-6,80	XXXXXXXX	7,12-7,19
+++++++	6,80-6,88	XXXXXXXX	7,19-7,24

FIGURA 20 - EFEITO DA PRESSÃO DE VAPOR (lb/pol²) E DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS NO PURÊ (%) SOBRE O ÍNDICE DE



CONCENTRAÇÃO (%)			
SIMBOLO	IAA	SIMBOLO	IAA
.....	6,68-6,75	OOOOOOO	7,32-7,46
!!!!!!!	6,75-6,90	XXXXXXXXX	7,46-7,60
-----	6,90-7,04	EEEEEEEE	7,60-7,75
=====	7,04-7,18	XXXXXXXXXX	7,75-7,89
+++++++	7,18-7,32	XXXXXXXXXX	7,89-7,96

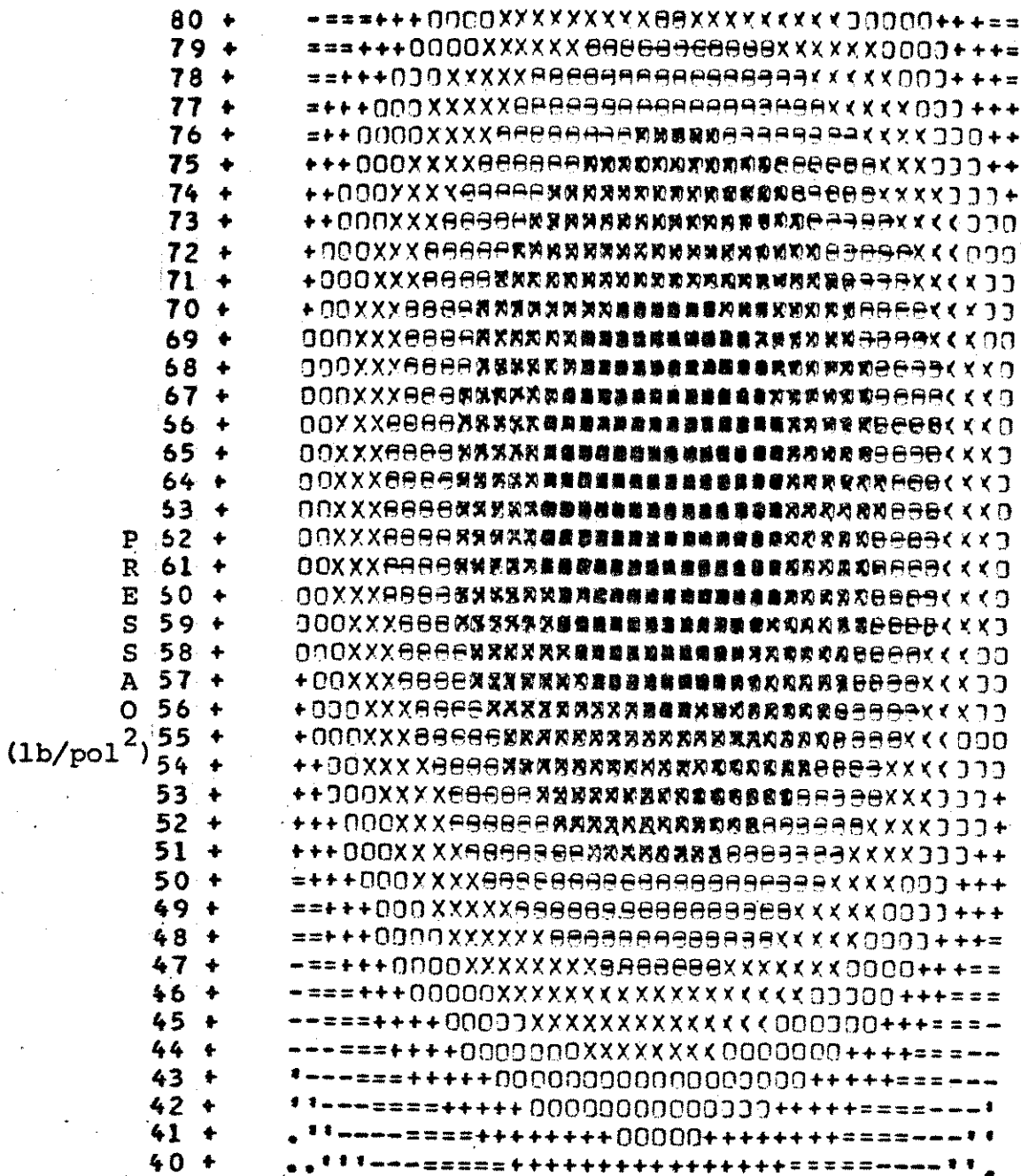
FIGURA 21 - EFEITO DA ABERTURA ENTRE CILINDROS (mm) E A CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS NO PURÊ (%) SOBRE O ÍNDICE DE ABSORÇÃO EM ÁGUA (T A A) DOS FLOCOS DE BATA-

sos, conseqüentemente a absorção dos produtos obtidos com pequenas aberturas foi superior àquela conseguida com aberturas maiores, nas mesmas condições de pressão de vapor. A concentração de sólidos teve menor influência sobre o I.A.A. em relação às outras variáveis.

6. EFEITO DOS PARÂMETROS OPERACIONAIS NO ÍNDICE DE SOLUBILIDADE EM ÁGUA (I.S.A.)

O efeito da pressão de vapor e da abertura entre os cilindros sobre o índice de solubilidade em água (I.S.A.), mantendo a concentração de sólidos em 20% está mostrado na figura 22. As curvas de nível apresentaram um minimáx ou ponto de sela com o máximo do I.S.A. na borda superior esquerda da superfície, para pressões entre 65-76 lb/pol² e aberturas entre 0,10-0,11 mm. Foram observadas zonas amplas onde os valores do I.S.A. não variaram para diversas combinações das variáveis operacionais. O comportamento para os níveis de 15 e 25% de concentração foi similar, não houve muita diferença nos valores do I.S.A.. O máximo valor do I.S.A. foi de 40,60% para 20% de concentração e de 37,88% e 38,20% para 15 e 25% de concentração, respectivamente.

A figura 23 mostra o efeito da pressão de vapor e da concentração de sólidos sobre o I.S.A., quando a abertura foi mantida em 0,20 mm. As curvas com forma de elipses mostraram um ponto estacionário de máximo entre 56-70 lb/pol² e 18-22% de concentração. O I.S.A. foi menos afetado pelas variações da pressão que pelas variações da concentração de sólidos, indicando que esta última variável teve uma influência maior no I.S.A. que a pressão de vapor. A diminuição da abertura para o nível de 0,10 mm resultou em deslocamento do ponto estacionário na direção do aumento da pressão e da faixa de concentração de sólidos.



SIMBOLO	ISA	SIMBOLO	ISA
.....	32,73-33,06	0000000	35,69-36,34
.....	33,06-33,71	XXXXXXXX	36,34-37,00
-----	33,71-34,37	EEEEEEEE	37,00-37,66
=====	34,37-35,03	XXXXXXXXXX	37,66-38,32
+++++++	35,03-35,69	XXXXXXXXXX	38,32-38,64

FIGURA 23 - EFEITO DA PRESSÃO DE VAPOR (lb/pol²) E A CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS (%) SOBRE O ÍNDICE DE SOLUBILIDADE

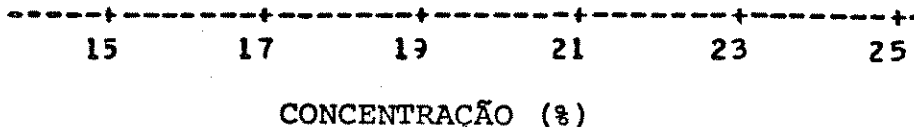
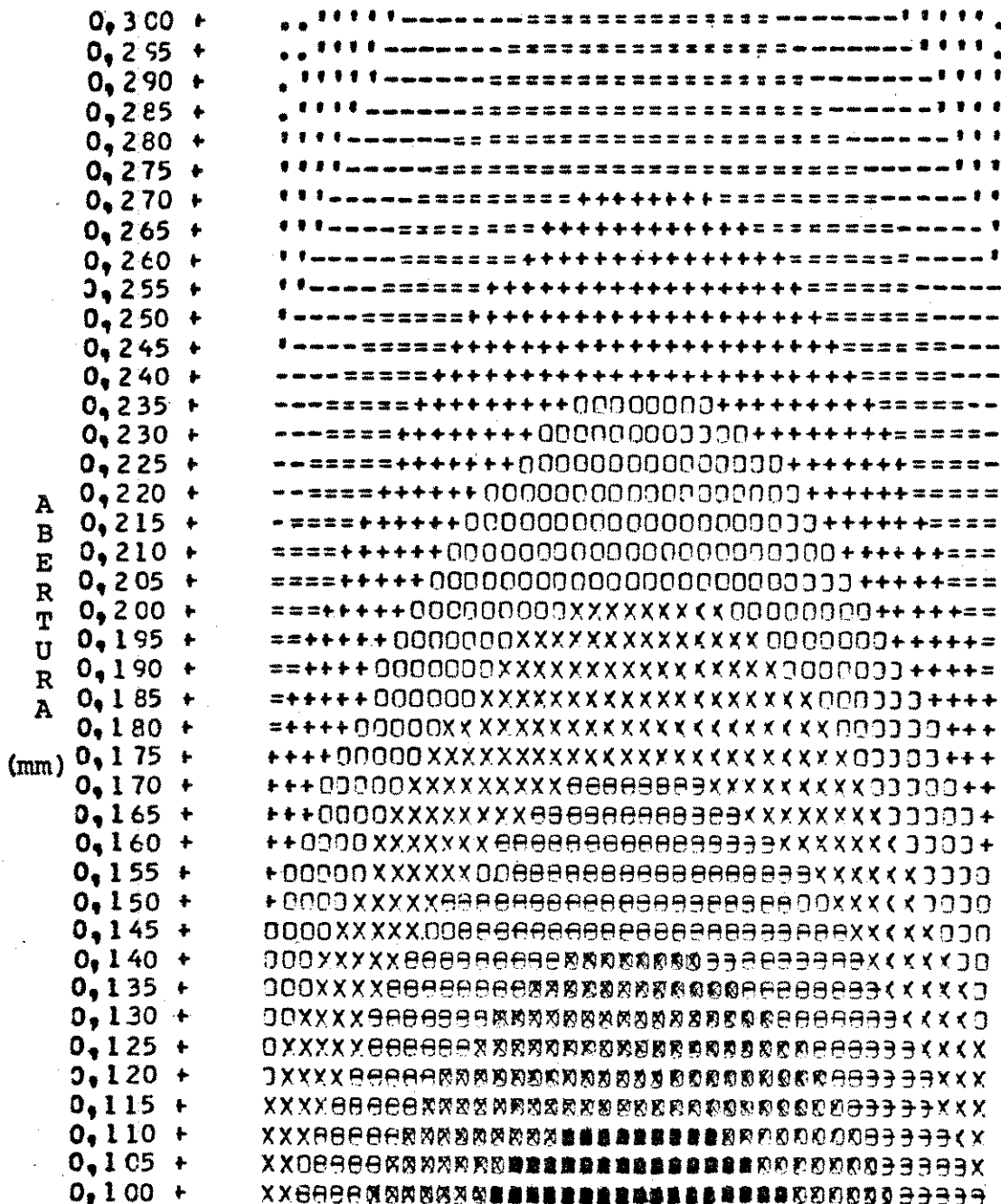
Para 0,30 mm de abertura, o deslocamento do ponto estacionário foi na direção decrescente da pressão de vapor, independente das variações da concentração de sólidos. As variações relativas ao I.S.A. para estas três aberturas foram, entretanto, pequenas com máximo de 40,60, 38,64 e 38,19% para 0,10, 0,20 e 0,30 mm de abertura, respectivamente.

O efeito da abertura e da concentração sobre o I.S.A., mantendo a pressão constante em 80 lb/pol^2 , está mostrado na figura 24. A forma parabólica das curvas mostrou que estas duas variáveis controlaram o I.S.A. Embora as variações de cada uma destas variáveis tenham produzido alterações no I.S.A., as alterações mais marcantes foram obtidas com a variação simultânea da abertura e concentração. Os maiores valores do I.S.A. corresponderam a aberturas entre 0,10 e 0,11 mm e concentrações entre 18 e 23%. O máximo valor do I.S.A. para este nível de pressão foi de 40,27%; para 60 e 40 lb/pol^2 houve uma redução chegando a 39,68 e 37,03%, respectivamente. O comportamento das curvas foi similar para os três níveis de pressão de vapor.

Os resultados mostraram que pressões altas (entre 60 a 80 lb/pol^2), concentrações intermediárias (entre 17-23%) e aberturas pequenas (menores a 0,20 mm) resultaram nos máximos valores do I.S.A.. Como era de esperar as curvas de nível do I.S.A. mostraram um comportamento oposto aos apresentados pelas curvas do I.A.A.. O aumento de I.S.A. foi devido à desintegração do grânulo de amido que se solubilizando diminuiu o I.A.A.

7. EFEITO DOS PARÂMETROS OPERACIONAIS NA RETENÇÃO DA COR

O efeito da pressão de vapor e da abertura entre os cilindros na cor dos flocos, quando a concentração de sólidos



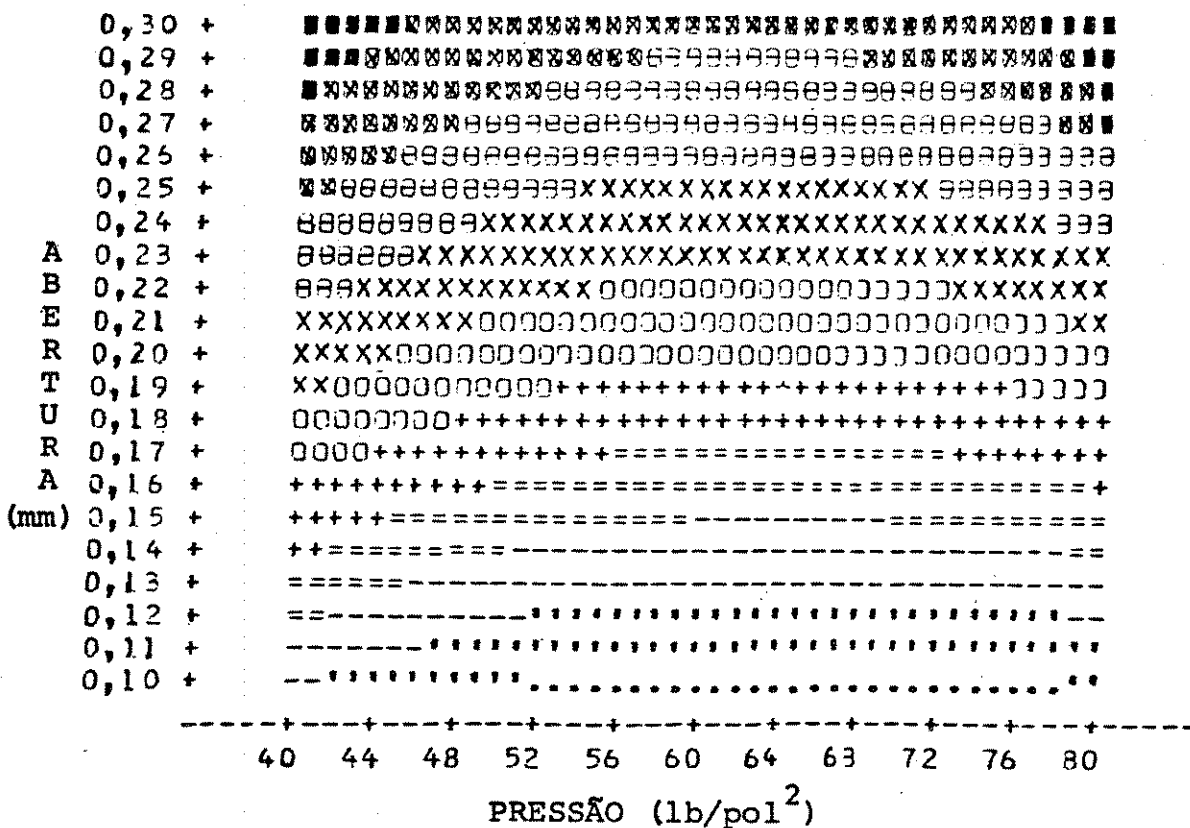
SÍMBOLO	ISA	SÍMBOLO	ISA
.....	31,54-32,02	OOOOOOO	35,91-36,88
.....	32,02-33,00	XXXXXXX	36,88-37,85
-----	33,00-33,97	EEEEEEE	37,85-38,82
=====	33,97-34,94	XXXXXXXXX	38,82-39,79
+++++++	34,94-35,91	XXXXXXXXX	39,79-40,28

FIGURA 24 - EFEITO DA ABERTURA ENTRE CILINDROS (mm) E A CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS NO PURE (%) SOBRE O ÍNDICE DE SOLUBILIDADE EM EQUILÍBRIO

foi mantida em 20%, está mostrado na figura 25. Os arcos de parábolas mostraram que o maior efeito sobre a cor foi devido a variações na abertura, sendo o efeito da pressão relativamente pequeno. Os máximos valores de D.E. ocorreram para aberturas ao redor de 0,30 mm, independente da pressão de vapor. A diminuição do D.E. foi causado principalmente pelo decréscimo da abertura. O máximo valor de D.E. obtido foi de 8,39. As curvas de nível obtidas com concentrações fixadas em 15 e 25% foram semelhantes às da figura 25, com valores máximos de D.E. de 7,67 e 7,97 para 15 e 25% de concentração de sólidos, respectivamente.

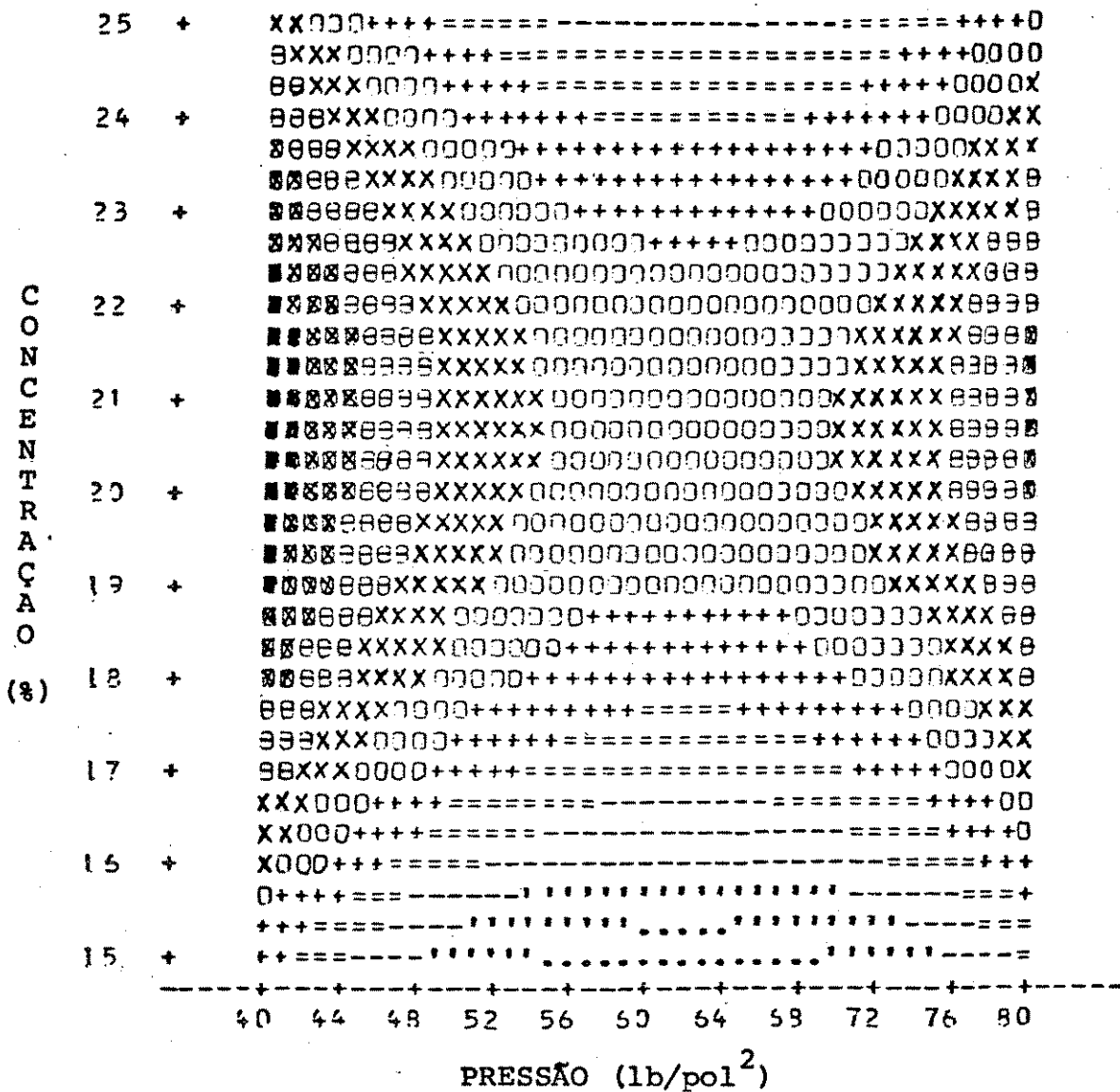
O efeito da pressão e da concentração de sólidos sobre a cor dos flocos para uma abertura de 0,30 mm está mostrado na figura 26. As curvas apresentaram um ponto de sela, com valores máximos para pressões extremas de 40 ou 60 lb/pol² e concentração na faixa de 19 a 22%. A diminuição da abertura resultou em diminuição dos valores de D.E. Assim para 0,30 mm o máximo valor de D.E. foi de 8,40, enquanto os valores máximos de 7,11 e 5,23 foram obtidos com 0,20 mm e 0,10 mm de abertura, respectivamente. O comportamento das curvas para os três níveis de abertura foi similar.

O efeito da abertura e da concentração sobre a cor dos flocos, à pressão de vapor de 40 lb/pol², está mostrada na figura 27. A maior influência na cor foi devida à variações da abertura, enquanto variações na concentração de sólidos teve pouco efeito neste parâmetro. O máximo valor de D.E. foi de 8,40 para aberturas ao redor de 0,30 mm e concentrações de sólidos entre 17 e 24%. Para as pressões de 60 e 80 lb/pol², os valores máximos foram de 7,83 e 8,21, respectivamente. As diferenças entre os valores do D.E. para os três níveis de pressão nas mesmas condições de concentração e abertura, em todo caso, não foram consi



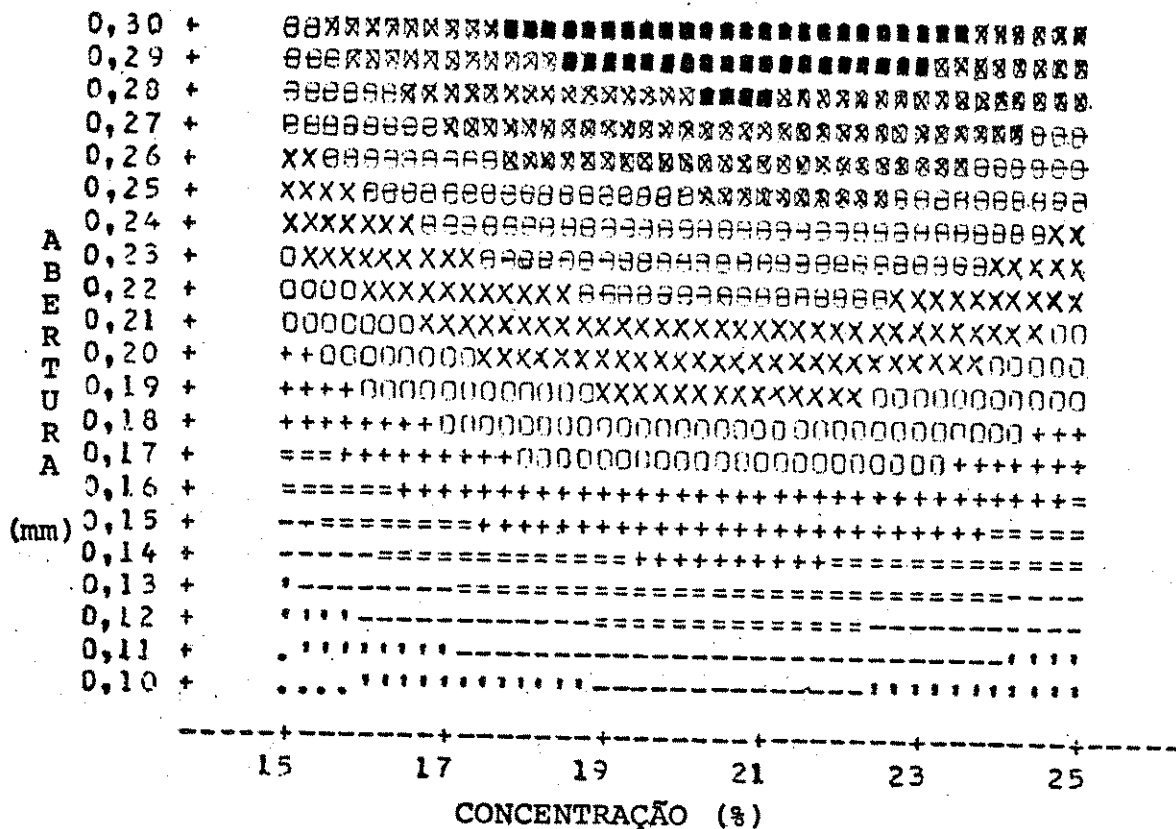
SIMBOLO	D.E.	SIMBOLO	D.E.
.....	4,46-4,68	OOOOOOO	6,43-6,86
	4,68-5,11	XXXXXXXXX	6,86-7,30
-----	5,11-5,55	EEEEEEEE	7,30-7,74
=====	5,55-5,99	XXXXXXXXX	7,74-8,18
+++++++	5,99-6,43	XXXXXXXXX	8,18-8,40

FIGURA 25 - EFEITO DA ABERTURA ENTRE CILINDROS (mm) E A PRESSÃO DE VAPOR (lb/pol²) NA COR (D.E) DOS FLOCOS DE BATA-TA DOCE (CONCENTRAÇÃO DE SOLIDOS DO PURÊ, 20%)



SIMBOLO	D.E.	SIMBOLO	D.E.
.....	7,09-7,17	0000000	7,75-7,89
	7,17-7,31	XXXXXXX	7,89-8,04
-----	7,31-7,46	EEEEEEE	8,04-8,19
=====	7,46-7,60	XXXXXXXX	8,19-8,33
+++++++	7,60-7,75	BBBBBBB	8,33-8,40

FIGURA 26 - EFEITO DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS NO PURÊ (%) E A PRESSÃO DE VAPOR (lb/pol²) NA COR (D.E.) DOS FLOCOS DE BATATA DOCE (ABERTURA ENTRE CILINDROS DE 0,30 mm).



SIMBOLO	D.E.	SIMBOLO	D.E.
.....	4,00-4,23	6,10-6,57
.....	4,23-4,70	XXXXXXX	6,57-7,04
-----	4,70-5,17	EEEEEEEE	7,04-7,51
=====	5,17-5,64	XXXXXXXX	7,51-7,98
+++++++	5,64-6,10	XXXXXXXX	7,98-8,21

FIGURA 27 - EFEITO DA ABERTURA ENTRE CILINDROS (mm) E A CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS NO PURÊ (%) NA COR (D.E) DOS FLOCOS DE BATATA DOCE (PRESSÃO DE VAPOR 40 lb/pol²).

deráveis.

Os resultados mostraram que o maior efeito sobre a cor dos flocos foi devido à variações na abertura. Aumentos na abertura até cerca de 0,30 mm, em uma ampla faixa de pressão de vapor e concentração de sólidos, resultaram em um alto D.E. Estes resultados em conjunção com aqueles de retenção de carotenóides indicaram que não existe uma relação entre a cor observada e o conteúdo deste composto. A retenção de carotenóides foi mais afetada pela concentração de sólidos, enquanto que o aumento da abertura teve um efeito adverso neste composto. Hoover et al., 1961, encontraram que amostras de purê de batata doce com alto conteúdo de carotenóides apresentaram cor amarelo claro, enquanto outras com baixo conteúdo de carotenóides apresentaram cores amarelas ou laranja fortes. Kattan et al., (1957), encontraram diferentes variedades de batata doce com cores diversas e com o mesmo conteúdo de carotenóides. Estes resultados indicaram que a ocorrência de reações de escurecimento como a caramelização de açúcares, reação de Maillard e/ou outras reações de escurecimento, contribuíram com maior intensidade que a destruição de carotenóides para o desenvolvimento da cor do produto desidratado. A polimerização dos compostos resultantes da oxidação e quebra dos carotenóides durante a secagem poderia também explicar o desenvolvimento da cor amarela com o decréscimo no teor de carotenóides.

D. EFEITO DO ARMAZENAMENTO NAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DO PURÊ

A figura 28 mostra o efeito do tempo de armazenamento no teor de açúcares totais e sólidos totais. A porcentagem de açúcares totais da batata recém colhida foi de cerca de 7% (base seca). O conteúdo de açúcar aumentou tanto no período de cura a

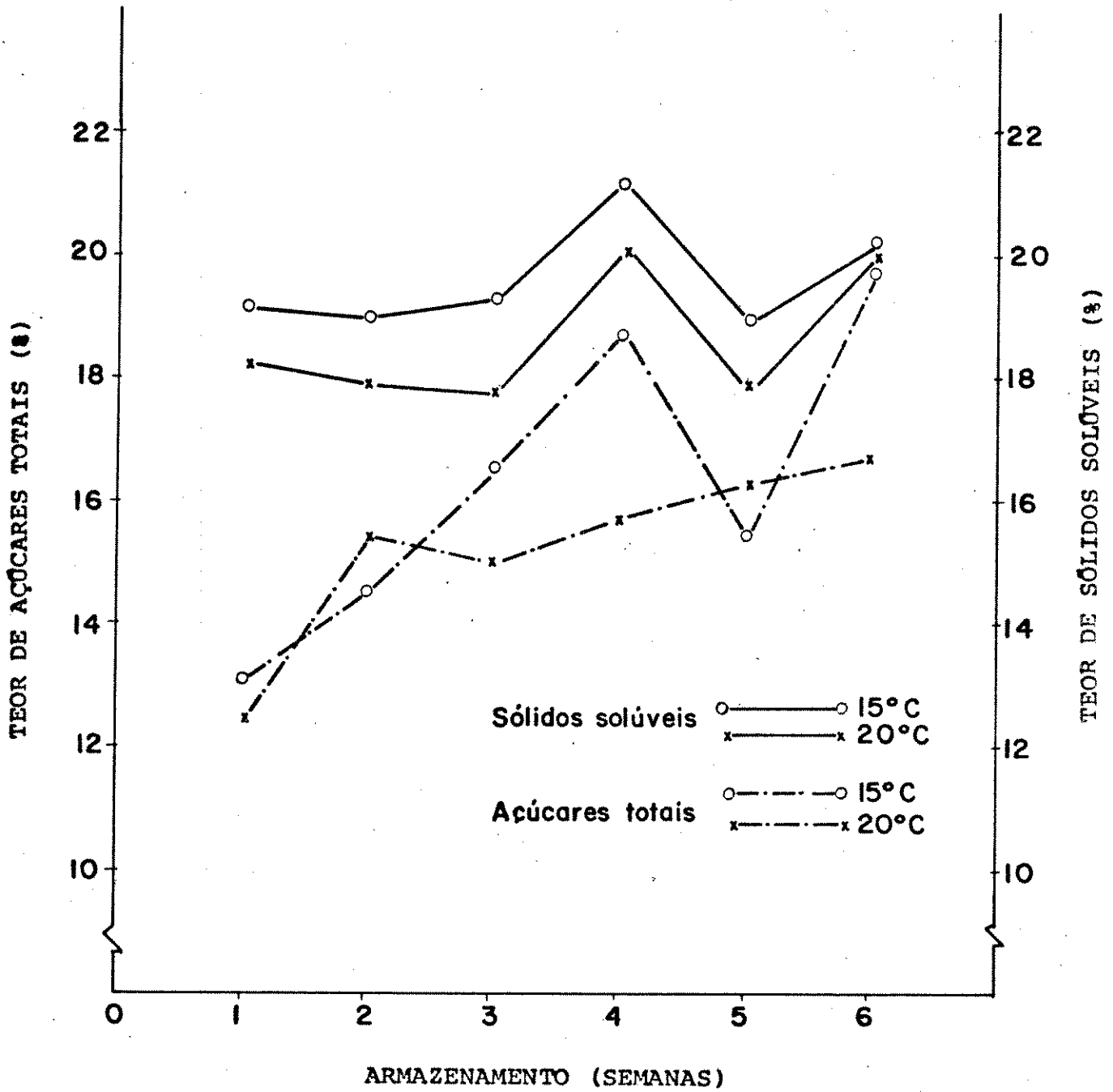


FIGURA 28 - EFEITO DO ARMAZENAMENTO A 15°C E 20°C (90% U.R.) SOBRE O TEOR DE AÇÚCARES TOTAIS E SÓLIDOS SOLÚVEIS DA BATATA DOCE.

30°C e 90% de U.R., quanto no armazenamento a 15 ou 20°C e 90% de U.R. Durante o armazenamento ocorreu um aumento gradual dos açúcares, sendo este aparentemente mais rápido nas primeiras semanas, para a temperatura de 15°C que para 20°C. Após 4 semanas de armazenamento a 15°C ocorreu um decréscimo no teor de açúcar que voltou a aumentar após a quinta semana. Os tubérculos armazenados a 20°C apresentaram indícios de brotamento já na primeira semana, o que possivelmente provocou um maior consumo do açúcar.

Os sólidos solúveis totais aumentaram de 13 a 18% durante a cura e até 21% durante as 6 semanas de armazenamento. Não foram observadas diferenças marcantes nos sólidos solúveis para as batatas armazenadas a 15° e 20°C.

Considerando que os sólidos solúveis totais tem influência na qualidade tecnológica dos flocos (Hoover et al., 1966), os experimentos foram programados com base nas etapas que apresentaram diferenças neste componentes. Assim as batatas foram processadas depois da cura e na 1.^a, 3.^a e 5.^a semana de armazenamento, respectivamente. Para este experimento foram utilizadas batatas armazenadas a 20°C e 90% U.R., pois nestas condições as variações dos sólidos solúveis foram similares àquelas armazenadas a 15°C.

As condições operacionais foram aquelas que resultaram em maior retenção de vitamina C, carotenóides e rendimento. Estas condições operacionais foram as seguintes: pressão de vapor 80 lb/pol², abertura entre os rolos de 0,15 mm e 16% de concentração de sólidos no purê.

A figura 29 mostra o efeito do armazenamento a 20°C (90% de U.R.) sobre o rendimento e a cor dos flocos de batata doce. O rendimento após a cura foi alto, quando comparado com aquele obtido com batatas processadas recém colhidas. Durante as primeiras três semanas do armazenamento o rendimento nos

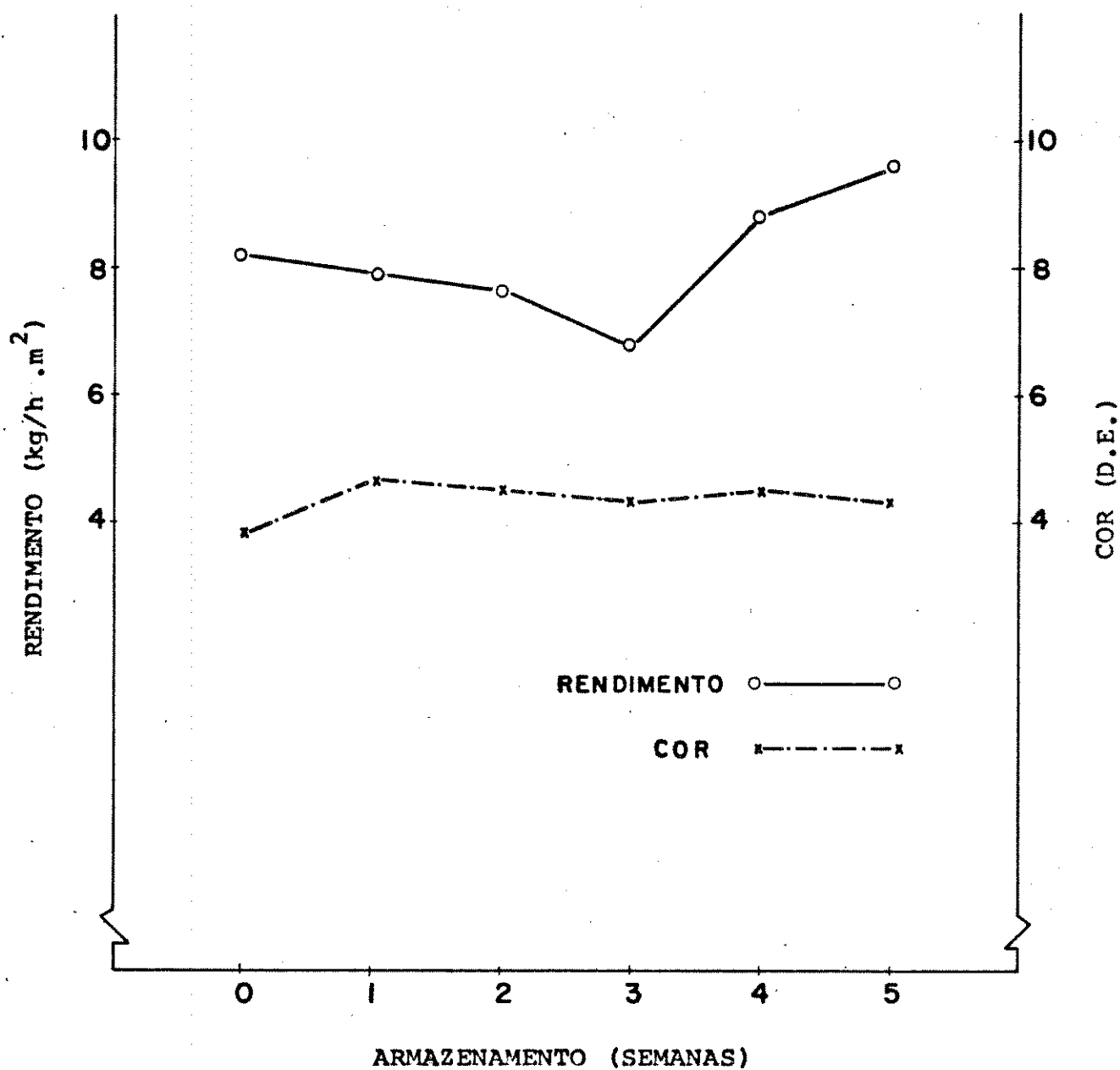


FIGURA 29 - EFEITO DO ARMAZENAMENTO A 20°C (90% U.R.) SOBRE O RENDIMENTO ($\text{kg/h} \cdot \text{m}^2$) E A COR (D.E.) DOS FLOCOS DE BATATA DOCE.

mo dos sólidos solúveis totais (figura 28). O aumento no rendimento após a terceira semana de armazenamento também foi acompanhado por um aumento no conteúdo de sólidos solúveis. Estes resultados foram semelhantes aos obtidos por Hoover et al., (1966), que constataram que o aumento nos sólidos solúveis totais propiciou melhores condições de secagem.

A cor dos flocos aumentou após uma semana de armazenamento, permanecendo constante após este período. Estes resultados demonstraram que as transformações bioquímicas que ocorrem durante o armazenamento têm influência nas propriedades tecnológicas dos flocos de batata-doce. De maneira geral o armazenamento até 5 semanas proporcionou maiores rendimentos e flocos com melhor aparência. Resultados semelhantes a estes foram obtidos por Hoover et al., (1966), que reportaram que a cor dos flocos alcançou o maior incremento nas quatro primeiras semanas de armazenamento após a cura, mantendo-se com uma cor adequada por um tempo de 6 semanas.

E. CONCLUSÕES

1. Foi possível expressar, através de modelos matemáticos, o efeito das variáveis operacionais (pressão de vapor, abertura entre os rolos e concentração de sólidos no purê) no rendimento, porcentagem de retenção de vitamina C, porcentagem de retenção de carotenóides, viscosidade inicial e o índice de solubilidade em água com significância (teste F) de 0,01%. O efeito das variáveis na cor, viscosidade máxima e viscosidade a 50°C e o índice de absorção de água, foram significantes ao nível de 0,14; 0,26; 0,90 e 15,00%, respectivamente.
2. O rendimento foi afetado, principalmente, pela abertura entre os rolos e a concentração de sólidos no purê, sendo pouco afetada pela pressão de vapor. O rendimento máximo foi obtido para concentrações entre 16-20% de sólidos e aberturas em torno de 0,30mm em uma grande faixa de pressão.
3. A porcentagem de retenção de vitamina C e carotenóides foi afetada, principalmente, pela pressão de vapor e a concentração de sólidos no purê. A maior retenção de vitamina C (81%) e carotenóides (98%), ocorreu para pressões de cerca de 80 lb/pol², entre 0,10 e 0,20mm de abertura e concentração de sólidos entre 15-17%.
4. A viscosidade inicial e a viscosidade máxima foram controladas pela abertura entre os rolos. A pequena influência da pressão de vapor nestas duas variáveis indicou que mesmo as pressões mais baixas testadas foram suficientes para uma extensa gela-

a viscosidade a 50°C foram semelhantes às observadas para a viscosidade máxima.

5. A pressão de vapor e a abertura entre os rolos foram as variáveis de maior influência no IAA. As curvas de nível mostraram um efeito de compensação entre a temperatura dos rolos e a espessura do filme. Filmes finos provocaram uma gelatinização mais efetiva do amido, a temperatura menores em relação a filmes mais espessos. Conseqüentemente a absorção de água dos produtos obtidos com pequenas aberturas foi superior àquelas obtidas com aberturas maiores, nas mesmas condições de pressão de vapor.
6. As curvas de nível do ISA mostraram um comportamento oposto ao apresentado pelas curvas do IAA. Os valores máximos do ISA foram obtidos a altas pressões (entre 65-76 lb/pol²), concentrações intermediárias (entre 18-23%) e aberturas pequenas (menores que 0,20mm).
7. O maior efeito sobre a cor foi devido a variações na abertura. Aumentos na abertura entre os rolos até cerca de 0,30mm, em uma ampla faixa de pressão de vapor e concentração de sólidos, resultaram em alto DE (8,40).
8. Os sólidos solúveis totais aumentaram de 13 a 18%, durante a cura (5 dias a 30°C e 90% de U.R.) e até aproximadamente 21% nas 5 semanas de armazenamento. Não foram observadas diferenças marcantes nos sólidos solúveis entre batatas armazenadas a 15 ou 20°C.

9. Nas condições testadas, os parâmetros ótimos para o rendimento, retenção de vitamina C e carotenóides foram: pressão de vapor de 80 lb/pol², abertura entre cilindros de 0,15 mm e concentração de sólidos de 16%.

10. As características de operação nos rolos secadores duplos (Drum-Dryer) melhoraram como consequência do aumento de sólidos solúveis durante o armazenamento dos tubérculos a 20°C e 90% de U.R. e causaram um aumento no rendimento e na cor dos flocos.

F. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. A.A.C.C. Aproved methods of the American Association of Cereal Chemists. 7. ed. St. Paul Minnesota. A.A.C.C. (2V), 1969.
2. ABD-EL-KARIM, H.A.; BAMHCER, A.M.S. Vitamina C content of vegetables and fruits available in Sandi. Arabia. Zeitschrift für Ernährungswissenschaft 18(3) 213-216. 1979.
3. ADAMS, NICKERSON & STULTS. Zeiss. Automatisches farbmessgerät RFC-3. Operating instructions, West Germany. 1978.
4. ANDERSON, R.A.; CONWAY, H.F.; PFEFER, V.F. & GRIFFIN, V.F. JR. Gelatinization of Corn by Rool and Extrusion-Cooking. Cereal Science Today Vol. 14. Nº 1. January 1969.
5. A.O.A.C. Aproved methods of the Association of Oficial Agricultural Chemists. 12. ed. Washington D.C., A.O.A.C. 1975.
6. ARTHUR, J.C. JR. & MCLEMORE, T.A. Swett potato dehydration. Effects of processing conditions and variety on properties of dehydrated products. J. Agr. Food Chem. 3. 782. 1954.
7. ARTHUR, J.C. JR. & MCLEMORE, T.A. Sweet potato dehydration properties of polyphenolase causing discoloration of sweet potato during processing. J. Agr. Food Chem. 4, 553. 1956.
8. ARSTCHWAGER, E. & STARRETT, R.C. Suberization of wound periderm formation in sweet potato and gladiolus as affected by temperature and relative humidity. J. Agr. Res. 43, 353-364. 1931.

9. BATE-SMITH, E.C.; HUGHES, J.C. & SWAIN, T. After-cooking discoloration in potatoes. Chem. Ind. 21, 627. 1958.
10. BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid Method of total lipid extraction and purifications. Conf. Biochem. Physiol. Vol. 37. 1959.
11. BOOGGESS, T.S. & WOODROOG, J.G. Sweet potato chips. Georgia Agr. Expt. Sta. Leaflet 6. 1964.
12. BOSWELL, V.R. & BOSTELMAN, E. Our vegetables travelers. Natl. Geographic Magazine 96, Nº 2, 145-217. 1949.
13. CARVALHO, M. DA P.M.; MOURA, L.L. E STURN, A.P. Influência de adubação na produção e na proteína de batata doce. Pesquisa em andamento. EMBRAPA. Centro de Tecnologia Agrícola e Alimentar - CTAA. Nº 2, 013 pp. Março 1982.
14. COCHRAN, W.G. & COX, G.M. Experimental Designs. 2ed. New York. J. Wiley. 611 p. 1957.
15. DEOBALD, H.J.; MCLEMORE, T.A.; HASLING, V.C. & CHTALAND, E.A. Control of sweet potato α -amilase for producing optimum quality precooked dehydrated flakes. Food Technol. 22, Nº 5, 93-96. 1968.
16. DEOBALD, H.J.; HASLING, V.C.; CATALANO, E.A. & MCLEMORE, T.A. Relationship of sugar formation and sweet potato alpha-amilase activity during processing for flake production. Food Technol. 23, 826. 1969.

Westport, Connecticut, U.S.A., AVI. 1971.

18. EZEEL, B.D.; WILCOX, M.S. & HUTCHINS, M.C. Effect of variety and storage on ascorbic acid content of the sweet potato. Food. Res. 13, 116-122. 1948.
19. EZEEL, B.D.; WILCOX, M.S. & DEMAREE, K.D. Physiological and biochemical effects of storage humidity on sweet potatoes. Jr. Agr. Food Chem. 4, 640-644. 1955.
20. Fundação IBGE, Rio de Janeiro, Anuário Estatístico do Brasil-1983. Rio de Janeiro. 1983.
21. GIOVANI, M. Response Surface Methodology and Product optimization. Food Technol. 41-83. November, 1983.
22. GUEDES, A.L.C.; LEITÃO E CESAR, J. Batata doce: Nova alternativa agrícola para o estado do Amazonas, Manaus, EMBRAPA. 7 p. Comunicado Técnico 07. Agosto 1980.
23. HAMED, M.G.E.; HUSSEIN, M.F.; REFAI, F.Y. & EL-SAMAHY, S.K. Preparation and chemical composition of sweet potato flour. Cereal Chem. 50: 133 (1973).
24. HAND, T.E. & COCKERMAN, K.L. The Sweet Potato. Macmillan co., New York. 1921.
25. HAUMAN-MERCK, L. The vegetative parasites of cultivate plants in Argentina Cen. Tbl. Bap. II. 43, 420-454 (French). 1913.
26. HODGE, J.F. & NOFREITER, B.T. Determination of reducing sugar and carboidrates. In Methods in carbohydrate Chemistry, Vol.1, pp. 388, ed. Dy whistter, R.L. and wolfrom, N.L.

27. HOOVER, M.W. & STOUT, G.J. Studies relating to the freezing of sweet potatoes. Food Technol. 10, 250-253. 1956.
28. HOOVER, M.W. & MASON, D.D. Evaluation of Color in sweet potato pure with the hunter Color Difference Meter, Food Technol. June, 1961.
29. HOOVER, M.W. A process for Manufacturing sweet potato flakes from uncured and starch sweet potatoes. Proc. Assoc. Southem Agr. Workers 59, 192-193. 1962.
30. HOOVER, M.W. Preservation of the natural color in processed sweet potatoes. Food Technol. 17, 636. 1963.
31. HOOVER, M.W. Preservation of the natural color in processed sweet potato products. II. Precooked frozen. Food Technol. 18, 135-137. 1964.
32. HOOVER, M.W. & KUSHMAN, L.J. Influence of raw product storage treatments on the quality of sweet potato flakes. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 88, 501-506. 1966.
33. STOUT, G.T. Vegetable products lab seeks improved quality and uses. Market Growers J. 85. 18-19, 25. 1956.
34. KATTAN, A.A.; MOORE, J.N. & FLEMMING, J.W. Sweet potato and enzymatic discoloration. Arkansas Farm. Res. 6. 1957.
35. LAURITZEN, J.L. & HARTER, L.L. The relation of humidity to infection of the sweet potato by Rhizopus. J. Agr. Res. 33, 527-539. 1926.

36. LEASE, E.J. & MITCHELL, J.H. Biochemical and nutritional studies of dehydrated sweet potato. S. Carolina Agr. expt. Sta. Bull. 329. 1940.
37. LEE, S.H. & LABUZA, T.P. Destruction of ascorbic acid as a function of water activity. J. Food Sci. 40, 370-373.1957.
38. LEWIS, D.A. & MORRIS, L.L. Effects of chilling storage on respiration and deterioration of cereal sweet potato varieties. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 68, 421-428. 1956.
39. LUTZ, J.M. & SIMONS, J.W. Storage of sweet potatoes. U.S. Dept. Agr. Farmers' Bull. 1442. 1948.
40. PONTE, J.G.; DESTEFANIS, V.A. & TITCOMB, S.T. Application of thin-layer chromatography to sugars analyses in cereal based products. Abstrat 54th. Meeting of A.A.C.C., Chicago, Illinois. 1969.
41. RADLEY, J.A. Starch Production Technology. London, Applied science publiserh, p. 213-227. 1976.
42. ROSENAL, F.R.; DE LIMA, J.A. Perspectivas para o amido de mandioca. Rio de Janeiro; Instituto Nacional de Tecnologia. Laborat6rio de amido, Minist6rio de Ind6stria e Com6rcio. 1974.
43. ROBSON, U.M. Blackening of potato tubers after boiling. Nature 21, 777-778. 1941.
44. SCOTT, L.E.; APLEMAN, G.O. & WILSON, M. The discoloration of sweet potatoes during preparation for processing and the

A33. 1944.

45. SCOTT, L.E.; WALLS, E.D. & HUNTER, H.A. How to prevent discoloration of sweet potatoes. Food Packer 26(8). 1945.
46. SINTRUNK, W.A.; MILLER, J.C. & JONES, L.G. Carbohydrate changes during storage and cooking of sweet potatoes. Food Technol. 8, 223-226. 1954.
47. SINTRUNK, W.A. Problems involved in the pre-peeling and packaging of sweet potatoes. Food Technol. 2, 336-339. 1957.
48. SPADARO, J.J. & PATTON, E.L. Precooked dehydrated sweet potato flakes. Food Eng. 33, No 7, 46-48. 1961.
49. SPADARO, J.J.; WADSWORTH, J.I.; ZIEGLER, G.M.; GALLO, A.E. & DILTER, S.P. Instant sweet potato flakes-processing modifications necessitated by varietal differences. Food Technol. 21, 326-330. 1967.
50. SPLITTSTOESSER, W.E. & RHODER, A.M. Protein and aminoacid values of some tropical root crops. Illinois, 15(4): 6-7. 1973.
51. WADSWORTH, J.I.; KOLTER, S.P.; GALLO, A.S.; ZIEGER, G.M. & SPADARO, J.J. Instant sweet potato flakes: factor affecting drying rate on double drum dryer. Food technol. 20, 815-822. 1966.
52. WADSWORTH, J.I.; ZIEGLER, G.M. JR.; GALLO, A.S. & SPADARO, J. J. Factors affecting film thickness on Double Drum Dryer. Transactions of the ASHE Vol. 10, no 2, pp. 157-160: 163. 1967.

53. WEIMAR, J.R. & HARTER, L.L. Wound cork formation in the sweet potato. J. Agr. Res. 21, 637-647. 1921.
54. WOODROOF, J.G. & ATKINSON, I.S. Preserving sweet potatoes by freezing. Georgia Agr. Expt. Sta. Bull. 232. 1944A.
55. VAN DE KAMER, J.H.E. & VAN GINKEL, L. Rapid determination of crude fiber in cereals. Cereal Chem. 29: 239. 1952.

ANEXO 1 - PARÂMETROS DE REGRESSÃO MÚLTIPLA E ANÁLISE DE VARIANÇA.

DEPENDENT VARIABLE: REND. (RENDIMENTO)									
DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F VALUE	PR	F	R-SQUARE	C.V.	PR	F
7	94404.11111111	13486.30158730	185.04	0.0001	0.992339	3.8973			
10	729.83333333	72.88333333							
17	95132.94444444								
RECTED TOTAL									
					8.53717362	219.05555556			
SOURCE									
DF	TYPE I SS	F VALUE	PR	F	TYPE IV SS	F VALUE	PR	F	F
1	2106.75000000	28.91	0.0003	1	522.48092755	7.17	0.0232		
1	34561.33333333	474.20	0.0001	1	744.49122807	10.21	0.0096		
1	29304.03333333	402.07	0.0001	1	6921.86688312	94.97	0.0001		
1	1167.36111111	16.02	0.0025	1	1167.36111111	16.02	0.0025		
1	5426.77777778	74.46	0.0001	1	5426.77777777	74.46	0.0001		
1	21560.02777778	295.82	0.0001	1	8471.68055556	116.24	0.0001		
1	277.77777778	3.81	0.0795	1	277.77777778	3.81	0.0795		

PARAMETER=0			
ESTIMATE	T FOR H0:	PR	STD ERROR OF ESTIMATE
-513.16666667	-5.92	0.0001	86.71292035
-3.62916667	-2.68	0.0232	1.35545836
-686.66666667	-3.20	0.0096	214.84749113
94.25000000	9.75	0.0001	9.67127764
0.09270833	4.00	0.0025	0.01067147
3683.33333333	8.63	0.0001	426.85868075
-2.60333333	-10.78	0.0001	0.24146773
-4.18666667	-1.95	0.0795	2.13429340

ANEXO 1 - CONTINUAÇÃO

ENDPOINT VARIABLE: RET. VIT. C (RETENÇÃO DE VITAMINA C)

DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F VALUE	PR F	P-SQUARE	C.V.
7	3480.60450000	497.22921429	16.03	0.0001	0.918195	11.5997
10	310.09750000	31.00975000				
17	3790.70200000					
				STD DEV		RVTC MEAN
				5.56863987		48.00666667

DF	TYPE I SS	F VALUE	PR F	DF	TYPE IV SS	F VALUE	??	F
1	1029.85740833	33.21	0.0002	1	305.80049759	9.86	0.0105	
1	947.00913333	14.42	0.0035	1	1570.49505307	50.64	0.0001	
1	36.60033333	1.18	0.3023	1	346.18288216	11.16	0.0075	
1	18.36122500	0.59	0.4594	1	19.36122500	0.59	0.4594	
1	776.17960000	25.03	0.0005	1	776.17960000	25.03	0.0005	
1	56.25000000	1.81	0.2078	1	335.66405000	10.82	0.0081	
1	1116.22810000	36.00	0.0001	1	1116.22810000	36.00	0.0001	

PARAMETER	ESTIMATE	T	FCR HO:	P3	ITI	STD ERROR OF ESTIMATE
EXCEPT	73.54000000		1.30	0.2227		56.56122825
SSAD	2.77645833		3.14	0.0105		0.89414033
	997.31666667		7.12	0.0001		140.14103016
	-21.07766667		-3.34	0.0075		6.30839487
	-0.00535625		-0.77	0.4594		0.00696080
	-1393.00000000		-5.00	0.0005		278.43199149
	0.51920000		3.29	0.0081		0.15750492
	-8.35250000		-6.00	0.0001		1.39215997

ANEXO 1 - CONTINUAÇÃO

DEPENDENT VARIABLE: RET. CAROT. (RETENÇÃO DE CAROTENÓIDES)

SOURCE	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F. VALUE	PR. F	T-SQUARE	C.V.
MODEL	7	3421.22042500	488.74577500	109.15	0.0001	0.987081	3.5256
ERROR	10	44.77717500	4.47771750				
CORRECTED TOTAL	17	3465.99760000				2.11636179	60.02000000
						STO DEV	RECRT MEAN

SOURCE	DF	TYPE I SS	F VALUE	PR. F	DF	TYPE IV SS	F VALUE	PR. F
RESSAO	1	1613.79213333	360.41	0.0001	1	20.71246309	4.63	0.0570
ABT	1	502.07203333	112.13	0.0001	1	641.77796327	143.33	0.0001
CONC	1	369.74100833	82.57	0.0001	1	455.67053353	101.76	0.0001
PRES2	1	47.89640000	10.69	0.0084	1	47.89640000	10.69	0.0084
ABT2	1	302.76000000	67.61	0.0001	1	302.76000000	67.61	0.0001
CONC2	1	27.30062500	6.10	0.0331	1	415.87280000	92.88	0.0001
PART	1	557.66822500	124.54	0.0001	1	557.66822500	124.54	0.0001

PARAMETER ESTIMATE F PCF HC: PARAMETER=0 PR. F T/I STD ERROR OF ESTIMATE

PARAMETER	ESTIMATE	F	PCF	HC:	PARAMETER=0	PR. F	T/I	STD ERROR OF ESTIMATE
INTERCEPT	210.46500000		9.79		0.0001			21.49300978
RESSAO	0.72258333		2.15		0.0570			0.33596993
ABT	637.54166667		11.97		0.0001			53.25305390
CONC	-24.18216667		-10.09		0.0001			2.39716585
PRES2	0.00850000		3.27		0.0084			0.00264508
ABT2	-870.00000000		-8.22		0.0001			105.80303951
CONC2	0.57690000		9.64		0.0001			0.05985127
PART	-5.80375000		-11.16		0.0001			0.52901545

ANEXO 1 - CONTINUAÇÃO

ENDENT VARIABLE: V. INICIAL (VISCOSIDADE INICIAL)

RCE	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F VALUE	PR F	P-SQUARE	C.V.
EL	7	67386.11111112	9626.58730159	16.40	0.0001	0.919860	10.3966
O2	10	5870.83333333	587.08333333		STD DEV		VIN MEAN
REC'D TOTAL	17	73256.94444444			24.22930259		233.05555556

RCE	DF	TYPE I SS	F VALUE	PR F	DF	TYPE IV SS	F VALUE	PP	F
SSAO	1	52.06333333	0.09	0.7719	1	31.83539945	0.05	0.8206	
C	1	15768.75000000	26.86	0.0004	1	4320.42214912	7.36	0.0219	
S2	1	13002.08333333	22.15	0.0008	1	3683.03571430	6.27	0.0312	
2	1	667.36111111	1.14	0.3114	1	657.36111111	1.14	0.3114	
C2	1	29184.02777777	49.71	0.0001	1	29184.02777779	49.71	0.0001	
T	1	0.65444444	0.00	0.9732	1	4433.68055557	7.55	0.0205	
	1	8711.11111113	14.84	0.0032	1	8711.11111113	14.84	0.0032	

METER ESTIMATE I FCF HO: PP ITI STD ERROR OF ESTIMATE

METER	ESTIMATE	PARAMETER=0	STD ERROR OF ESTIMATE
ERCEPT	-390.63333333	-1.59	0.1434
SSAO	-0.85583333	-0.23	0.8206
C	1654.16666667	2.71	0.0218
S2	68.75000000	2.50	0.0312
2	-0.03229167	-1.07	0.3114
C2	-8541.66666667	-7.05	0.0001
T	-1.88333333	-2.75	0.0205
	23.33333333	3.85	0.0032
			246.10451145
			3.34699784
			679.76999707
			27.44856391
			0.03028725
			1211.49012928
			0.68532231
			6.05745065

ANEXO 1 - CONTINUAÇÃO

DEPT VARIABLE: V. MAX. (VISCOSIDADE MÁXIMA)

DE	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F VALUE	PR F	P-SQUARE	C.V.
7	82536.1111111	11790.37301587	7.46	0.0026	0.839255	10.7298
10	15808.3333333	1580.83333333				STD DEV
17	98344.4444444					39.75939483
						370.55555556

DE	TYPE I SS	F VALUE	PR F	DF	TYPE IV SS	F VALUE	PR F
10	14700.0000000	9.30	0.0123	1	1761.08539445	1.12	0.3158
1	5952.0833333	3.70	0.0833	1	16806.16776116	10.63	0.0086
1	10502.0833333	6.64	0.0275	1	870.13528139	0.55	0.4752
1	44440.6544444	0.03	0.8702	1	44450.69444445	0.03	0.8702
1	850.6544444	28.12	0.0003	1	1209.68055556	28.12	0.0003
1	6136.1111111	3.88	0.0771	1	6136.11111113	3.88	0.0771

DEPT ESTIMATE I FCB NO; PR F TI STD ERROR OF ESTIMATE

DEPT	94.16666667	0.21	0.8391	403.84316950
10	-9.66666667	-1.06	0.3158	6.31269939
	3262.5000000	3.26	0.0086	1000.59704399
	33.41666667	0.74	0.4752	45.04149322
	0.00833333	0.17	0.8702	0.04969962
	-10541.66666667	-5.30	0.0003	1987.98474173
	-0.98333333	-0.87	0.4024	1.12457399
	19.58333333	1.97	0.0771	9.93992371

NEXO 1 - CONTINUAÇÃO

DEPT VARIABLE: V. 509C (VISCOSIDADE A 509C)

DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F VALUE	PR	F	2-SQUARE	C.V.
7	163366.6666667	23338.09523810	9.89	0.0009	0.873619	7.5960	
10	23633.3333333	2363.33333333		STD DEV		V50 MEAN	
17	187000.0000000			48.61412689		647.00000000	

DF	TYPE I SS	F VALUE	PR	F	DF	TYPE IV SS	F VALUE	PR	F
1	45633.3333333	19.31	0.0013	0.0013	1	1990.35812673	0.84	0.3904	0.3904
1	19200.0000000	8.12	0.0172	0.0172	1	27193.42105264	11.51	0.0069	0.0069
1	11408.3333333	4.83	0.0527	0.0527	1	1636.99476191	0.69	0.4247	0.4247
1	100.0000000	0.04	0.8412	0.8412	1	100.00000000	0.04	0.8412	0.8412
1	72939.9599999	30.85	0.0002	0.0002	1	72930.00000002	30.85	0.0002	0.0002
1	2024.9599999	0.86	0.3764	0.3764	1	2112.50000001	0.89	0.3667	0.3667
1	12100.0000002	5.12	0.0472	0.0472	1	12100.00000002	5.12	0.0472	0.0472

ESTER	ESTIMATE	T FCR HO:	PR	ITI	STD ERROR OF ESTIMATE
CEPT	208.3333333	0.42	0.6820		493.77851535
AD	-7.0833333	-0.92	0.3804		7.71852929
	4150.0000000	3.30	0.0769		1223.42869746
	45.8333333	0.83	0.4247		55.07217487
	-0.0125000	-0.21	0.8412		0.06076766
	-13500.0000000	-5.55	0.0002		2430.70634453
	-1.3000000	-0.95	0.3667		1.37501515
	27.5000000	2.26	0.0472		12.15353172

NEXO 1 - CONTINUAÇÃO

DEPT VARIABLE: J.A.A. (INDICE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA)

DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F VALUE	PR	F	F-SQUARE	C.V.
7	3.63093611	0.51870516	2.03	0.1502	0.596515	7.2293	
10	2.55975833	0.25597583					
17	6.19069444						
				STD DEV			WAI MEAN
				0.50594054			6.99944444

DF	TYPE I SS	F VALUE	PR	F	DF	TYPE IV SS	F VALUE	PR	F
1	0.26700833	1.04	0.3312		1	0.914071164	3.57	0.0891	
1	0.00520833	0.02	0.8894		1	0.84995263	3.32	0.0994	
1	0.05070000	0.20	0.6658		1	0.05694554	0.22	0.6473	
1	0.39480278	1.54	0.2426		1	0.33480278	1.54	0.2426	
1	0.15866944	0.62	0.4494		1	0.15866944	0.62	0.4494	
1	1.75121111	6.84	0.0259		1	0.05173472	0.20	0.6526	
1	1.00333611	3.92	0.0759		1	1.00333611	3.92	0.0759	

ETER	ESTIMATE	T FCR HQ:	PR	ITI	STD ERROR OF ESTIMATE
CEPT	16.50166667	3.21	0.0093		5.13888835
AD	-0.15179167	-1.89	0.0881		0.08032885
	-21.20090000	-1.82	0.0934		12.73255779
	-0.27033333	-0.47	0.6473		0.57315122
	0.0078542	1.24	0.2426		0.0063243
	19.91666667	0.79	0.4494		25.29702716
	0.00643333	0.45	0.6526		0.01431016
	0.25041667	1.99	0.0759		0.12648514

ANEXO 1 - CONTINUAÇÃO

DEPENDENT VARIABLE: I.S.A. (ÍNDICE DE SOLUBILIDADE EM ÁGUA)

SOURCE	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F VALUE	PR	F	F-SQUARE
MODEL	7	146.29213611	20.89867659	32.61	0.0001	0.958027	2.
ERROR	10	6.40935833	0.640935831				MSI
CORRECTED TOTAL	17	152.70149444				0.80059468	35.4794

SOURCE	DF	TYPE I SS	F VALUE	PR	F	DF	TYPE IV SS	F VALUE	PR
RESSAO	1	7.26963333	11.34	0.0071		1	36.50857961	56.96	0.
ABT	1	8.56520933	13.39	0.0044		1	3.33379342	5.20	0.
CONC	1	0.31697500	0.49	0.4980		1	13.29860106	20.75	0.
PRES2	1	22.05867779	34.42	0.0002		1	22.05867779	34.42	0.
ABT2	1	0.26866944	0.42	0.5319		1	0.26866944	0.42	0.
CONC2	1	89.14506944	139.09	0.0001		1	13.12427222	20.48	0.
PAAT	1	18.64800278	29.09	0.0003		1	18.64800278	29.09	0.

PARAMETER	ESTIMATE	T FCR HO:	PR	ITI	STD ERROR OF ESTIMATE
INTERCEPT	-36.75333333	-4.52	0.0011		8.13161813
RESSAO	0.95333333	7.55	0.0001		0.12710989
ABT	45.55000000	2.29	0.0457		20.14760601
CONC	4.13116667	4.56	0.0011		0.90693678
PRES2	-0.6587093	-5.87	0.0002		0.00100073
ABT2	25.91666667	0.65	0.5319		40.02933411
CONC2	-0.10246667	-4.53	0.0011		0.02264395
PAAT	-1.67959333	-5.39	0.0003		0.20014617

ANEXO 1 - CONTINUAÇÃO

VARIÁVEL DEPENDENTE: D.E. (COR)

FONTES	DF	S.Q.	QM	F	PROB (F F ₀) =	R ² = 0,9559	C.V. = 0,0767
MODELO	8	36,4016	5,2002	8,79	0,0014	MÉDIA DE COR = 6,1000	
LINEAR	3	5,8189	1,9396	9,35	0,0040		
QUADRÁTICO	3	30,5595	10,1865	49,12	0,0001		
PRODS. CRUZADOS	2	4,0752	2,0376	9,83	0,0055		
RESÍDUO	9	1,8664	0,2074				
FALTA DE AJUSTE	1	1,4464	1,4464	27,55	0,0008		
ERRO PURO	8	0,4200	0,0525				
TOTAL (C)	17	43,3200				0,7693	

PARÂMETRO	ESTIMATIVA	T PARA HO:	PR	T	ERRO PADRÃO DE
PARÂMETRO=0					
ESTIMATIVA					
INTERCEÇÃO	-2,5024	-0,31		0,7619	8,0447
PRESSÃO	-0,1605	-1,31		0,2223	0,1233
ABT	26,2788	1,74		0,1129	15,1231
CONC	0,9452	1,04		0,3219	0,9070
PRES ²	0,0012	1,22		0,2506	0,0010
ABT ²	-29,9152	-3,52		0,0056	8,5095
CONC ²	-0,0229	-1,01		0,3374	0,0228
PRES. ABT	0,0389	0,20		0,8469	0,1961