

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS E AGRÍCOLA

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola da Universidade Estadual de Campinas, para a obtenção do Título de Mestre em Tecnologia de Alimentos

APROVEITAMENTO DA QUIRERA DE ARROZ NA PRODUÇÃO DE FARINHAS PRÉ-GELATINIZADAS E SEU USO NA FORMULAÇÃO DE ALIMENTOS INFANTIS

MISAEEL CASTAÑEDA SILVA

Eng^o Químico

17/84

Prof.^a Dr.^a NORMA MANCILLA DIAZ

Orientadora

CAMPINAS, SÃO PAULO

PARECER

1984

Este exemplar corresponde a redação final da tese defendida por Misael Castañeda Silva e aprovada pela comissão julgadora em 29/10/84. Campinas, 29 de outubro de 1984.

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

A minha esposa Mercedes
e a minha filha Juliana Marcela

AGRADECIMENTOS

À professora Dr.^a Norma Mancilla Diaz pela orientação, amizade, ensino e dedicação no desenvolvimento deste trabalho.

À Universidade Estadual de Campinas, FEA, pelas facilidades concedidas para a realização do curso.

Ao Instituto de Investigaciones Tecnológicas e ao Banco da República da Colômbia pelo financiamento do curso.

Aos professores Drs. Cesar F. Ciacco, Roberto Moretti, Jaime Amaya, Ahmed A. El-Dash, Debora de Queiroz Tavares, Ruth dos Santos Garruti, Herbert Wirth, Florencia Menegalli, pelo ensino durante o curso.

Às professoras Dr.^a Maria Amélia Chaib Moraes e Maria Lúcia Setina pela colaboração.

Aos professores Ramon Hinojosa e Horácio Pezoa pela valiosa colaboração, sugestões e amizade com que me distinguiram.

Aos funcionários do Departamento de Tecnologia pela colaboração.

Aos colegas da pós-graduação que compartilharam este período de vida.

Ao CNPq pela concessão de bolsa de estudo neste último semestre.

A Associação Brasileira da Indústria da Alimentação pe

la colaboração na impressão da tese.

À minha esposa e família pelo constante apoio e estímulo.

Aos amigos colombianos pela amizade e colaboração.

ÍNDICE

	Página
AGRADECIMENTOS.....	i
ÍNDICE DE TABELAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
RESUMO.....	xvii
SUMMARY.....	xix
I. INTRODUÇÃO.....	1
II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
A. Aspectos Agrícolas.....	3
1. Produção.....	3
2. Cultivares.....	4
B. Aspectos Nutricionais do Arroz.....	7
1. Proteína.....	7
2. Lipídios.....	12
3. Carboidratos.....	14
4. Vitaminas.....	16
5. Minerais.....	16
C. Beneficiamento do Arroz.....	18
1. Processamento.....	20
2. Produtos e Sub-produtos.....	23
D. Farinhas e Amidos Pré-gelatinizados.....	24
1. Modificações Químicas.....	25
2. Modificações Físicas.....	26

	Página
2.1. Processo Hidrotérmico.....	26
2.2. Secador de Rolos.....	28
2.3. Extrusão.....	31
E. Uso de Farinhas e Amidos Pré-gelatinizados na Indústria de Alimentos.....	37
III. MATERIAIS E MÉTODOS.....	39
A. Materiais.....	39
1. Matéria Prima.....	39
2. Reagentes.....	39
3. Equipamentos e Aparelhos.....	39
B. Métodos Analíticos.....	40
1. Umidade.....	40
2. Proteína.....	41
3. Lipídios.....	41
4. Cinzas.....	41
5. Fibra Bruta.....	41
6. Açúcares Totais.....	42
7. Açúcares Redutores.....	42
8. Carboídratos.....	43
9. Distribuição do Tamanho de Partícula.....	43
10. Viscosidade.....	43
11. Índice de Absorção de Água.....	44
12. Índice de Solubilidade em Água.....	45

	Página
C. Métodos Experimentais.....	46
1. Limpeza da Quirera.....	46
2. Produção da Farinha de Quirera.....	46
3. Condicionamento da unidade.....	47
4. Extrusão.....	48
4.1. Desenho Experimental.....	48
4.2. Testes de Extrusão.....	49
5. Secagem do Produto Extrudado.....	49
6. Moagem do Produto Extrudado.....	49
D. Preparação de Possíveis Formulações Básicas usando a Farinha de Quirera de Arroz Pré-gelatinizada	50
E. Métodos de Avaliação Sensorial.....	50
1. Ensaio de Aceitação.....	50
1.1. Preparo da Amostra.....	51
1.2. Apresentação da Amostra.....	51
1.3. Coleta da Informação.....	52
1.4. Avaliação dos Resultados.....	52
IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
A. Caracterização da Matéria Prima.....	53
1. Composição Química.....	53
2. Características Físicas.....	53
2.1. Granulometria.....	53
2.2. Viscosidade.....	56
2.3. Índices de Absorção e de Solubilidade em Água.....	56

B. Efeito da Granulometria da Matéria Prima sobre as características das Farinhas Extrudadas.....	58
1. Viscosidade.....	58
2. Índices de Absorção e de Solubilidade em Água.	61
3. Açúcares Totais e Redutores.....	61
C. Efeito da Granulometria da Matéria Prima sobre o Torque do Extrusor.....	65
D. Efeito da Umidade da Matéria Prima sobre as Características das Farinhas Extrudadas.....	67
1. Viscosidade.....	67
2. Índices de Absorção e de Solubilidade em Água.	69
3. Açúcares Totais e Redutores.....	78
E. Efeito da Temperatura de Extrusão sobre as Características das Farinhas Extrudadas.....	82
1. Viscosidade.....	82
2. Índices de Absorção e de Solubilidade em Água.	90
3. Açúcares Totais e Redutores.....	93
F. Efeito da Velocidade do Parafuso sobre as Características das Farinhas Extrudadas.....	98
1. Viscosidade.....	98
2. Índices de Absorção e de Solubilidade em Água.	106
3. Açúcares Totais e Redutores.....	106
G. Análise Estatística.....	113
1. Viscosidade Inicial.....	117

	Página
2. Viscosidade à Quente.....	117
3. Viscosidade à Frio.....	117
4. Índice de solubilidade em Água.....	120
5. Índice de Absorção de Água.....	120
6. Açúcares Totais.....	124
7. Açúcares Redutores.....	124
H. Usos Prováveis dos Produtos Extrudados.....	127
I. Ensaio de Aceitação.....	132
V. CONCLUSÕES.....	137
VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	139

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
1. Área cultivada, produção e rendimento de arroz em casca no Brasil.....	5
2. Porcentagem de proteína no arroz integral e suas frações.....	9
3. Composição de aminoácidos no arroz integral e suas frações.....	11
4. Composição de ácidos graxos no arroz integral e suas frações.....	13
5. Conteúdo de vitaminas no arroz integral e suas frações.....	17
6. Minerais presentes no arroz integral e suas frações..	19
7. Variáveis e níveis usados no desenho experimental....	48
8. Composição química da quirera de arroz.....	54
9. Distribuição do tamanho de partículas da quirera de arroz e de suas farinhas.....	55
10. Efeito da granulometria da matéria prima sobre as ca-	

racterísticas viscoamilográficas do produto extrudado	62
11. Efeito da granulometria da matéria prima sobre os índices de absorção e solubilidade em água.....	63
12. Efeito da granulometria da matéria prima sobre o teor de açúcares no produto extrudado.....	64
13. Efeito da granulometria da matéria prima sobre o torque do extrusor.....	66
14. Efeito da umidade da matéria prima sobre as características viscoamilográficas do produto extrudado - Velocidade do parafuso: 100 rpm.....	72
15. Efeito da umidade da matéria-prima sobre as características viscoamilográficas do produto extrudado - Velocidade do parafuso: 130 rpm.....	73
16. Efeito da umidade da matéria-prima sobre as características viscoamilográficas do produto extrudado - Velocidade do parafuso: 160 rpm.....	74
17. Efeito da umidade da matéria-prima sobre os índices de absorção e de solubilidade em água do produto extrudado - Velocidade do Parafuso: 100 rpm.....	75

18. Efeito da umidade da matéria-prima sobre os índices de absorção e de solubilidade em água do produto extrudado - Velocidade do parafuso: 130 rpm..... 76
19. Efeito da umidade da matéria-prima sobre os índices de absorção e de solubilidade em água do produto extrudado - Velocidade do parafuso: 160 rpm..... 77
20. Efeito da umidade da matéria-prima sobre o teor de açúcares no produto extrudado - Velocidade do parafuso: 100 rpm..... 79
21. Efeito da umidade da matéria-prima sobre o teor de açúcares no produto extrudado - Velocidade do parafuso: 130 rpm..... 80
22. Efeito da umidade da matéria-prima sobre o teor de açúcares no produto extrudado - Velocidade do parafuso: 160 rpm..... 81
23. Efeito da temperatura de extrusão sobre as características viscoamilográficas do produto extrudado - Velocidade do parafuso: 100 rpm..... 87
24. Efeito da temperatura de extrusão sobre as caracte-

rísticas viscoamilográficas do produto extrudado - <u>Ve</u> locidade do parafuso: 130 rpm.....	88
25. Efeito da temperatura de extrusão sobre as caracterís ticas viscoamilográficas do produto extrudado - <u>Ve</u> locidade do parafuso: 160 rpm.....	89
26. Efeito da temperatura de extrusão sobre os índices de absorção e de solubilidade em água do produto ex- trudado - Velocidade do parafuso: 100 rpm.....	91
27. Efeito da temperatura de extrusão sobre os índices de absorção e de solubilidade em água do produto ex- trudado - Velocidade do parafuso: 130 rpm.....	92
28. Efeito da temperatura de extrusão sobre os índices de absorção e de solubilidade em água do produto ex- trudado - Velocidade do parafuso: 160 rpm.....	94
29. Efeito da temperatura de extrusão sobre o teor de açúcares totais e redutores no produto extrudado - <u>Ve</u> locidade do parafuso: 100 rpm.....	95
30. Efeito da temperatura de extrusão sobre o teor de açúcares totais e redutores no produto extrudado - <u>Ve</u> locidade do parafuso: 130 rpm.....	96

31. Efeito da temperatura de extrusão sobre o teor de açúcares totais e redutores no produto extrudado - Velocidade do parafuso: 160 rpm.....	97
32. Efeito da velocidade do parafuso sobre as características viscoamilográficas do produto extrudado - Temperatura: 120°C.....	103
33. Efeito da velocidade do parafuso sobre as características viscoamilográficas do produto extrudado - Temperatura: 160°C.....	104
34. Efeito da velocidade do parafuso sobre as características viscoamilográficas do produto extrudado - Temperatura: 200°C.....	105
35. Efeito da velocidade do parafuso sobre os índices de absorção e de solubilidade em água do produto extrudado - Temperatura: 120°C.....	107
36. Efeito da velocidade do parafuso sobre os índices de absorção e de solubilidade em água do produto extrudado - Temperatura: 160°C.....	108
37. Efeito da velocidade do parafuso sobre os índices de absorção e de solubilidade em água do produto extru-	

Página

dado - Temperatura: 200°C.....	109
38. Efeito da velocidade do parafuso sobre o teor de açú cares do produto extrudado - Temperatura: 120°C.....	110
39. Efeito da velocidade do parafuso sobre o teor de açú cares do produto extrudado - Temperatura: 160°C.....	111
40. Efeito da velocidade do parafuso sobre o teor de açú cares do produto extrudado - Temperatura: 200°C.....	112
41. Valores dos parâmetros usados para avaliar o efeito da extrusão sobre a quirera de arroz.....	114
42. Análise de variância dos resultados da viscosidade inicial.....	118
43. Análise de variância dos resultados da viscosidade à quente.....	119
44. Análise de variância dos resultados da viscosidade à frio.....	121
45. Análise de variância dos resultados do índice de so- lubilidade em água dos produtos extrudados.....	122

46. Análise de variância dos resultados do índice de absorção em água dos produtos extrudados.....	123
47. Análise de variância dos resultados do teor de açúcares totais dos produtos extrudados.....	125
48. Análise de variância dos resultados do teor de açúcares redutores dos produtos extrudados.....	126
49. Distribuição média do tamanho de partícula das farinhas extrudadas.....	129
50. Composição da farinha para preparação do mingau.....	131
51. Composição da farinha para preparação de bebidas....	133
52. Índice de aceitação da bebida tipo "Milk Shake".....	134
53. Índice de aceitação do mingau.....	135

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
1. Produtos e sub-produtos do beneficiamento do arroz em casca.....	8
2. Comportamento viscoamilográfico da farinha de quirera de arroz.....	57
3. Efeito da granulometria da matéria-prima sobre as características viscoamilográficas do produto extrudado Temperatura: 120°C.....	59
4. Efeito da granulometria da matéria-prima sobre as características viscoamilográficas do produto extrudado Temperatura: 200°C.....	60
5. Efeito da umidade da matéria-prima sobre as características viscoamilográficas do produto extrudado - Velocidade do parafuso: 100 rpm.....	68
6. Efeito da umidade da matéria-prima sobre as características viscoamilográficas do produto extrudado - Velocidade do parafuso: 130 rpm.....	70
7. Efeito da umidade da matéria-prima sobre as características viscoamilográficas do produto extrudado - Velocidade do parafuso: 160 rpm.....	71

8. Efeito da temperatura de extrusão sobre as caracterís- ticas viscoamilográficas do produto extrudado - Velo- cidade do parafuso: 100 rpm.....	83
9. Efeito da temperatura de extrusão sobre as caracterís- ticas viscoamilográficas do produto extrudado - Velo- cidade do parafuso: 130 rpm.....	84
10. Efeito da temperatura de extrusão sobre as caracterís- ticas viscoamilográficas do produto extrudado - Velo- cidade do parafuso: 160 rpm.....	85
11. Efeito da velocidade do parafuso sobre as caracterís- ticas viscoamilográficas do produto extrudado - Tempe- ratura: 120°C.....	99
12. Efeito da velocidade do parafuso sobre as caracterís- ticas viscoamilográficas do produto extrudado - Tempe- ratura: 160°C.....	100
13. Efeito da velocidade do parafuso sobre as caracterís- ticas viscoamilográficas do produto extrudado - Tempe- ratura: 200°C.....	101

RESUMO

Neste trabalho foi estudada a influência do tamanho das partículas, da temperatura de extrusão, da umidade da farinha crua, e da velocidade do parafuso, sobre as propriedades da farinha de quirera de arroz. Cada variável foi experimentada a três níveis, de acordo com um desenho experimental do tipo fatorial.

A influência das variáveis antes mencionadas sobre as farinhas extrudadas, foi avaliada através do teste de viscosidade Brabender (viscosidades inicial, à quente e à frio), índices de absorção e de solubilidade em água e açúcares totais e redutores.

A partir da quirera de arroz, foram preparadas três farinhas: uma contendo 92% das partículas com tamanhos entre 0,21 e 1,20 mm, obtida pela moagem em moinho de martelo, outra contendo 68% das partículas entre 0,15 e 0,29 mm produzida na unidade de quebra do moinho de rolos Brabender e uma terceira com 78% das partículas entre 0,10 e 0,20 mm. Os ensaios mostraram que esses tamanhos de partículas não produzem grandes mudanças nas características funcionais da farinha extrudada.

A análise de variância indicou que exceto a viscosidade inicial e o índice de absorção de água, os outros parâmetros foram altamente significativos em relação à umidade da farinha crua. Foram observados maiores valores das viscosidades e dos açú

cares às umidades mais altas, enquanto que o índice de solubilidade em água mostrou uma relação inversa.

As análises estatísticas indicaram que não houve mudanças significativas no teor de açúcares (totais e redutores) e no índice de absorção de água relacionados com as variações da temperatura de extrusão. Por outro lado, essa variável influenciou diretamente na viscosidade inicial e no índice de solubilidade em água e inversamente nas viscosidades a quente e a frio.

Os viscoamilogramas indicaram maior gelatinização às temperaturas mais altas.

A velocidade do parafuso não causou variações significativas nos parâmetros usados na caracterização dos produtos.

Foram identificados três grupos de farinhas extrudadas com diferentes propriedades funcionais, um grupo de baixa gelatinização produzido a baixa temperatura de extrusão e alta umidade; outro de alta gelatinização, extrudado a alta temperatura e umidade e um terceiro, de alta modificação processado a alta temperatura (200°C) e baixa umidade (15%).

As farinhas processadas a 200°C foram usadas para a formulação de pudins, mingaus e bebidas tipo "Milk Shake". Com os dois últimos produtos foi realizado um ensaio de aceitação com escolares e crianças em idade pré-escolar.

SUMMARY

In this research we studied the influence of particle size, flour moisture, screw velocity and extrusion temperature on the functional properties of flour from broken rice called "quirera". Every parameter was tested at three levels, according to a factorial experimental design.

The influence of the parameters mentioned above on the extruded flour was evaluated by the measurement of the Brabender test of viscosity (initial, hot and cold viscosities), water absorption index, water solubility and total and reducing sugars.

Three types of grits were prepared from the original "quirera": a sample containing 92% of particles between 0.21 to 1.20 mm obtained by a hammer mill, another sample containing 68% of particles between 0.15 to 0.29 mm obtained by a Brabender brake roll mill and a third one with 78% between 0.10 to 0.20 mm. Tests showed that the particle size did not produce major changes in the functional characteristics of the extruded flour.

Variance analysis indicated that, except for initial viscosity and water absorption, the other parameters were highly significant related to moisture of raw flour. High values of the viscosities and sugars were observed at higher moisture, but water solubility index showed an inverse relation.

Statistical analysis did not indicate significant change of sugar content (total and reducing) and water absorption index when the extrusion temperature was changed. Nevertheless, this parameter influenced the initial viscosity and the water solubility index directly and the hot and cold viscosities inversely.

Viscoamilograms indicated high gelatinization at higher temperatures.

Screw velocity did not cause significant changes in the parameters used for product characterization.

Three groups of extruded flour with different functional properties were identified: one group of low gelatinization produced at low extrusion temperature and high moisture, another of high gelatinization, extruded at high temperature and moisture, and a third one of higher modifications processed at higher temperature (200°C) and lower moisture (15%).

Flours processed at 200°C were used for the formulation of puddings, porridge and beverages like milk shakes. These products were tested by sensorial analysis in pre-school and school children.

I. INTRODUÇÃO

A alimentação da população mundial é baseada principalmente no uso de cereais os quais proporcionam a maior parte de suas necessidades nutricionais. Dos cereais, o arroz e o trigo são economicamente os mais importantes, por suas altas produções, enquanto que socialmente, a importância do arroz é muito maior do que a produção, já que esse cereal constitui o alimento básico de 54% dos seres vivos no mundo (20).

Para o consumo, o arroz necessita ser beneficiado retirando a casca que envolve a parte comestível do grão e as camadas externas, que embora sejam ricas nutricionalmente, reduzem o tempo de prateleira e a aparência do produto. Durante esse beneficiamento o grão de arroz sofre quebras, gerando várias frações, entre elas a denominada quirera, que constitui cerca de 5% do arroz em casca. Esta quirera, é principalmente usada pela indústria de cervejaria e para alimentação animal (20).

Nutricionalmente, a quirera de arroz é semelhante ao arroz inteiro polido, possivelmente com um nível ligeiramente maior de proteína, lipídios, vitaminas e minerais, devido a que esta fração contém as pontas do grão com pequenas

quantidades de germen, assim como recebe menor polimento.

Essas características nutricionais, além do hábito de consumo de arroz, fazem desejável a incorporação direta deste sub-produto na alimentação humana. Uma alternativa para atingir esse propósito é a preparação de farinhas pré-gelatinizadas que possam ser usadas na formulação de outros produtos alimentícios.

Industrialmente, a produção de farinhas pré-gelatinizadas tem sido realizada por tratamentos hidrotérmicos, por secagem em rolos, e mais recentemente, por extrusão. Este último processo tem-se mostrado muito versátil, permitindo que com ligeiras modificações, no equipamento básico e/ou nas condições de operação, possam ser obtidos vários produtos a partir de uma mesma matéria prima.

Entre os usos potenciais das farinhas pré-cozidas podem-se mencionar a preparação de pudins, sopas, recheios para tortas e doces, como espessante de sucos, alimentos infantis, bebidas frias e quentes.

Este trabalho teve como objetivos experimentar várias condições de extrusão, para produzir farinhas pré-gelatinizadas de quirera de arroz, caracterizar esses produtos e apresentar possíveis usos dessa farinha.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A. Aspectos Agrícolas

A cultura do arroz (Oryza sativa L.) é uma das mais importantes a nível mundial, tendo sido considerada como a principal fonte da alimentação humana (1). Acredita-se que a origem deste cereal, tenha sido o sudeste da Ásia, mais especificamente a zona leste da Índia, Indochina e o Sul da China. O número certo de espécies do género Oriza não é conhecida, mas os principais pesquisadores concordam que existem aproximadamente trinta espécies cultiváveis (2).

1. Produção

De acordo com as estatísticas do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), a produção mundial de arroz em 1982 foi de 418,4 milhões de toneladas de arroz em casca (8).

A cultura de arroz no Brasil, encontra-se difundida por todo o país, entretanto a maior produção nacional está concentrada principalmente nas regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste. Nos últimos cinco anos, 70-75% do arroz brasileiro foi produzido nos estados do Rio Grande do Sul, Maranhão, Goiás, Mato Grosso e Minas Gerais, sendo aproximadamente 60% dessa produção sob condições de sequeiro (9, 23).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e o Instituto de Economia Agrícola (IEA), a cultura do arroz mostrou um aumento de produção da ordem de 30% no período 1978 - 1982, como pode ser observado na Tabela 1. Paralelamente, ocorreu um incremento na área plantada e um aumento na produtividade devido ao uso de sementes de melhores variedades além de ter ocorrido melhores condições climáticas (9).

2. Cultivares

Um dos principais problemas da Orizicultura Brasileira está relacionado com as sementes. Apesar da existência de cerca de 100 cultivares, entre tradicionais e melhorados, faltam ainda quantidades suficientes de sementes selecionadas para o atendimento das necessidades de cada estado. Por outro lado, existem ainda problemas de qualidade no que diz respeito à pureza e ao poder germinativo da semente (23). O Centro Nacional de Pesquisa - Arroz, Feijão (CNPAF) fez um levantamento preliminar dos cultivares melhorados e não melhorados, apresentando o seguinte relação

a) Cultivares melhorados: IAC 1246, IAC 47, CNA 752026, CNA 752021, CNA 752025, IAC 1131, DAWN, Suvale-1, SML 467, Agulha ESAV 36, IR 22, BR 1, IR 841, IAC 435, CICA 4, IR 8, IAC 25, IAC 5544, IAC 899, IAC 164, IAC 120, IAC 841, CNA 75221, CNA 75225, Apura, Aconi, A - 19, Texas Patna, IAC 165 ,

TABELA 1

Área cultivada, produção e rendimento de arroz em casca no Brasil (7, 9)

ANO	ÁREA (1.000 ha)	PRODUÇÃO (1.000 t)	RENDIMENTO (kg/ha)
1978	5.623,5	7.296,1	1.297
1979	5.452,1	7.595,2	1.393
1980	6.237,7	9.769,1	1.566
1981	6.066,6	8.260,5	1.362
1982	6.004,9	9.716,8	1.618

CICA 9, EEPG 369, EEPG 569, IAC 5128, Filipinas, BR 2, Rexoro, Bluebelle, BRIRGA 409, EEA 406, EEA 407, IRGA 408, Labelle, Lebonnet, Belle Patna, EEA 404, EEPG 369, IR 165, SML 565.

b) Cultivares tradicionais: Meruim, Canário, Canela de Ferro, Agulha, Pandore, Dourado, Prata, De Abril, Paga Dívidas, Skirivimankote, Bico Ganga, Fernandes, Dourado Precoce, Preto, Iguape, Pratao, Quatro Meses, Pratao Precoce, Vermelho Comum, Come Cru, Cutião Vermelho, Zebu, Lajeado, Palha Murcha, Sete Semanas, Amarelão, Matão, Mineirão, Zebu Branco, Chatão, Branção, Jaguary, Bico Preto, Amarelinho, Agulha Dourado, Leonel, Descanso, Três Potes, Vermelhão, Barbalha, Amarelão Precoce, Ligeiro, Bico Torto, Agulhão Ligeiro, Bata, Tupinambá, Batatais e Cana Roxa (23).

Além do levantamento, o CNPAF, através do Programa Nacional de Pesquisa de Arroz, tem testado uma série de sementes para determinar as mais resistentes às estiagens, doenças, fertilidade do solo, afim de selecionar e recomendar as variedades mais adequadas a cada região, dependendo das características de clima, solo, etc., para melhorar a produtividade desta cultura (23).

B. Aspectos Nutricionais do Arroz

O grão de arroz é dentre os cereais o menos estudado. ele está formado por uma parte comestível (cariopse), que é coberta por outra denominada casca. A composição do grão de arroz varia dependendo da variedade e do meio ambiente no qual foi desenvolvido (26).

O grão de arroz sem casca (integral) é formado pelo pericárpio (1-2%), aleurona e testa (4-6%), gérmen (2-3%) e endosperma (89-94%) (26). Durante o beneficiamento do arroz são removidas a casca e as camadas externas do arroz integral, obtendo-se os produtos e sub-produtos indicados na Figura 1. Os sub-produtos resultantes, especialmente, o farelo, são ricos em proteínas, lipídios e açúcares livres (39).

1. Proteína

Como já foi dito, a composição do arroz varia segundo a variedade e o meio ambiente, ocasionando variações nos dados encontrados pelos pesquisadores. JULIANO (26) fez uma compilação de dados da composição do arroz integral e suas frações, e dessa compilação foram extraídas as informações apresentadas na Tabela 2. Nessa tabela observa-se que o maior teor de proteína se encontra nos sub-produtos do beneficiamento do arroz.

FIGURA 1

Produtos e sub-produtos do beneficiamento do arroz em casca (20)

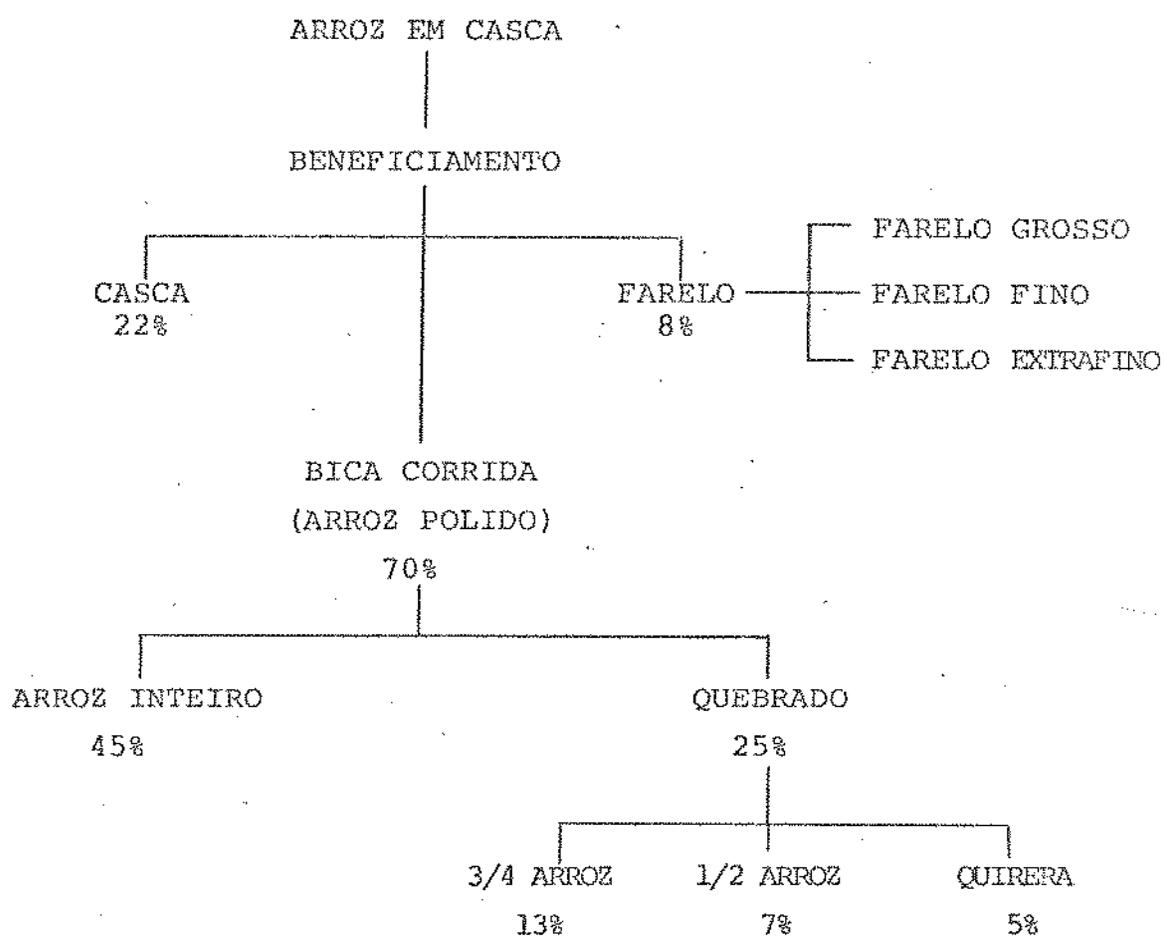


TABELA 2

Porcentagem de proteínas no arroz integral e suas frações (26)

ARROZ INTEGRAL	ARROZ POLIDO	FARELO	GÉRMEN	FARELO EXTRAFINO	REFERÊNCIAS (26)
7,6 - 10,4	6,9 - 9,6				CHANCEL
7,2 - 10,8	6,5 - 9,6				HIROHATA et al
7,3 - 15,4	6,5 - 13,3				JULIANO et al
7,1 - 13,1					LIN et al
		13,1 - 15,2	18,4 - 22,0	12,8 - 16,4	LEONZIO
		16,2 - 17,2	19,2 - 26,4	14,4 - 15,8	PRIMO et al

Proteína N x 6,25 base seca (b.s.)

O teor de proteínas do arroz quando comparado com outros cereais, é inferior. No entanto, suas proteínas possuem um melhor balanço de aminoácidos essenciais, principalmente com relação ao teor de lisina, que é maior do que nos demais (2).

Já que a composição em aminoácidos no arroz depende da variedade, provavelmente existem cultivares, com altos teores de lisina para um mesmo nível de proteína (41).

Na Tabela 3 observa-se que todos os sub-produtos do beneficiamento do arroz possuem maior nível de lisina e menor de ácido glutâmico do que o arroz polido, sugerindo que as proteínas da camada de aleurona e do gérmen têm um alto teor de lisina e baixo teor de ácido glutâmico, quando comparada com as do endosperma amiláceo (26).

O valor nutricional das proteínas do arroz e seus sub-produtos tem sido medido por vários pesquisadores usando a relação de eficiência protéica (PER). A níveis normais de proteína o PER varia entre 1,73 a 1,93 para o arroz integral; 1,38 a 2,56 para o arroz polido; 1,61 a 1,92 para o farelo; 2,59 para o gérmen e 1,84 a 1,88 para o farelo extrafino (26).

O arroz de alto teor de proteína apresenta vantagens nutricionais as quais foram verificadas por CLARK et al (26), estudando o balanço de nitrogênio em pessoas. Esses

TABELA 3

Composição de aminoácidos no arroz integral e suas frações²
(g/16,8 g nitrogênio) (26)

AMINOÁCIDO	BALDI ¹ ARROZ		CHANCEL ¹ ARROZ		RONDA L.E. & SOTO R.E. ¹	
	Integral	Polido	Integral	Polido	Farelo	Extrato
Alanina	5,3 - 6,5	5,1 - 6,0	5,5 - 6,1	5,3 - 6,5	7,1	5,5 - 6,0
Arginina	7,4 - 9,3	7,2 - 8,0	5,8 - 9,4	8,4 - 9,5	5,1	6,6 - 7,2
Ac. Aspártico	8,9 - 9,5	8,6 - 9,7	9,0 - 9,7	8,7 - 9,5	9,6	9,5 - 9,4
Cistina	1,6 - 2,4	1,9 - 2,4	1,9 - 2,5	2,2 - 2,5	1,2	1,2 - 1,3
Ac. Glutâmico	16,5 - 19,4	18,3 - 19,8	17,9 - 19,4	17,8 - 20,6	16,8	15,3 - 17,2
Glicina	4,3 - 4,7	4,0 - 4,3	4,6 - 5,0	4,4 - 4,8	4,1	4,5 - 4,6
Histidina	2,0 - 2,5	1,8 - 2,2	2,5 - 2,6	2,2 - 2,6	1,4	1,6 - 1,6
Isoleucina	3,4 - 4,0	3,7 - 4,2	4,1 - 4,4	4,0 - 4,5	4,9	3,7 - 4,5
Leucina	6,5 - 8,5	7,8 - 8,8	8,0 - 9,0	8,3 - 9,0	9,2	8,1 - 8,3
Lisina	3,2 - 3,9	2,6 - 3,3	3,6 - 3,9	3,4 - 3,6	4,3	4,5 - 4,4
Metionina	1,5 - 2,1	1,9 - 2,2	1,4 - 1,9	1,2 - 1,7	2,7	3,0 - 2,6
Fenilalanina	5,1 - 5,7	4,8 - 5,6	5,2 - 5,7	5,2 - 5,7	6,1	5,2 - 6,7
Prolina	4,1 - 4,6	3,9 - 4,7	4,4 - 4,8	4,3 - 4,7	5,2	8,1 - 5,9
Serina	4,6 - 5,2	3,6 - 5,0	4,9 - 5,4	5,0 - 5,4	5,2	5,2 - 4,8
Treonina	3,1 - 3,9	2,8 - 3,4	3,5 - 3,8	3,4 - 3,6	3,3	3,7 - 3,8
Triptofano	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1,4	1,5 - 1,5
Tirosina	3,0 - 4,4	1,6 - 4,5	4,9 - 5,3	4,8 - 5,6	5,0	4,9 - 6,0
Valina	4,0 - 6,2	5,6 - 6,1	6,0 - 6,4	5,8 - 6,6	5,6	5,5 - 5,7

1. Dados coletados de diversas fontes na revisão de Juliano (26)

2. Por cromatografia em coluna

pesquisadores usaram amostras de arroz com teor de proteína de 14,5% e 7,9% num teste com sete indivíduos adultos e concluíram que há maior retenção de nitrogênio quando são alimentados com arroz de teor de proteína mais elevado.

2. Lipídios

De acordo com as informações levantadas por JULIANO (26), dependendo da variedade, o teor de gordura do arroz integral varia entre 0,6 e 4,0% e para o arroz polido de 0,2 a 2,7%. A quase totalidade dos lipídios encontra-se nas camadas externas do grão de arroz integral e no germen, o qual possui entre 25-30% dos lipídios totais do cereal.

Segundo LUGAY (32) e JULIANO (26), a composição em ácidos graxos dos lipídios do arroz integral e de suas frações é semelhante; isto foi demonstrado pela semelhança entre os valores dos parâmetros característicos dos lipídios. Os principais ácidos graxos presentes no arroz são o oléico, o linoléico e o palmítico, como se pode observar na Tabela 4. Também tem sido mencionados os ácidos miristoleico, lignocérico e os araquidônicos tri-insaturados (31, 32).

A fração de fosfolipídios varia de 3 a 12% do total dos lipídios do arroz polido. Essa fração possui maior quantidade de ácido palmítico que a fração de gordura neutra, tanto

TABELA 4

Composição de ácidos graxos no arroz integral e suas frações (26, 32)

(% em peso dos ácidos graxos totais)

ÁCIDO GRAXO	ARROZ INTEGRAL %	ARROZ POLIDO %	FARELOS %
Láurico	0	0,1	Traço
Mirístico	1,0	0,9	0,2 - 0,5
Palmitico	27,5	24,0	16,9 - 20,5
Palmitoléico	Traço	0,1	0,1 - 0,4
Esteárico	2,0	2,5	1,1 - 1,8
Oléico	43,0	29,6	37,1 - 45,0
Linoléico	25,1	41,2	33,5 - 40,7
Linolénico	1,0	1,1	0,5 - 1,4
Aracídico	0,2	0,4	0,1 - 0,7

no arroz integral como no arroz polido (26).

3. Carboidratos

O principal carboidrato presente no grão do arroz é o amido, o qual se encontra principalmente no endosperma do arroz integral e constitui mais de 90% do peso do arroz polido(26).

FRAZER et. al. (21) determinaram a composição dos carboidratos do arroz integral e do polido, indicando para o integral um conteúdo de 84% de amido; 1,2% de pentosanas; 0,7% de açúcares e 0,9% de fibra bruta. Para o polido, mencionaram 88 a 90% de amido; 0,3 a 0,6% de pentosanas; 0 a 0,6% de açúcares e 0,2 a 0,5% de fibra bruta.

O segundo componente importante no arroz integral é a hemicelulose, encontrada principalmente nos farelos e germen, e em menor proporção no arroz polido (26).

Poucos trabalhos tem sido feitos para caracterizar a hemicelulose do grão do arroz. CARTANO e JULIANO (14) isolaram e caracterizaram a hemicelulose dos farelos e do arroz polido; eles acharam que a primeira fração era composta de 0,1% de hemicelulose solúvel em água e 1% extraível com álcali, enquanto o arroz polido tinha 0,02% e 0,1%, respectivamente. A hemicelulose solúvel em água possui arabinose e xilose numa relação de 1,8:1,0; assim como também galactose e proteína.No arroz

polido, a hemicelulose solúvel em água, além dos produtos antes mencionados, contém glucose e uma pequena fração de protefina.

A hemicelulose do farelo solúvel em álcali é formada por 37% de arabinose, 34% de xilose, 11% de galactose, 8% de proteína, 9% de ácido urônico e traços de glucose. A do arroz polido, contém 25% de arabinose, 23% xilose, 8% de galactose, 23% de glucose, 14% de proteína e 7% de ácido urônico (14).

A celulose do arroz integral encontra-se distribuída no farelo (62%), no gérmen (4%), no farelo extrafino (7%) e no arroz polido (27%) (26).

Quanto aos açúcares, o arroz integral contém de 0,83 a 1,36% de açúcares totais, expressos como glucose, dos quais 0,09 a 0,13% correspondem a açúcares redutores. No arroz polido, 0,37 a 0,53% são açúcares totais, e 0,05 a 0,08% são redutores. Os açúcares redutores quase na sua totalidade correspondem a glucose, com traços de frutose. O principal açúcar não redutor é sacarose, com traços de rafinose.

Outro carboidrato importante nos cereais é a fitina, sendo que no arroz ela se encontra sob a forma de sais de fósforo. Cerca de 80% do fósforo contido no arroz integral e 40% no polido, esta combinado com a fitina. A porcentagem média de fitina no arroz integral se situa em torno de 0,2%, sendo que

somente 0,04 a 0,06% se encontra no arroz polido, ao passo que a mistura farelo-gêrmen contém 2,2 a 2,6% e o gêrmen puro 0,8% (26).

4. Vitaminas

No grão do arroz as vitaminas encontram-se em maior proporção nas camadas de aleurona e do gêrmen; isto indica que o teor de vitaminas do arroz integral é geralmente maior que o do polido. Alguns resultados da determinação de vitaminas no arroz integral e suas frações são apresentadas na Tabela 5.

Tem sido estimado que 65% da tiamina do arroz integral está no farelo, 13% no farelo extrafino e 22% no arroz polido; assim como 39% da riboflavina está no farelo, 8% no farelo extrafino e 53% no arroz polido. A distribuição da niacina é de 54% no farelo, 13% no farelo extrafino e 33% no arroz polido. No processo de beneficiamento do arroz perde-se cerca de 76,3 % da tiamina, 56,6% da riboflavina e 63% da niacina que poderiam ser consumidas na alimentação humana (26).

5. Minerais

A quantidade de minerais presentes no grão de arroz depende da composição do solo usado no cultivo do cereal e os dados apresentados por diferentes pesquisadores variam segundo

TABELA 5

Conteúdo de vitaminas no arroz integral e suas frações (26) (mg/g material b.s.)

VITAMINA	INTEGRAL	POLIDO	FARELO	GÉRMEN	FARELO EXTRAFINO
A (carotenos)	0,13	Traços	4,2	1,3	0,95
Tiamina	2,4 - 4,5	0,40-1,26	18-24 ¹	45,3	16-30
Riboflavina	0,35 - 0,86	0,11-0,37	2,0-3,4 ¹	3,6	1,4-3,4
Niacina	48 - 62	10-22	241-236 ¹	15,2	228-334
Piridoxina	9,4 - 11,2	0,37-6,2	10,3	15,2	9,6
Ac. Pantotênico	14,6 - 18,6	6,3-7,7	45,0	13,2	26,0
Biotina	0,11 - 0,13	0,034-0,06	0,16	0,26	0,14
Inositol	1.220	100;125	9.270	6.400	4.280
Colina	1.080	713	1.279	2.031	1.134
Ac. Aminobenzóico	0,30	0,14;0,16	0,75 ¹	1,0	0,73
Ac. Fólico	0,60	0,055-0,076	1,35	1,65	0,98
B ₁₂	0,0005	0,0016	0,005	0,0105	0,003
E (Tocoferóis)	13,1	Traços	149,2	87,3	69,2

1. Inclui o germen

o método empregado na determinação desses elementos.

Encontra-se na literatura que 51% das cinzas do arroz integral estão presentes no farelo, 10% no gérmen, 11% no farelo extrafino e 28% no arroz polido; essa distribuição foi também observada para o ferro, fósforo e potássio. No entanto, outros minerais como o sódio e o cálcio, estão presentes no arroz polido em cerca de 63 e 74% do conteúdo no arroz integral (26).

Alguns dados dos minerais presentes no arroz integral e suas frações podem ser observadas na Tabela 6. Ainda que os dados da tabela sejam de diferentes pesquisadores, pode-se perceber que o arroz integral contém maior quantidade de minerais com relação ao arroz polido, indicando maior concentração de minerais nas camadas externas do grão (26); isto foi também comprovado por DOSTHALE (18).

C. Beneficiamento do Arroz

O arroz é um cereal que não pode ser utilizado diretamente no consumo humano, uma vez que precisa de uma transformação física, para convertê-lo em produto aceitável para alimentação.

TABELA 6

Minerais presentes no arroz integral e suas frações² (26) (mg/g de material b.s.)

MINERAL	INTEGRAL	POLIDO	FARELO ¹	GÉRME	FARELO EXTRAFINO
Alumínio	n.d.	0,73-7,23	53,5-369	n.d.	n.d.
Cálcio	135-213	73-185	510-780	250-480	90;160
Cloro	203-275	163-239	510-970	1.520	n.d.
Ferro	26-46	3,3-3,6	140-316	110;130	102
Magnésio	379-1.170	239-374	9,770-12,300	6,020;15,270	5,680-7,590
Manganês	13-42	9,9-13,6	406-877	120;140	65
Fósforo	2.520-3,830	1.110-1.850	24.760-28,680	17,100	17,700
Potássio	1.240-2.470	577-1.170	17.700-22,700	3.850;6.610	9.500;11.100
Silício	280-1900	107-180	12.200-16.300	560-1.900	560-1.200
Sódio	31-69	22-51	0	240;740	65-210
Zinco	15-22	12-21	80	100;300	50;80

1. Incluindo o gérmen e o farelo extrafino

2. Dados coletados de diversas fontes por Juliano (26).

1. Processamento

O processo de beneficiamento do arroz tem como finalidade retirar a casca e parte ou todo o farelo, para fornecer ao consumidor um produto total ou parcialmente polido. Esse processo varia na sua complexidade segundo o país produtor, encontrando-se desde simples métodos manuais até sistemas sofisticados que procuram obter um produto com um mínimo de grãos quebrados e livre de sementes e materiais estranhos (53).

No processo é importante minimizar a quantidade de grãos quebrados para evitar a perda de valor comercial do produto, uma vez que os grãos quebrados tem um valor comercial de cerca de 50% menor e às vezes até mais, em relação ao grão inteiro.

O processo de beneficiamento do arroz abrange quatro operações básicas que são realizadas em qualquer indústria processadora de arroz: a) Limpeza do arroz em casca; b) Remoção da casca; c) Remoção do farelo e/ou polimento, e d) Classificação ou separação por tamanhos do arroz polido. A primeira operação tem a finalidade de retirar todas as impurezas presentes na matéria prima e é realizada em quatro etapas; inicialmente é retirada a palha e matérias similares num equipamento que possui um cilindro móvel, com pás, que retira essas impurezas. A seguir o produto vai para um separador horizontal que classifica

o material de acordo com o diâmetro das partículas, obtendo-se uma fração grossa que é descartada; uma intermediária correspondente ao produto, e uma menor, considerada como sub-produto (53).

A etapa seguinte é a separação de sementes diferentes do arroz, realizada num separador de discos; esta é considerada como uma das etapas mais importantes do processo, já que a quantidade de sementes estranhas presentes no produto, participa na determinação da qualidade do produto final (53).

A segunda operação é a remoção da casca a qual se realiza num equipamento desenhado especificamente para arroz, consistindo de um par de rolos de borracha que giram em sentido contrário e a velocidades diferentes. A pressão entre os rolos é regulada pneumáticamente e pode ser ajustada às condições requeridas para cada variedade de arroz, para evitar que uma pressão excessiva ocasione um aumento de grãos quebrados. A eficiência mínima esperada na remoção da casca é de aproximadamente 92% (53).

A casca é separada do arroz integral por aspiradores que aproveitam a menor densidade da casca, ficando uma mistura de arroz em casca e arroz integral que é separada por um separador gravimétrico. A seguir são separadas as partículas pequenas produzidas pela quebra do grão, sub-produto conhecido como arroz de cervejaria; a finalidade da separação é manter um pro

duto de tamanho similar que possa ser polido de maneira uniforme (53).

A operação seguinte, consiste no polimento o qual é efetuado numa máquina polidora, considerada a mais crítica no beneficiamento do arroz, uma vez que uma calibração deficiente também pode aumentar a quantidade de grãos quebrados. Fluxos de material acima dos recomendados pelos fabricantes do equipamento, resultam num aumento excessivo da quantidade de grãos quebrados no produto (53).

Tem-se demonstrado experimentalmente que o processamento do arroz integral, em atmosfera de umidade relativa equivalente à umidade de equilíbrio do arroz, minimiza a quebra do grão (50).

A quebra do grão também pode ser minimizada pelo emprego de várias unidades de equipamentos polidores, reduzindo a pressão exercida sobre o grão em cada máquina.

A última operação, é a classificação do arroz polido, realizada inicialmente por peneiragem, para separar as partículas menores que o grão de arroz; e depois pela separação dos grãos inteiros, dos grãos quebrados e de tamanho médio. Essa separação, geralmente é realizada num separador de disco, complementada com separadores cilíndricos de funcionamento similar ao separador de disco, onde são produzidos mais dois sub-

-produtos denominados arroz "três quartos" e "meio arroz" (53).

2. Produtos e Sub-produtos

Em termos gerais, o principal produto do beneficiamento do arroz é o arroz polido, formado por grãos inteiros polidos, grãos quebrados compridos (arroz 3/4) e grãos partidos de tamanho médio (meio-arroz), misturados em diferentes proporções para dar produtos de determinada qualidade. Nos Estados Unidos classifica-se esse produto em sete categorias permitindo desde 4 até 50% de grãos quebrados (52). Um segundo produto é o arroz integral, mas de menor importância, porque o volume comercializado é bem menor que o de arroz polido.

Entre os sub-produtos do beneficiamento do arroz, tem-se a casca, o farelo, o farelo extrafino e a quirera. Não são considerados como sub-produtos as frações dos grãos partidos que podem ser misturados com os grãos inteiros para dar um determinado produto comercial.

A casca tem sido pouco usada, ainda que bastante esforços sejam feitos para encontrar usos adequados desse sub-produto pois corresponde a cerca de 20% do grão. Atualmente a casca é usada em alimentação animal, como fertilizante, em currais de animais e aves, ou como material isolante (2).

O farelo é geralmente usado na alimentação animal e na

extração de óleo comestível. HOUSTON (25) considera que este sub-produto está sendo sub-utilizado, tendo em vista a quantidade e qualidade dos nutrientes nele presente. Já o farelo extrafino, a exemplo do farelo, é rico em nutrientes, sendo usado, principalmente, na alimentação animal e em menor proporção em alimentos infantis e dietéticos (2). Por último a quirera, usada pelas cervejarias como fonte de carboidratos, e também pela indústria de ração animal.

D. Farinhas e Amidos Pré-gelatinizados

As farinhas de arroz são produtos quase desconhecidos pelo consumidor, porque sua produção não segue um padrão convencional de moagem, embora sejam produzidos para suprir as necessidades de alguns consumidores. A farinha de arroz encontra aplicação nas indústrias de alimentos infantis, alimentos instantâneos ou para desjejum, em produtos cárneos, na separação de biscoitos pré-formados não cozidos, na formulação de bolachas, biscoitos, panificação e outros.

Na opinião de DEOBALD (17), a chave para o crescimento do mercado de farinha de arroz, está no desenvolvimento de farinhas que tenham melhores propriedades funcionais para produtos específicos tradicionais ou em desenvolvimento. Mesmo produtores como pesquisadores de novos produtos, tem reconhecido que a ampla diversidade de composição e propriedades das fa

rinhas de arroz, sugerem usos potenciais adicionais.

As farinhas pré-cozidas de arroz produzidas comercialmente, são preparadas pela moagem de arroz parboilizado ou de arroz de cocção rápida, para serem usadas pela indústria de carnes. Devido a seu sabor suave, alta absorção de água e textura, essas farinhas podem apresentar muitos outros usos (17).

1. Modificações Químicas

Entre os principais produtos resultantes das modificações químicas encontram-se: os amidos modificados por ácidos, os amidos oxidados, fosfatados, cruzados, hidroxietilados e acetilados. Os amidos modificados com substituição relativamente baixa, têm características apropriadas para aplicação na moderna tecnologia de alimentos, não encontradas nos amidos naturais (45).

De acordo com resultados de testes biológicos e toxicológicos, os amidos modificados por ácidos, os amidos oxidados, fosfatados e cruzados por epiclorhidrina ou por um derivado de fósforo, foram declarados isentos de toxicidade, podendo serem utilizados em alimentos (45).

2. Modificações Físicas

As modificações físicas dos amidos podem ser classificadas segundo o equipamento ou meio usado na obtenção do produto, em três grupos: hidrotérmicas, por secadores de rolos, e por extrusão. Além destes, há outros métodos que são considerados antieconômicos, como os que utilizam secadores "spray", ou de camada de espuma.

2.1. Processo Hidrotérmico

Várias propriedades físicas do amido, especialmente dos amidos de raízes e tubérculos, são modificados pelo calor em meio aquoso. Tais propriedades são: a temperatura de gelatinização, transparência, índice de difração e características da pasta.

Uma farinha pré-gelatinizada pelo processo hidrotérmico, pode ser obtida através do aquecimento de uma suspensão de amido numa autoclave até temperaturas entre 95 e 110°C, durante um período de tempo que pode variar de 2 a 18 horas, mantendo a umidade relativa em 100% e com secagem posterior do produto a pressão atmosférica (46).

SAIR e FETZER (45), obtiveram um produto semelhante ao amido de milho por tratamento hidrotérmico de amido de batata. A observação microscópica do grânulo de amido não mostrou

mudanças na birrefringência, mas a temperatura de gelatinização sofreu um aumento de 5 a 10°C e o índice de difração de raios x mudou de tipo B para A, assim como outras propriedades.

Segundo SAIR (47), os amidos de raízes tratados hidrotérmicamente exibem propriedades físicas semelhantes a dos cereais, sem experimentar nenhuma degradação química.

LYNN e ARDERSON (33) patentearam um processo para elaborar farinha modificada por gelatinização total ou parcial do arroz por cozimento em excesso de água, a diferentes tempos, lavagem posterior com água, secagem e moagem. Esses autores sugerem esta patente para a produção de uma farinha pré-gelatinizada sob condições controladas de gelatinização do arroz, uma vez que esse produto poderá ter propriedades e textura adequadas para alimentos infantis ou alimentos para desjejum.

KULP e LORENZ (28) avaliaram os efeitos do tratamento hidrotérmico de amidos de trigo e batata, visando o emprego em produtos de panificação e estabelecer alguma relação entre mudanças físicas dos grânulos de amido. Eles acharam que os dois amidos são afetados nas propriedades físico-químicas, tais como a temperatura de gelatinização, capacidade de absorção de água, e susceptibilidade enzimática. Também apresentam diminuição na consistência viscoamilográfica e no poder de inchamento com o aumento do teor de umidade durante o tratamento. Os mesmos autores (29), continuando o trabalho anterior, mostraram

que a qualidade do amido de trigo pré-gelatinizado, obtido para uso em produtos de panificação, é inferior ao de batata. O volume do pão foi inferior e a granulosidade mais aberta. O amido de batata melhora o volume, textura e granulosidade do pão, no entanto, a qualidade do produto foi sempre inferior à obtida pela adição de amido de trigo não tratado.

2.2. Secador de Rolos

O sistema de secagem por rolos para a produção de amidos e farinhas pré-gelatinizadas, ainda que apresentando alguns problemas, é o processo mais usado comercialmente até o momento. Esse sistema tem a vantagem de permitir ampla variação nas características dos materiais e pode ser operado minimizando o atrito mecânico (48).

Do ponto de vista operacional, o secador de rolos é bastante sensível. Pequenas variações nas condições originam grandes modificações no produto. Os custos de operação e manutenção geralmente são considerados altos com relação ao volume de produção (4).

Entre as maiores desvantagens dos secadores de rolos está a ineficiência de transferência de calor, uma vez que as estruturas de ferro ou aço não transmitem o calor de forma rápida até a superfície, o que impede que se trabalhe a uma maior velocidade de rotação do rolo. Além desse fato, a formação de

um filme de condensado na superfície interna do rolo ou de gases não condensáveis, baixam rapidamente a eficiência térmica, em parte pela formação de áreas de ferrugens e de incrustações que ocasionam zonas de menor aquecimento na superfície, impedindo a secagem do produto. Vários trabalhos têm sido desenvolvidos para superar esse inconveniente, tais como o aumento da área interna de transmissão de calor, por arranjos da estrutura para manter o vapor em contato com as áreas livres de condensados, por mudanças no sistema de transmissão de calor, usando tubos para o transporte do vapor e óleo entre os tubos e a estrutura do rolo (44).

Os amidos pré-gelatinizados por secador de rolos, mostram menor poder espessante e menor tendência a retrogradação que as pastas dos amidos naturais, quando são colocados em água fria. Essas mudanças foram atribuídas à retrogradação do amido durante a secagem do filme de amido. A principal mudança que ocorre durante o processo de pré-gelatinização de amidos é a destruição dos grânulos hidratados, usualmente intensa, de acordo com os exames microscópicos (44).

As características do amido pré-gelatinizado, dependem das condições de operação. Por exemplo, quando o secador é ajustado para obter um filme grosso e denso, o produto final apresenta: uma forma cúbica grosseira, as partículas mostraram baixa velocidade de hidratação, viscosidades relativamente bai

xas em pasta fria e altas em pasta quente; as partículas tendem a dar pastas granuladas e ásperas que podem se tornar inaceitáveis para usos alimentícios. De modo inverso, numa secagem à maior velocidade, em filme fino, permite menor tempo para reassociação, o produto obtido é de baixa densidade, de rápida rehidratação, de alta viscosidade a frio e baixa a quente e a pasta adequadamente reconstituída é suave (9).

ANDERSON et al (4) compararam as farinhas e amidos de milho pré-gelatinizados por secador de rolos e por extrusão, encontrando que as propriedades dos produtos variam de um processo para outro e suas características dependem das condições de operação. Na gelatinização por rolos, o conteúdo de umidade, temperatura superficial do rolo, espaço entre os rolos, tamanho do grão e velocidade de rotação afetam as características do produto. Os índices de absorção de água e de solubilidade aumentam com o incremento do nível de umidade ou de temperatura superficial do rolo, até 300°F, enquanto que a consistência diminui. A um nível de umidade pré-determinada, a viscosidade da pasta diminui com os aumentos de temperatura até 300°F, ou seja, altas temperaturas produzem produtos de alta absorção de água e baixa viscosidade final da pasta (50°C). Esses autores concluíram que a pré-gelatinização por rolos pode ser melhor que a extrusão, para produtos com grande absorção de água e mínima solubilidade, e que esses produtos, podem ser usados como espessantes industriais.

2.3. Extrusão

A extrusão dos alimentos tem sido definida como um processo contínuo pelo qual o atrito mecânico é combinado com calor para gelatinizar amido e desnaturar proteína ao mesmo tempo plastificando-os e reestruturando-os para formar uma nova forma e textura. O processo é muito versátil, e com ligeiras modificações no equipamento básico e nas condições de operação, podem ser obtidos produtos variados. Com os mesmos ingredientes básicos é possível preparar diversos produtos com diferentes formas, texturas, sabores e aparências. Este processo também pode ser usado para o controle e inativação de fatores antinutricionais e enzimas, assim como para pasteurizar e esterilizar produtos alimentícios (19).

Nos últimos anos, um considerável número de trabalhos tem sido publicados, procurando conhecer com maior detalhe o processo de extrusão de alimentos, principalmente a influência das condições de operação do extrusor sobre as características do produto final (19).

ANDERSON et al (4) usando um extrusor de plásticos para gelatinizar grits de milho e tendo como variáveis o teor de umidade dos grits entre 10 e 35%, a temperatura da camisa do extrusor entre 220 e 450°F, a relação de compressão do parafuso de 1,5:1 e 3:1, e o uso ou não de matriz na saída do extrusor, acharam que a velocidade de alimentação também influencia as

características do produto. Além das variáveis de operação, a umidade da matéria prima influencia na absorção de água e na solubilidade do produto final. O índice de absorção apresenta um ponto máximo a 350°F de temperatura da camisa, entretanto o índice de solubilidade aumenta lentamente até cerca de 300°F, aumentando mais rapidamente a temperaturas mais elevadas. Para determinadas condições, a diminuição do teor de umidade resulta em menor índice de absorção de água e aumento de solubilidade.

MOTTERN et al (36) estudaram a extrusão de vários produtos e sub-produtos do beneficiamento do arroz num extrusor da National Rubber Machinery Company, detectando problemas na alimentação da farinha pela formação de pontes no alimentador do extrusor. Materiais mais grossos não apresentam problemas até umidades de 28%, indicando que o tamanho de partícula é um fator importante nas operações de extrusão. Quando se trabalha com arroz integral, polido inteiro ou quebrado, as características do produto final expandido não são uniformes e apresentam áreas sem gelatinizar. O produto extrudado possui características que permitem seu uso em bebidas frias ou quentes e para facilitar a suspensão de farinhas de sementes oleaginosas, dando produtos de alto nível calórico.

Um trabalho para avaliar os efeitos do processo de extrusão sobre farinha de trigo clorada, foi desenvolvido por PATON e SPRATT (42), estudando as temperaturas nas três zonas

do extrusor, a umidade da farinha e o tempo de residência. Segundo esses pesquisadores, o comportamento reológico da farinha clorada, é semelhante à do amido de trigo, enquanto que a farinha sem tratamento apresenta ligeira diferença com relação às anteriores; a viscosidade da farinha tratada é maior que a normal.

KIM e ROTTIER (27), usaram a microscopia eletrônica para estudar o efeito da temperatura de extrusão sobre o grânulo de amido de trigo; o grânulo de amido extrudado à 90°C mantém ainda sua estrutura original mas apresenta alguma deformação mecânica; a 125°C o grânulo se apresenta totalmente deformado, e quebrado mecanicamente.

O efeito da extrusão sobre a tiamina e riboflavina presentes no milho, foi estudado por BEETNER et al (5) num extrusor Brabender usando uma relação de compressão de 3:1, temperaturas de 300 e 380°F, umidade do grãos 13 e 16%, e velocidade do parafuso de 125 e 75 rpm; em média, a retenção de tiamina foi 54% e a de riboflavina 92%. A degradação da tiamina aumenta com a temperatura em cerca de 21% para cada 40°F, enquanto que para cada 25 rpm de aumento a retenção diminui de 15%. A riboflavina mostrou-se sensível à umidade, diminuindo 21% da retenção para cada 1,5% de aumento na umidade, assim como também à velocidade do parafuso, diminuindo 15% a retenção para cada aumento de 25 rpm. Aparentemente a umidade não tem efeito sobre a tiamina, assim como o calor sobre a riboflavina.

CHIANG e JOHNSON (16) pesquisaram alguns fatores importantes que afetam a gelatinização de amido durante a extrusão, como por exemplo o teor de umidade da matéria prima, a temperatura, a velocidade do parafuso e o tamanho da matriz. Foi usado um extrusor de laboratório Brabender, quatro níveis de umidade (18, 21, 24 e 27%), quatro temperaturas na última zona (65, 80, 95 e 110°C), quatro tamanhos de furo da matriz (2/16, 3/16, 4/16, 6/16 de polegada) e três velocidades do parafuso (60, 100, 140 rpm). A interação temperatura-umidade afeta significativamente a gelatinização do amido; aumentos de temperatura produzem maior gelatinização do amido quando a umidade está entre 18 e 27%; a umidade não tem influência na gelatinização às temperaturas de 65 e 85°C mas tem às temperaturas de 95 e 100°C. O incremento na velocidade do parafuso e no tamanho do furo da matriz diminui o grau de gelatinização. Registra-se ainda nesse trabalho, que a extrusão quebra as ligações α 1-4 do amido e dos malto-oligosacarídeos e as α 1-2 da sacarose e rafinose (16).

Um estudo das mudanças físicas e químicas que ocorrem na extrusão de amido de milho usando 16 variáveis do extrusor foi realizado por LAWTON et al (30). Os resultados foram analisados por um modelo matemático e determinaram que as variáveis importantes foram a umidade, temperaturas na matriz e na camisa, velocidade do parafuso e geometria do parafuso. As variáveis de maior influência foram a umidade e temperatura da ca

misa (30).

MERCIER e FEILLET (34), trabalharam para determinar a quantidade e estrutura dos carboidratos solúveis em água e em etanol-água, em vários produtos extrudados de grãos de milho e de amidos comerciais. Estes autores concluíram que a temperatura de extrusão, teor de umidade da matéria prima e o teor de amilose são parâmetros importantes e interrelacionados no processo de extrusão. Os amidos de cereais em geral, mostraram um máximo de expansão à temperatura de extrusão de 170-200°C; o amido foi solubilizado pelo tratamento sem formação de malto dextrinas; a quantidade de amido solúvel aumentou com o incremento da temperatura de extrusão e com a diminuição da umidade da matéria prima e diminuiu com o aumento do teor de amilose. Foi também observada uma relação entre a expansão do produto e o seu teor de amilose; assim como entre a quantidade de carboidratos solúveis em água e susceptibilidade à alfa amilase.

AGUILERA et al (3), avaliaram as propriedades funcionais e nutricionais de três misturas semelhantes em composição à CSM (corn-soybeans-milk) que continham um produto de soro PDD (Partially Demineralized Delactosed), que foram cozidos por rolos e por extrusão. Além de outros resultados, o processo de cocção por rolos ou extrusão reduz a quantidade de aminoácidos essenciais entretanto, o PER das misturas não difere significativamente da caseína ($p > 0,05$).

MERCIER et al (35), pesquisaram o efeito da temperatura de extrusão sobre o padrão de raios x do grânulo de amido de mandioca. Foi encontrado que a extrusão destrói completamente a estrutura do grânulo em todos os níveis de temperatura estudadas.

EL-DASH e GONZALES (19) mostraram o efeito do atrito mecânico na gelatinização do amido de milho; com o aumento do atrito o grau de gelatinização aumenta e a retrogradação diminui. Esses fatos foram atribuídos à destruição da estrutura do grânulo.

NOGUCHI et al (38) estudaram a obtenção de um produto alimentício texturizado de farinha de arroz e analisaram as mudanças físico-químicas que ocorreram nos produtos extrudados pelo processo de extrusão. Foi usado um extrusor Brabender com parafuso de taxa de compressão 1:1, temperatura de 25°C na primeira zona, de 200, 220, 240°C na segunda e na matriz; umidade da farinha de arroz de 20, 30 e 40% e velocidade do parafuso de 160 rpm. A melhor consistência e textura do extrudado foi obtida a 200°C; temperatura de 220°C foi insatisfatória para umidades de 30 ou 40%; com aumento da temperatura e diminuição da umidade obtém-se um produto mais crocante. A umidade de 20% parece ser a mais apropriada enquanto que a temperatura de 200°C é mais adequada, independentemente da umidade.

A caracterização dos produtos extrudados de milho a

vários teores de umidade, e a quantificação da extensão da de gradação do amido foi feita por GOMEZ e AGUILERA (22). A diminuição do teor de umidade resulta num aumento do índice de solubilidade, da susceptibilidade enzimática, do grau de gelatinização e do índice de iodo e na diminuição dos carboidratos insolúveis em água e do índice de absorção de água. A "dextrinização" parece ser o mecanismo predominante durante a degradação do amido por extrusão a baixa umidade e alto atrito mecânico.

E. Uso de Farinhas e Amidos Pré-gelatinizados na Indústria de Alimentos

O uso de amidos pré-gelatinizados tem aumentado tão rapidamente que seu recente desenvolvimento já está ficando esquecido. O amido pré-gelatinizado possui a propriedade comum de ser dispersível em água fria, mas as dispersões formadas dependem das características do amido natural.

As dispersões não são totalmente iguais às pastas preparadas imediatamente antes da secagem, uma vez que durante o processo de secagem ocorre a quebra de grânulos inchados, assim como alguma retrogradação. Por isto, deve-se usar um peso maior de amido pré-gelatinizado, que do natural, para obter uma determinada viscosidade (40).

O principal uso dos amidos pré-gelatinizados na indús

tria de alimentos é nos pudins instantâneos, que consistem em misturas de amidos pré-gelatinizados com açúcar, flavorizantes e alguns sais que produzem bastante viscosidade no leite para conseguir suspender o amido até sua hidratação (10, 40).

Outros usos importantes são: em recheios de tortas e doces, já que o creme pode ser preparado na mesma forma que os pudins; em tortas de frutas, onde geralmente é usado um amido cruzado; como espessante de sucos sem aquecimento para suspender a polpa de fruta sem perda do sabor; na preparação de tortas congeladas de frutas, onde a cocção antes do congelamento é eliminada pelo emprego do amido pré-gelatinizado (40).

MOTTERN et al (36) testaram um produto extrudado de arroz na preparação de bebidas frias e quentes com resultados aparentemente bons.

Por outro lado, vários pesquisadores tem indicado processos de pré-cocção de cereais, especificamente para arroz, pela secagem de uma suspensão de farinha em água num secador atmosférico de dois rolos. Os produtos são empregados como alimentos infantis, sendo que cada processador possui sua própria formulação, quase sempre sob proteção de uma patente de fabricação (11).

III. MATERIAIS E MÉTODOS

A. Materiais

1. Matéria Prima

A matéria prima usada neste trabalho foi quílerera de arroz comercial, obtida no mercado de cereais da cidade de Campinas, sem identificação específica de variedade, época de colheita ou procedência do produto.

2. Reagentes

Os reagentes usados nas análises da matéria prima e dos produtos, foram do grau de pureza exigido pelos métodos analíticos.

3. Equipamentos e Aparelhos

No desenvolvimento do trabalho experimental foram empregados os seguintes equipamentos e aparelhos:

- Moinho de Rolos, marca BRABENDER, modelo Quadrumat Senior.
- Moinho de Martelos, marca TIGRE, tipo CV2, potência 0,75 C.V., 3.800 rpm.

- Extrusor de Laboratório, marca BRABENDER, modelo GNF 1014/2, com parafuso de taxa de compressão 3:1, matriz de 4 mm de diâmetro e alimentador vertical.
- Misturador Planetarimixer P600s, marca BRABENDER, modelo 826801.
- Separador gravimétrico, marca BLASI, tipo GS 500.
- Estufa de circulação forçada, marca FANEM, modelo 320/2, potência 1,012 KW.
- Determinador de umidade semiautomático, marca BRABENDER, tipo 890100.
- Viscoamilôgrafo, marca BRABENDER, tipo 801300.
- Centrífuga, marca FANEM, modelo 204-NR, potência 0,65 KW.
- Espectrofotômetro, marca MICRONAL B29511.
- Banho-maria com controle de temperatura, marca ETICA, modelo 521, potência 0,6 KW.
- Vidraria e outros equipamentos e aparelhos de uso comum nos laboratórios.

B. Métodos Analíticos

1. Umidade

A determinação da umidade da quirera de arroz foi feita usando o método AACC 44-15A (1), e para as farinhas cruas e

pré-cozidas usou-se o determinador de umidade BRABENDER à temperatura de 130°C durante uma hora.

2. Proteína

O teor de proteína foi calculado através da determinação do nitrogênio pelo método KJELDAHL, AACC 46-10 (1), usando-se o fator de 5,95 para a conversão.

3. Lipídios

Na determinação de lipídios empregou-se o método AACC 3020 (1), fazendo uma extração contínua com Hexano, num aparelho Soxhlet.

4. Cinzas

O teor de cinzas foi determinado pela calcinação da amostra a 550°C de acordo com o método AACC 08-01 (1).

5. Fibra Bruta

A determinação de fibra foi feita usando o método de VAN de KRAMER & VAN GINKEL (51), segundo o qual, 2,0 gramas de amostra desengordurada, são tratadas com 70,0 ml de ácido acético

co 70%, 2,0 gramas de ácido tricloroacético e 5,0 ml de ácido nítrico concentrado. O produto resultante é digerido durante 30 minutos à temperatura de ebulição e refluxo total, após do qual os resíduos são filtrados e lavados com água quente num cadinho previamente tarado; finalmente secados à 105°C durante 3-4 horas e pesados após o resfriamento em dessecador.

6. Açúcares Totais

Os açúcares totais foram determinados pelo método colorimétrico Fenol-Sulfúrico (24), no qual um amostra de 1,0 ml de solução aquosa contendo até 70 µg de açúcares é misturada com 1,0 ml de solução de Fenol 5,0%. A mistura é tratada com ácido sulfúrico 96,0%, aplicado diretamente sobre a superfície do líquido, agitando-se continuamente para se obter uma boa distribuição do calor. Depois de 10 minutos de repouso, os tubos são reagitados e colocados num banho de água a 25-30°C durante 20 minutos. As absorbâncias são lidas a 490 nm e o teor de açúcares totais determinado por comparação com uma curva padrão de sacarose.

7. Açúcares Redutores

Para os açúcares redutores usou-se o método colorimétrico de SOMOGYI-NELSON (37, 49), fazendo-se as leituras das

absorbâncias a 540 nm, calculando-se as quantidades de açúcares redutores por comparação com uma curva padrão de Glucose.

8. Carboidratos

O teor de carboidratos foi estimado por diferença.

9. Distribuição do Tamanho de Partícula

Nas amostras de quirera e de farinha foram realizados testes de granulometria para determinar a distribuição do tamanho de partícula, para o qual uma amostra de aproximadamente 100 gramas, foi colocada na peneira superior de um Prodotest, dotado de uma série de peneiras, previamente selecionadas, e agitada por 15 minutos. A distribuição do tamanho de partícula foi expresso como porcentagem de material retido em cada peneira.

10. Viscosidade

As viscosidades das farinhas de quirera de arroz crua e pré-cozida, foram determinadas num viscoamilógrafo BRABENDER. As amostras de farinha foram moídas num moinho BRABENDER Quadrumat Senior, através das unidades de quebra e redução para se obter uma distribuição do tamanho de partícula uniforme.

O viscoamilograma foi efetuado usando-se uma suspensão

de 50,0 gramas de farinha (base seca) em 450,0 ml de água destilada.

O teste foi programado à uma velocidade constante de rotação de 75 rpm, com temperatura inicial de 30,0°C, aumentando a temperatura de 1,5°C por minuto, durante a fase de aquecimento, até atingir a temperatura de 95,0°C. Esta temperatura foi mantida constante durante 20 minutos após o qual iniciou a fase de resfriamento à mesma velocidade de aquecimento até à temperatura de 55,0°C.

Para a interpretação do viscoamilograma foram usados os seguintes parâmetros:

- Viscosidade inicial: é o valor da viscosidade da suspensão em Unidades Amilográficas Brabender (U.A.), no início do ciclo de aquecimento, após 1 minuto de agitação a temperatura de 30,0°C.
- Viscosidade à quente: corresponde ao valor da viscosidade à temperatura de 95,0°C.
- Viscosidade à frio: é o valor da viscosidade no final da fase de resfriamento, ou seja, quando se atinge a temperatura de 55,0°C.

11. Índice de Absorção de Água (IAA)

Para a determinação do Índice de absorção de água foi

usada a metodologia descrita por ANDERSON et al (4), modificando a velocidade e o tempo de centrifugação.

O procedimento seguido foi o seguinte: uma amostra de 2,5 gramas de farinha, com distribuição do tamanho de partícula similar a usada no teste de viscosidade, foi suspensa em 30,0 ml de água destilada à 30°C, em tubo de centrífuga previamente pesado. A suspensão foi mantida a 30°C durante 30 minutos, sendo agitada intermitentemente nesse período de tempo; logo foi centrifugada a 1700 x g durante 15 minutos e o sobrenadante separado. O resíduo foi pesado para calcular o índice de absorção de água, expresso como gramas de água absorvida por grama de amostra em base seca.

12. Índice de Solubilidade em Água (ISA)

O cálculo do índice de solubilidade em água foi feito segundo o método de ANDERSON et al (4), usando o sobrenadante do IAA, o qual foi colocado numa placa de Petri tarada, para evaporar em estufa de circulação forçada de ar à 100°C, até peso constante. O ISA foi expresso como gramas de sólidos solúveis por 100,0 gramas de amostra em base seca.

C. Métodos Experimentais

1. Limpeza da quirera

A quirera de arroz comercial contém impurezas como palhas, sementes, pões, materiais estranhos, etc, os quais foram eliminados num separador gravimétrico.

2. Produção da farinha de quirera

Após a limpeza da quirera de arroz foram produzidas três farinhas com diferentes granulometrias, dependendo do equipamento utilizado para a moagem.

Uma primeira farinha foi obtida pela passagem da quirera por um moinho de martelos dotado de uma peneira com diâmetro de 1,5 milímetros. Esse produto foi denominado, farinha de martelos.

Uma segunda farinha foi produzida pela moagem da quirera, na unidade de quebra do moinho de rolos BRABENDER, enquanto que outra foi obtida pela passagem da farinha de quebra pela unidade de redução do mesmo moinho. Assim foram obtidas mais duas farinhas, uma de quebra e outra de redução.

3. Condicionamento da umidade

As farinhas antes da extrusão foram condicionadas a teores de umidade de: 15, 20 e 25 $\pm 0,5\%$, de acordo com o teste.

Esse condicionamento foi feito num misturador Planetarimixer, com capacidade aproximada de 1,0 kilograma de farinha, operando a 100 rpm por aproximadamente 15 minutos.

4. Extrusão

4.1. Desenho Experimental

O trabalho experimental de extrusão foi conduzido por um desenho do tipo exponencial, com quatro variáveis (distribuição do tamanho de partícula, teor de umidade da farinha, temperatura de extrusão e velocidade do parafuso) e três níveis para cada variável. Este tipo de desenho daria para este caso, um total de 81 experiências que combinariam todas as possíveis interações das variáveis.

A análise dos resultados foi realizada pelo sistema de blocos confundidos, utilizando como resíduo a parte não confundida das interações múltiplas.

Na Tabela 7 se apresentam as variáveis a serem estudadas, assim como os níveis testados.

TABELA 7

Variáveis e níveis usados no desenho experimental

VARIÁVEIS	NÍVEIS		
	-1	0	1
Granulometria ¹	R	Q	M
Temperatura °C	120	160	200
Umidade %	15	20	25
Velocidade do Parafuso rpm	100	130	160

1. R: Farinha de redução

Q: Farinha de quebra

M: Farinha de martelos

4.2. Testes de extrusão

Os testes de extrusão foram caracterizados pela manutenção da velocidade de alimentação constante de aproximadamente 80,0 gramas de farinha em base seca por minuto, uma taxa de compressão de 3:1, uma matriz circular de 4 milímetros de diâmetro, temperatura de 70°C na primeira zona do extrusor para o teste do primeiro nível de temperatura (-1) e de 100°C para os outros dois níveis (0 e 1). Na segunda zona do extrusor, as temperaturas foram mantidas 30°C abaixo da temperatura de extrusão para os testes realizados com o segundo e terceiro nível de temperatura e de 20°C a menos para o caso do primeiro nível.

5. Secagem do Produto Extrudado

Após a extrusão, as amostras foram colocadas numa estufa de circulação forçada de ar, com temperatura de aproximadamente 50°C e deixada durante a noite.

6. Moagem do produto extrudado

A obtenção da farinha pré-cozida de quirera de arroz foi feita pela moagem das amostras extrudadas e secas, fazendo-as passar inicialmente por um moinho de martelos com peneira de abertura de 1,5 milímetros de diâmetro e depois pelas duas unidades do moinho de rolos BRABENDER, quebra e redução, para obter uma

farinha na qual aproximadamente 90% das partículas foram menores que 0,2 milímetros.

D. Preparação de Possíveis Formulações Básicas usando a Farinha de Quirera de Arroz Pré-gelatinizado

As amostras de farinha de quirera de arroz pré-gelatinizado que apresentaram características funcionais diferentes, foram usadas na preparação de formulações básicas de produtos instantâneos, para provável utilização na alimentação infantil.

Para essa preparação foram usados como referência produtos comerciais, cujo componente básico fosse um cereal pré-gelatinizado. Não foi empregada nenhuma metodologia específica, simplesmente foram feitos ensaios tentativos variando as quantidades dos componentes, até conseguir as características desejadas no produto.

E. Métodos de Avaliação Sensorial

1. Ensaio de Aceitação

As formulações básicas, que foram consideradas como potencialmente adequadas, para alimentação infantil, foram submetidas a prova de aceitação em pequena escala.

A amostra de provadores foi formada por um número aproximado de 100 escolares, sem distinção de sexo, com idade entre 7 e 14 anos, para avaliar a bebida tipo "Milk Shake". Para o mingau, usou-se um grupo de aproximadamente 50 crianças com idade entre 3 e 6 anos (pré-escolares).

1.1. Preparação da Amostra

A preparação da bebida tipo "Milk Shake" foi realizada no laboratório, adicionando à mistura água fria previamente fervida, saborizando o produto com polpa de morango, e batendo por dois minutos em liquidificador semi-industrial. A fruta foi usada como saborizante, atendendo às recomendações de produtos para merenda escolar, existentes no Brasil.

O mingau foi preparado diretamente na escola, adicionando à mistura de arroz¹, leite, açúcar, água fervida quente, mexendo para homogeneizar e posteriormente batendo em liquidificador.

1.2. Apresentação da amostra

A bebida tipo "Milk Shake" foi apresentada aos provadores em canecas metálicas, em quantidade aproximada de 200 ml, a temperatura ambiente. O mingau foi servido em canecas plásticas, em menor quantidade de aproximadamente 100 ml, oferecido morno e com consistência apropriada.

1) Farinha Pré-gelatinizada

1.3. Coleta da Informação

A coleta da informação foi realizada numa ficha preparada para esse fim, no qual constavam os seguintes dados:

- a) Identificação do ensaio
- b) Data, hora, local
- c) Número de provadores, idade, sexo
- d) Resultados do ensaio
 - Quantidade do produto preparado
 - Quantidade do produto oferecido
 - Quantidade de sobras
- e) Observações

1.4. Avaliação dos resultados

Para a avaliação sensorial foi usado o índice de aceitação, o qual relaciona a quantidade de produto consumido com a quantidade de produto oferecido da seguinte maneira:

$$I.A. = \frac{100 (\text{Quantidade oferecida} - \text{Quantidade de sobras})}{\text{Quantidade oferecida}}$$

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos durante o desenvolvimento do trabalho experimental são apresentados e discutidos neste capítulo, seguindo a sequência em que foram realizadas as diversas atividades.

A. Caracterização da Matéria Prima

1. Composição Química

Os resultados da análise química da quirera de arroz são apresentados na Tabela 8. Os dados indicam que a composição química da quirera de arroz, usada como matéria-prima neste trabalho, encontra-se na faixa de valores apresentados na literatura para o arroz polido (15, 26).

2. Características Físicas

2.1. Granulometria

Como parte da caracterização da matéria prima, foi determinada a distribuição do tamanho de partícula, tanto da quirera de arroz limpa como das farinhas de quirera produzidas para os ensaios de extrusão. A Tabela 9 apresenta os resultados dessa determinação.

TABELA 8

Composição química da quirera de arroz

Componente	Porcentagem
Umidade	10,26
Proteína (b.s.) (N x 5,95)	9,11
Lipídios (b.s.)	1,11
Cinzas (b.s.)	0,59
Fibra Bruta (b.s.)	0,25
Açúcares Totais (b.s.) ²	0,72
Outros Carboidratos (b.s.) ¹	88,22

1 Calculados por diferença

2 Expressos como sacarose

TABELA 9

Distribuição do tamanho de partícula da quirera de arroz e de suas farinhas

Nº	PENEIRA DIÂMETRO (m m.)	QUIRERA ¹ %	FARINHAS ¹		
			REDUÇÃO	QUEBRA	MARTELOS
8	2,38	0,8	-	-	-
10	1,68	90,5	-	-	-
14	1,19	8,5	-	-	-
28	0,59	0,1	-	-	23,5
35	0,42	-	0,4	1,0	27,4
48	0,297	-	0,6	4,2	19,7
65	0,210	-	10,3	32,0	21,3
100	0,149	-	53,0	35,7	5,7
150	0,150	-	24,6	15,8	-
Fundo		0,1	11,1	11,3	2,4

(-) Não foi usada essa peneira

1. Média de três repetições

A análise granulométrica das farinhas mostrou que a farinha de martelos, caracterizou-se pela presença de partículas de tamanho compreendido entre aproximadamente 1,2 e 0,21 mm (92%). A de quebra apresentou aproximadamente 68% das partículas entre 0,29 e 0,15 mm, entretanto na farinha de redução, 78% das partículas distribuíram-se entre 0,2 e 0,1 mm.

2.2. Viscosidade

A Figura 2 mostra o comportamento viscoamilográfico da farinha de quirera de arroz. O viscoamilograma indica que a temperatura de pasta foi de aproximadamente 72°C, a viscosidade máxima 840 U.A., observada à temperatura de 90°C. Durante o período de temperatura constante a 95°C ocorreu uma queda de viscosidade de 600 para 440 U.A., enquanto que na fase de resfriamento houve aumento de viscosidade até 1740 U.A. à temperatura de 55°C.

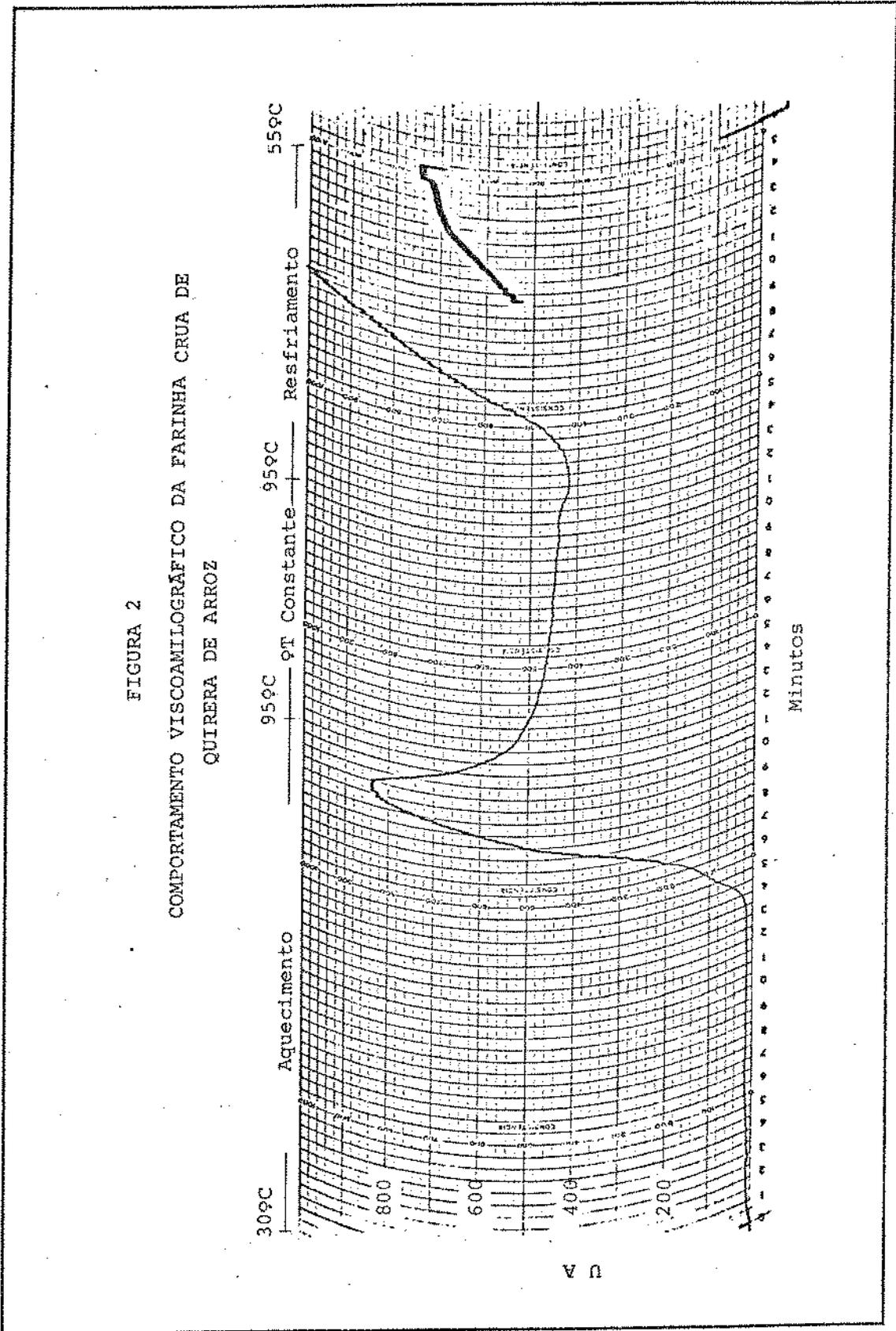
O comportamento da farinha de quirera de arroz, foi semelhante ao encontrado por CHANG (15) na farinha do arroz polido.

2.3. Índices de Absorção e de Solubilidade em Água

A farinha mostrou uma capacidade de absorver água de 1,4 vezes seu peso seco. Essa absorção pode-se considerar normal para uma farinha crua, na qual a quantidade de grânulos de amido danificados é baixa.

O índice de solubilidade foi de 2,22 gramas de mate-

FIGURA 2
COMPORTAMENTO VISCOMILOGRÁFICO DA FARINHA CRUA DE
QUIRERA DE ARROZ



rial solúvel por 100 gramas de amostra seca. Também está dentro do intervalo esperado para esse tipo de farinha (6).

B. Efeito da Granulometria da Matéria Prima sobre as Características das Farinhas Extrudadas

1. Viscosidade

Na Figura 3 apresentam-se os viscoamilogramas das farinhas de redução e martelos, extrudadas à temperatura de 120°C e velocidade do parafuso de 130 rpm. Observa-se que a 20 e 25% de umidade as duas farinhas comportaram-se praticamente iguais, com ligeira diferença, nos valores da viscosidade, entretanto a 25% de umidade a diferença desses valores foi ligeiramente superior.

O efeito da distribuição do tamanho das partículas das três farinhas sobre o comportamento viscoamilográfico é apresentado na Figura 4.

Assim como foi observado na Figura anterior, as três farinhas tiveram comportamento semelhante. Embora existam pequenas diferenças nos valores da viscosidade, essas diferenças não são observadas na prática, portanto, pode-se concluir que a distribuição do tamanho de partícula dentro dos limites estudados, não tem influência sobre as características viscoamilográficas do produto extrudado.

FIGURA 3

EFEITO DA GRANULOMETRIA DA MATERIA PRIMA SOBRE AS CARACTERÍSTICAS VISCOAMILÓGRAFICAS DO PRODUTO EXTRUDADO

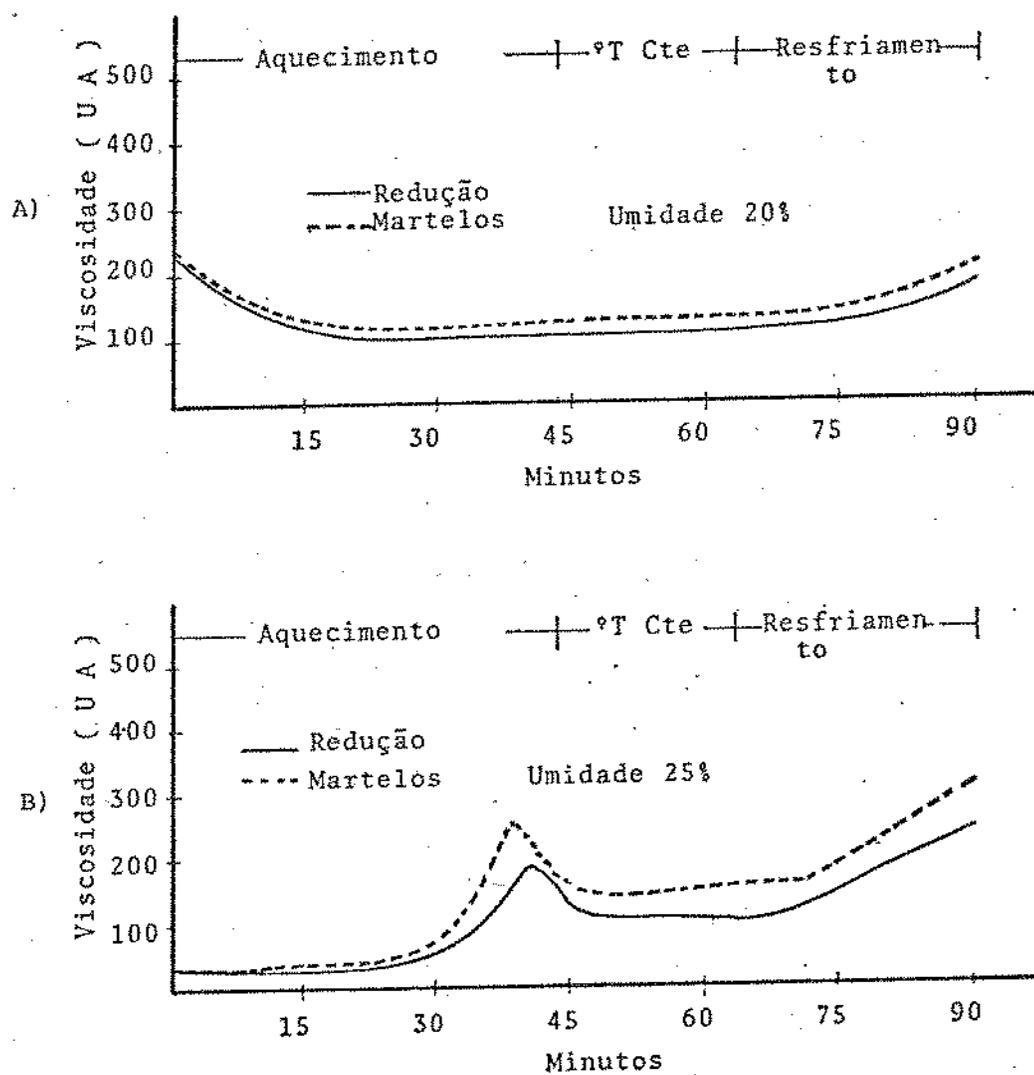
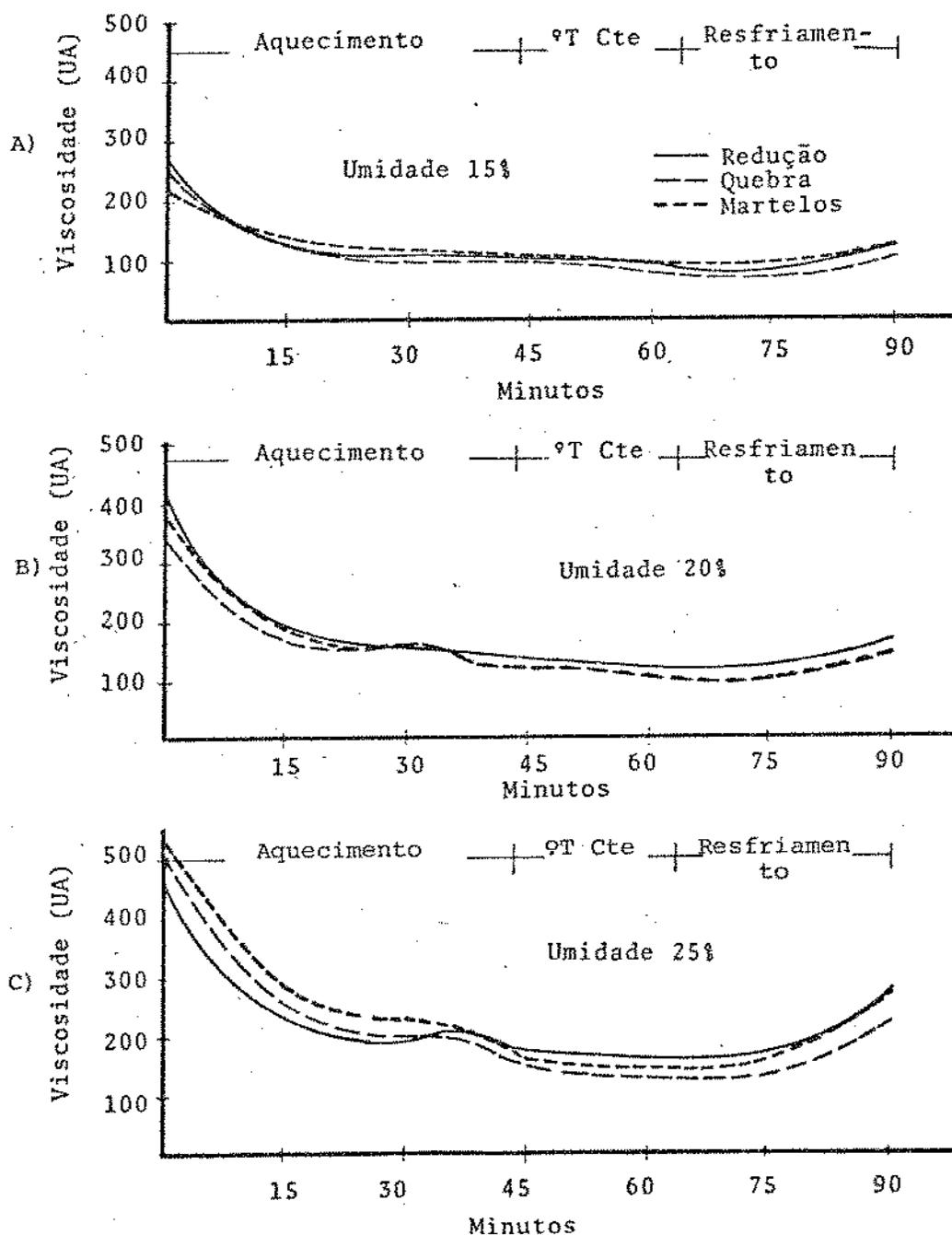
Velocidade do parafuso: 130 rpm
Temperatura : 120°C

FIGURA 4

EFEITO DA GRANULOMETRIA DA MATERIA PRIMA SOBRE AS CARACTERÍSTICAS VISCOAMILOGRÁFICAS DO PRODUTO EXTRUDADO

Velocidade do parafuso: 130 rpm

Temperatura: 200°C



Os parâmetros de viscosidade considerados como de maior interesse, neste trabalho, podem ser observados na Tabela 10.

2. Índices de Absorção e Solubilidade em Água

Os efeitos da distribuição do tamanho de partícula sobre os índices de absorção e solubilidade em água são apresentados na Tabela 11. Os resultados indicam que não houve uma tendência definida que possa permitir correlacionar o tamanho de partícula da matéria prima com os IAA e ISA do produto; pelo contrário, poder-se-ia afirmar que, dentro das condições ensaiadas, a granulometria da farinha crua não tem incidência sobre esses índices.

3. Açúcares Totais e Redutores

A Tabela 12 mostra os resultados do teor de açúcares totais e redutores nos produtos extrudados. Enquanto que, a granulometria pareceu não incidir no teor de açúcares totais, nos açúcares redutores, apresentou-se um aumento quando o tamanho de partícula cresceu. Essa observação ficou mais evidente na medida em que aumentava a umidade da matéria prima.

TABELA 10

Efeito da granulometria da matéria-prima sobre as características viscoamilográficas do produto extrudado

Velocidade do parafuso: 130 rpm

G	U %	T °C	VISCOSIDADE (U.A.)		
			INICIAL	QUENTE	FRIO
R	15	120	*	*	*
M	15	120	*	*	*
R	20	120	235	110	175
M	20	120	240	130	205
R	25	120	35	145	245
M	25	120	30	180	315
R	15	200	270	100	120
Q	15	200	255	95	95
M	15	200	240	110	115
R	20	200	420	135	165
Q	20	200	345	120	140
M	20	200	380	120	140
R	25	200	470	180	280
Q	25	200	510	155	220
M	25	200	530	160	280

G: Granulometria

U: Umidade

T: Temperatura

R: Farinha de Redução

Q: Farinha de Quebra

M: Farinha de Martelos

* As condições de operação não permitiram a realização do ensaio no extrusor usado.

TABELA 11

Efeito da granulometria da matéria prima sobre os índices de absorção e de solubilidade em água do produto extrudado

Velocidade do parafuso: 130 rpm

G	U %	T °C	IAA ²		ISA ²	
			$\frac{\text{g água}}{\text{g amostra}}$ (b.s.)	C.V. ¹	$\frac{\text{g solúveis}}{100 \text{ g amostra}}$ (b.s.)	C.V. ¹
R	15	120	*		*	
M	15	120	*		*	
R	20	120	5,52	9,4	8,97	1,7
M	20	120	5,94	5,2	7,99	9,1
R	25	120	5,13	5,0	4,27	6,3
M	25	120	5,18	4,8	4,22	3,5
R	15	200	5,95	5,0	12,02	4,1
Q	15	200	6,54	4,4	11,72	7,6
M	15	200	5,86	13,3	13,08	3,8
R	20	200	6,25	7,2	8,98	3,7
Q	20	200	5,31	4,9	10,16	7,9
M	20	200	6,42	8,2	9,96	0,9
R	25	200	6,14	9,3	7,67	6,4
Q	25	200	6,88	3,9	7,45	8,8
M	25	200	6,93	6,9	7,62	3,5

G: Granulometria

U: Umidade

T: Temperatura

R: Farinha de Redução

Q: Farinha de Quebra

M: Farinha de Martelos

* As condições de operação não permitiram a realização do ensaio no Extrusor usado

1. Coeficiente de variação

2. Média de três determinações

TABELA 12

Efeito da granulometria da matéria prima sobre o teor de açúcares no produto extrudado

Velocidade do parafuso: 130 rpm

G	U %	T °C	AÇÚCARES (mg/100g amostra b.s.) ³			
			TOTAIS ²	C.V. ¹	REDUTORES ²	C.V. ¹
R	15	120	*	*	*	*
M	15	120	*	*	*	*
R	20	120	805	4,3	144	12,5
M	20	120	750	0,8	127	3,1
R	25	120	441	12,9	53	1,9
M	25	120	653	9,0	72	5,5
R	15	200	714	1,5	77	7,8
Q	15	200	664	8,3	92	11,9
M	15	200	650	5,7	81	3,7
R	20	200	703	7,1	104	6,7
Q	20	200	727	6,3	121	1,6
M	20	200	693	6,3	149	18,8
R	25	200	724	3,2	148	1,3
Q	25	200	724	15,0	235	1,7
M	25	200	977	2,0	357	2,8

G: Granulometria

R: Farinha de Redução

U: Umidade

Q: Farinha de Quebra

T: Temperatura

M: Farinha de Martelos

*. As condições de operação não permitiram a realização do ensaio no extrusor usado

1. Coeficiente de variação

2. Média de três repetições

3. Açúcares totais expressos como sacarose e redutores como glicose

C. Efeito da Granulometria da Matéria Prima sobre o Torque do Extrusor

O torque é a medida do trabalho mecânico necessário para que o material possa se movimentar dentro do extrusor. A Tabela 13 apresenta o efeito da distribuição do tamanho de partícula sobre o torque.

Os dados indicam que a farinha de quebra apresentou menor resistência ao fluxo (menor torque), enquanto que para as outras duas farinhas, a umidade parece ser mais importante que a granulometria.

Considerando os resultados apresentados anteriormente, considerou-se que as diferenças encontradas nos parâmetros usados para medir o efeito da distribuição do tamanho de partícula, não eram suficientemente grandes, para justificar a inclusão dos três níveis de granulometria nos demais ensaios programados.

Para avaliar os efeitos da temperatura de extrusão, umidade da matéria prima e velocidade do parafuso foram usadas amostras de farinha de martelos, que eventualmente seria técnica e economicamente mais fácil de obter na indústria.

TABELA 13

Efeito da granulometria da matéria prima sobre o torque do extrusor

Velocidade do parafuso: 130 rpm

G	U	T	TORQUE grama-metro
R	20	120	3480
M	20	120	4240
R	25	120	2700
M	25	120	2800
R	15	200	2300
Q	15	200	1560
M	15	200	2400
R	20	200	1760
Q	20	200	1280
M	20	200	1300
R	25	200	1800
Q	25	200	1140
M	25	200	1260

G: Granulometria

U: Umidade

T: Temperatura

R: Farinha de Redução

Q: Farinha de Quebra

M: Farinha de Martelos

D. Efeito da Umidade da Matéria Prima sobre as Características das Farinhas Extrudadas

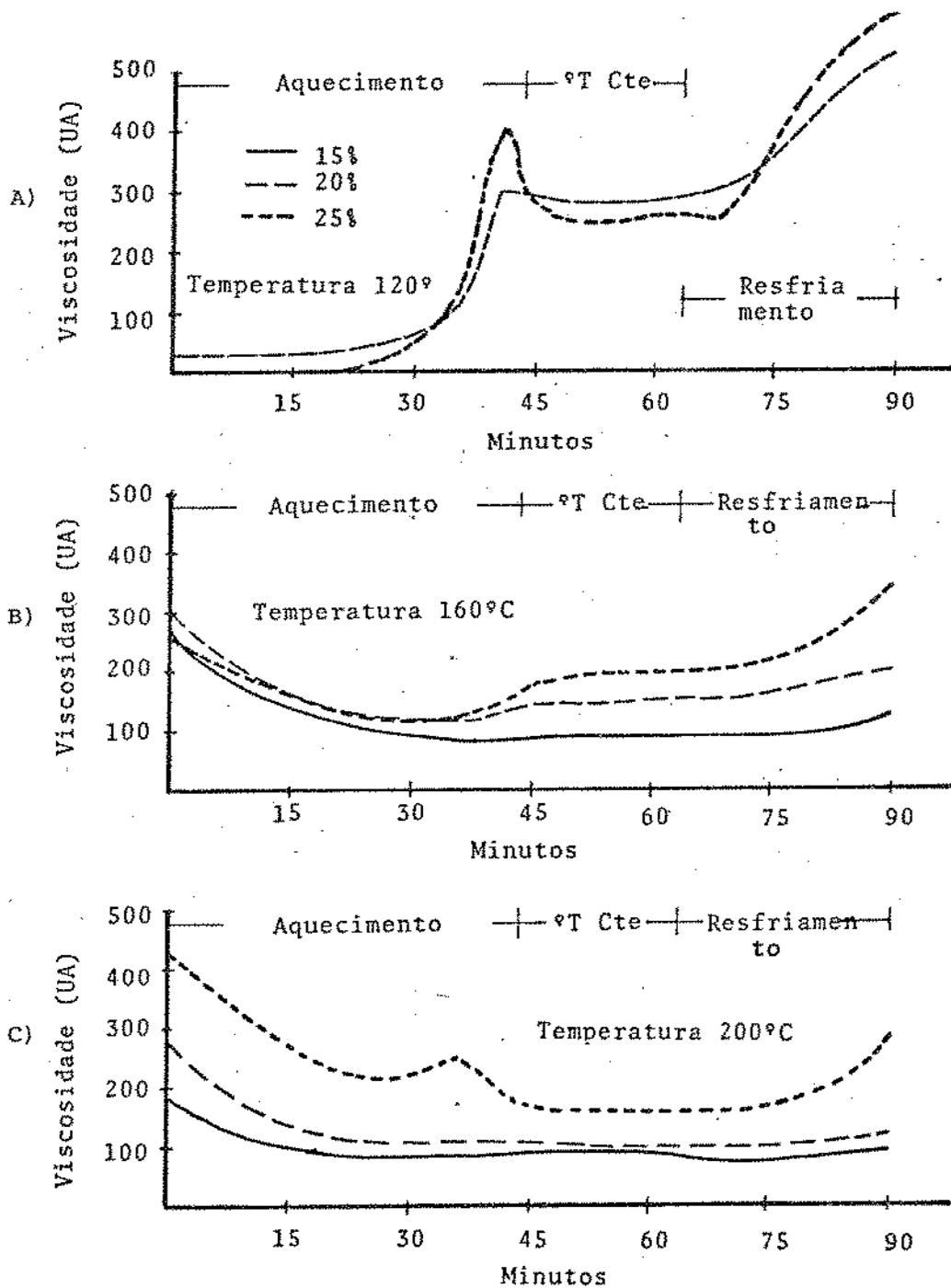
1. Viscosidade

A Figura 5 apresenta o comportamento viscoamilográfico de três farinhas condicionadas a 15, 20 e 25% de umidade e extrudadas a velocidade de 100 rpm. A Figura 5A, corresponde a temperatura de extrusão de 120°C. Observa-se que a 25% de umidade, aparentemente não houve modificação da farinha, entretanto comparando-a com o viscoamilograma da farinha crua (ver Fig. 2, p 57), nota-se uma diminuição das temperaturas de pasta e de viscosidade máxima, assim como também das viscosidades máxima e a 55°C, indicando alguma modificação da farinha. A 20% de umidade pode-se observar uma ligeira pré-cocção, sugerindo que nessa temperatura de extrusão, o grau de pré-cocção é o inverso ao teor de umidade da matéria prima.

As Figuras 5B e 5C, mostram os viscoamilogramas das farinhas extrudadas a 160°C e 200°C. O comportamento dessas amostras, confirmam que houve maiores modificações das farinhas, quando a umidade foi menor.

Os resultados anteriores estão de acordo com os encontrados por ANDERSON et al (4), MERCIER e FEILLET (34), GOMEZ e AGUILERA (22) para a extrusão de produtos de milho, mas diferem

FIGURA 5
EFEITO DA UMIDADE DA MATERIA PRIMA SOBRE AS CARACTERÍSTICAS VISCOAMILOGRÁFICAS DO PRODUTO EXTRUDADO
Velocidade do parafuso: 100 rpm



dos resultados de CHIANG e JOHNSON (16) para a extrusão de farinha de trigo.

As Figuras 6 e 7 correspondem aos viscoamilogramas das amostras extrudadas à 130 e 160 rpm de velocidade do parafuso. Observa-se que, independentemente da velocidade, houve maior modificação na farinha com a diminuição do teor de umidade.

Os valores dos parâmetros usados para avaliar as características viscoamilográficas das farinhas extrudadas, estão apresentados nas Tabelas 14, 15 e 16. De acordo com esses resultados, a umidade da matéria prima teve influência sobre a viscosidade inicial somente nos produtos extrudados à 200°C. Nas viscosidades a quente e a frio houve uma correlação positiva com o aumento da umidade.

Essa correlação positiva das viscosidades a quente e a frio sugerem que com o aumento da umidade há uma menor danificação do grânulo de amido.

2. Índices de Absorção e de Solubilidade em Água

Os resultados do IAA e do ISA apresentam-se nas Tabelas 17, 18 e 19. Os cálculos do índice de absorção de água das farinhas extrudadas, mostraram que não existe correlação entre esse índice e o teor de umidade da farinha antes da extrusão, independentemente das outras condições de extrusão.

FIGURA 6

EFEITO DA UMIDADE DA MATERIA PRIMA SOBRE AS CARACTERÍSTICAS VISCOAMILÓGRAFICAS DO PRODUTO EXTRUDADO
Velocidade do parafuso: 130 rpm

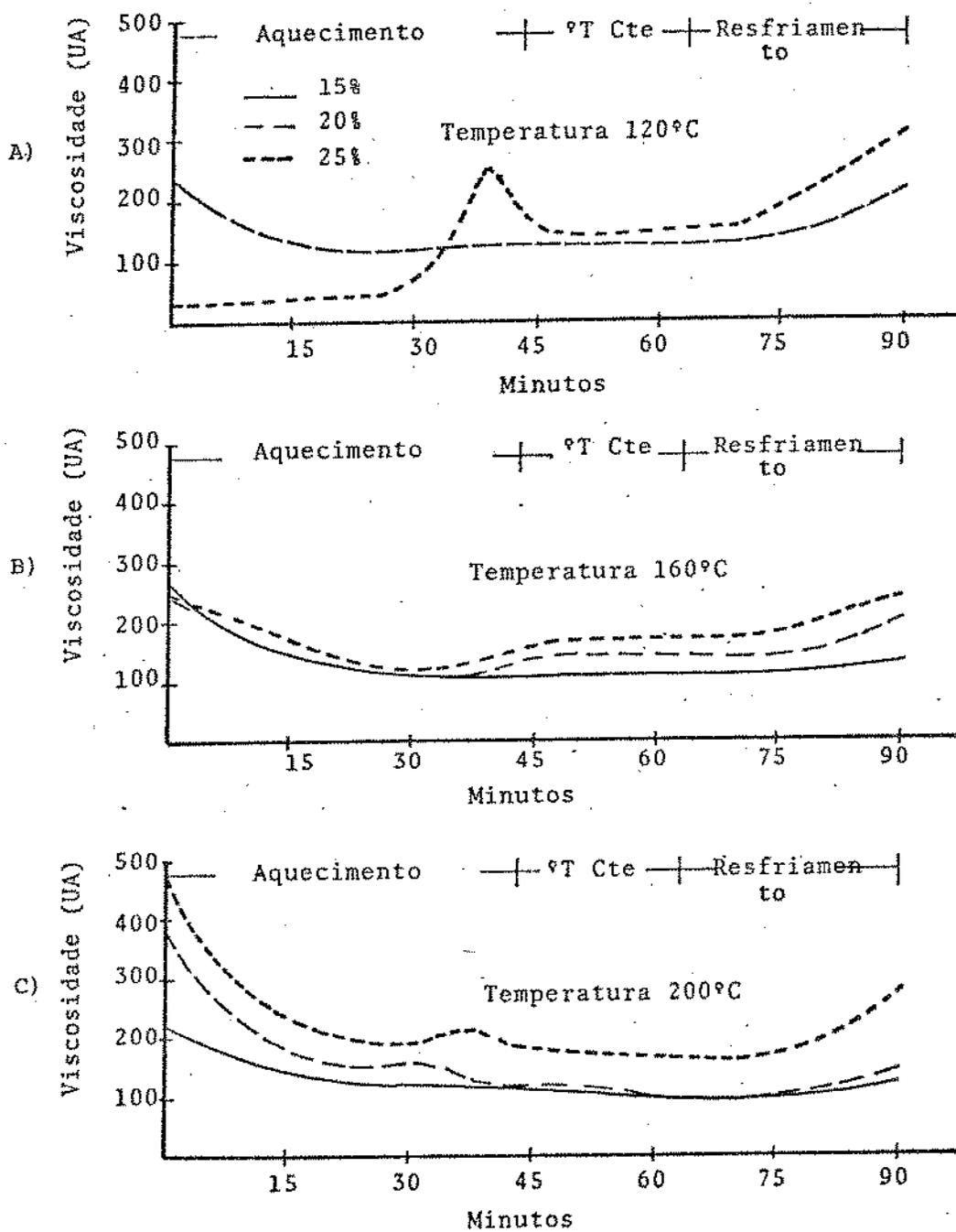


FIGURA 7

EFEITO DA UMIDADE DA MATERIA PRIMA SOBRE AS CARACTERÍSTICAS VISCOAMILOGRÁFICAS DO PRODUTO EXTRUDADO

Velocidade do parafuso: 160 rpm

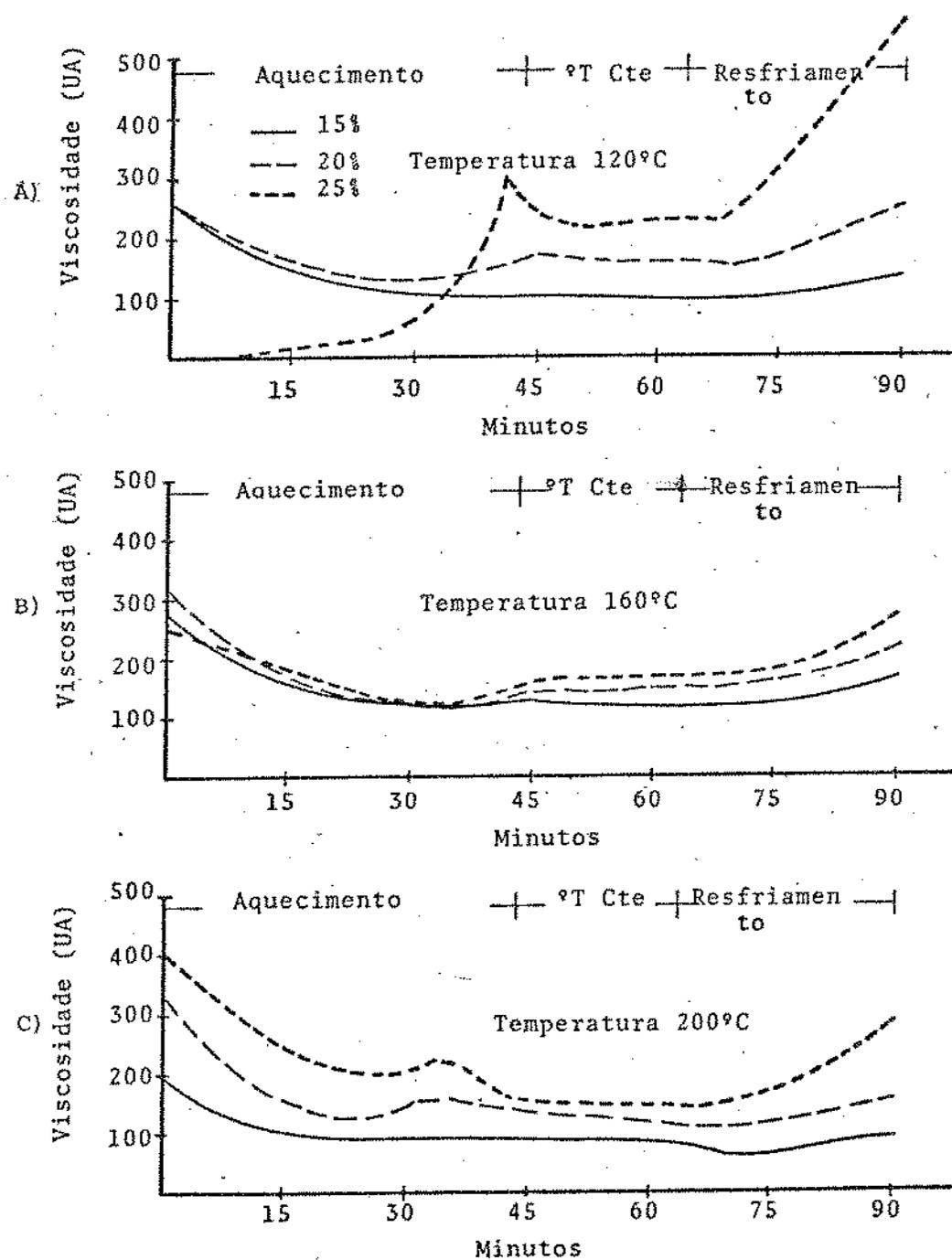


TABELA 14

Efeito da umidade da matéria prima sobre as características viscoamilográficas do produto extrudado

Velocidade do parafuso: 100 rpm

U %	T °C	VISCOSIDADE (U.A.)		
		INICIAL	QUENTE	FRIO
15	120	*	*	*
20	120	30	290	535
25	120	0	340	600
15	160	270	85	120
20	160	300	130	200
25	160	265	160	340
15	200	180	105	90
20	200	280	110	125
25	200	435	175	280

* As condições de operação não permitiram a realização do ensaio no extrusor usado

U: Umidade

T: Temperatura

TABELA 15

Efeito da umidade da matéria prima sobre as características viscoamilográficas do produto extrudado

Velocidade do parafuso: 130 rpm

U %	T °C	VISCOSIDADE (U.A.)		
		INICIAL	QUENTE	FRIO
15	120	*	*	*
20	120	240	130	205
25	120	30	180	315
15	160	255	110	130
20	160	230	130	200
25	160	240	150	235
15	200	240	110	115
20	200	380	120	140
25	200	470	180	280

*. As condições de operação não permitiram a realização do ensaio no extrusor usado

U: Umidade

T: Temperatura

TABELA 16

Efeito da umidade da matéria prima sobre as características viscoamilográficas do produto extrudado

Velocidade do parafuso: 160 rpm

U %	T °C	VISCOSIDADE (U.A.)		
		INICIAL	QUENTE	FRIO
15	120	265	100	130
20	120	260	150	250
25	120	0	285	555
15	160	270	125	170
20	160	320	130	220
25	160	255	140	270
15	200	190	90	90
20	200	340	140	165
25	200	415	160	290

* As condições de operação não permitiram a realização do ensaio no extrusor usado

U: Umidade

T: Temperatura

TABELA 17

Efeito da umidade da matéria prima sobre os índices de absorção e de solubilidade em água do produto extrudado

Velocidade do parafuso: 100 rpm

U %	T °C	IAA ²		ISA ²	
		$\frac{\text{g água}}{\text{g amostra (b.s.)}}$	C.V. ¹	$\frac{\text{g solúveis}}{100\text{g amostra (b.s.)}}$	C.V. ¹
15	120	*	*	*	*
20	120	3,42	4,9	4,79	1,2
25	120	3,36	8,6	3,25	11,1
15	160	6,64	4,7	8,78	2,7
20	160	5,15	10,1	6,53	6,7
25	160	5,45	6,4	3,94	6,3
15	200	5,10	6,3	12,13	1,3
20	200	5,72	6,1	7,78	3,3
25	200	6,88	2,5	5,98	8,4

* As condições de operação não permitiram a realização do ensaio no extrusor usado

1. Coeficiente de Variação
2. Média de três repetições

U: Umidade

T: Temperatura

TABELA 18

Efeito da umidade da matéria prima sobre os índices de absorção e de solubilidade em água do produto extrudado

Velocidade do parafuso: 130 rpm

U %	T °C	IAA ²		ISA ²	
		$\frac{\text{g água}}{\text{g amostra (b.s.)}}$	C.V. ¹	$\frac{\text{g solúveis}}{100\text{g amostra (b.s.)}}$	C.V. ¹
15	120	*	*	*	*
20	120	5,94	5,2	7,99	9,1
25	120	5,18	4,8	4,22	3,5
15	160	4,84	0,8	12,30	2,8
20	160	5,78	7,8	4,84	8,7
25	160	6,60	5,1	2,75	5,8
15	200	5,86	13,3	13,08	3,8
20	200	6,42	8,2	9,96	0,9
25	200	6,14	9,3	7,67	6,4

* As condições de operação não permitiram a realização do ensaio no extrusor usado

1. Coeficiente de Variação
2. Média de três repetições

U: Umidade

T: Temperatura

TABELA 19

Efeito da umidade da matéria prima sobre os índices de absorção e de solubilidade em água do produto extrudado

Velocidade do parafuso: 160 rpm

U %	T °C	IAA ²		ISA ²	
		$\frac{\text{g água}}{\text{g amostra (b.s.)}}$	C.V. ¹	$\frac{\text{g soluveis}}{100\text{g amostra (b.s.)}}$	C.V. ¹
15	120	6,60	10,9	7,91	8,1
20	120	5,63	8,3	5,10	7,4
25	120	4,52	8,6	2,47	4,0
15	160	5,30	6,4	10,21	7,6
20	160	5,54	11,0	4,87	5,7
25	160	6,46	10,0	2,97	6,7
15	200	6,45	2,3	10,17	2,0
20	200	5,95	2,2	6,71	3,3
25	200	6,74	3,6	6,78	11,5

1. Coeficiente de variação

2. Média de três repetições

U: Umidade

T: Temperatura

Quanto ao índice de solubilidade em água observou-se uma correlação negativa com a umidade da farinha antes da extrusão. Essa correlação seria explicada pelo maior atrito mecânico que ocorreu nas amostras de menor umidade.

3. Açúcares Totais e redutores

O efeito da umidade da farinha sobre o teor de açúcares no produto está apresentado nas Tabelas 20, 21 e 22.

Os resultados das determinações dos açúcares totais e redutores indicaram que, independentemente da velocidade do parafuso e da temperatura de extrusão, existe uma tendência de aumento do teor desses açúcares com o aumento da umidade da matéria prima.

Esses incrementos no teor de açúcares, no produto extrudado, podem ser causados provavelmente por uma maior movimentação das moléculas do amido e das enzimas, o que favorece a ação enzimática.

Resumindo, os resultados apresentados mostram que a umidade da matéria prima teve incidência sobre todos os parâmetros usados para medir o efeito sobre o produto extrudado, excetuando o índice de absorção de água.

TABELA 20

Efeito da umidade da matéria prima sobre o teor de açúcares
no produto extrudado

Velocidade do parafuso: 100 rpm

U %	T °C	AÇÚCARES (mg/100g amostra b.s.) ³			
		TOTAIS ²	C.V. ¹	REDUTORES ²	C.V. ¹
15	120	*	*	*	*
20	120	666	9,3	147	1,7
25	120	938	5,5	466	1,9
15	160	697	3,4	98	1,7
20	160	660	15,0	107	6,9
25	160	792	1,9	276	3,4
15	200	670	8,6	101	2,2
20	200	740	1,9	114	2,4
25	200	907	8,3	396	1,4

* As condições de operação não permitiram a realização do ensaio no extrusor usado

1. Coeficiente de variação

2. Média de três repetições

3. Açúcares totais expressos como sacarose e redutores como glucose

U: Umidade

T: Temperatura

TABELA 21

Efeito da umidade da matéria prima sobre o teor de açúcares do produto extrudado

Velocidade do parafuso: 130 rpm

U %	T °C	AÇÚCARES (mg/100g amostra b.s.) ³			
		TOTAIS ²	C.V. ¹	REDUTORES ²	C.V. ¹
15	120	*		*	
20	120	750	0,8	127	3,2
25	120	653	9,0	72	5,0
15	160	648	1,1	85	2,1
20	160	773	3,0	122	6,2
25	160	856	5,1	270	0,8
15	200	650	5,7	81	3,9
20	200	693	6,3	149	18,8
25	200	724	3,2	148	1,1

* As condições de operação não permitiram a realização do ensaio no extrusor usado

1. Coeficiente de variação

2. Média de três repetições

3. Açúcares totais expressos como sacarose e redutores como glucose

U: Umidade

T: Temperatura

TABELA 22

Efeito da umidade da matéria prima sobre o teor de açúcares do produto extrudado

Velocidade do parafuso: 160 rpm

U %	T °C	AÇÚCARES (mg/100g amostra b.s.) ³			
		TOTAIS ¹	C.V. ²	REDUTORES ¹	C.V. ²
15	120	674	6,1	79	3,7
20	120	720	6,1	164	0,6
25	120	824	1,6	379	6,8
15	160	585	4,4	83	0,4
20	160	651	6,0	120	1,2
25	160	937	8,2	309	1,8
15	200	713	1,4	99	13,1
20	200	631	2,1	123	6,0
25	200	916	1,1	336	2,8

1. Média de três repetições

2. Coeficiente de variação

3. Açúcares totais expressos como sacarose e redutores como glucose

U: Umidade

T: Temperatura

E. Efeito da Temperatura de Extrusão sobre as características das Farinhas Extrudadas

1. Viscosidade

O efeito da temperatura de extrusão sobre as características viscoamilográficas das farinhas condicionadas em três níveis de umidade e extrudadas a 100 rpm, é apresentado na Figura 8. Os viscoamilogramas da Figura 8A (temperatura de 160°C e 200°C) indicam que a maior diferença ocorreu na viscosidade inicial, enquanto que após atingida a temperatura máxima, o comportamento foi semelhante.

Na Figura 8 B, na umidade de 20%, observa-se uma maior diferença entre o comportamento da farinha extrudada a 120°C e as extrudadas a 160°C e 200°C; entretanto, nas duas últimas nota-se maior modificação das características viscoamilográficas na farinha extrudada a 200°C.

O efeito da temperatura foi mais evidente nas amostras de 25% de umidade, cujos viscoamilogramas são mostrados na Figura 8C. Pode-se observar que a modificação da farinha está diretamente correlacionada com a temperatura de extrusão.

As Figuras 9 e 10, correspondem aos produtos extrudados a 130 e 160 rpm de velocidade do parafuso, respectivamente.

FIGURA 8

EFEITO DA TEMPERATURA DE EXTRUSÃO SOBRE AS CARACTERÍSTICAS VISCOAMILÓGRAFICAS DO PRODUTO EXTRUDADO

Velocidade do parafuso: 100 rpm

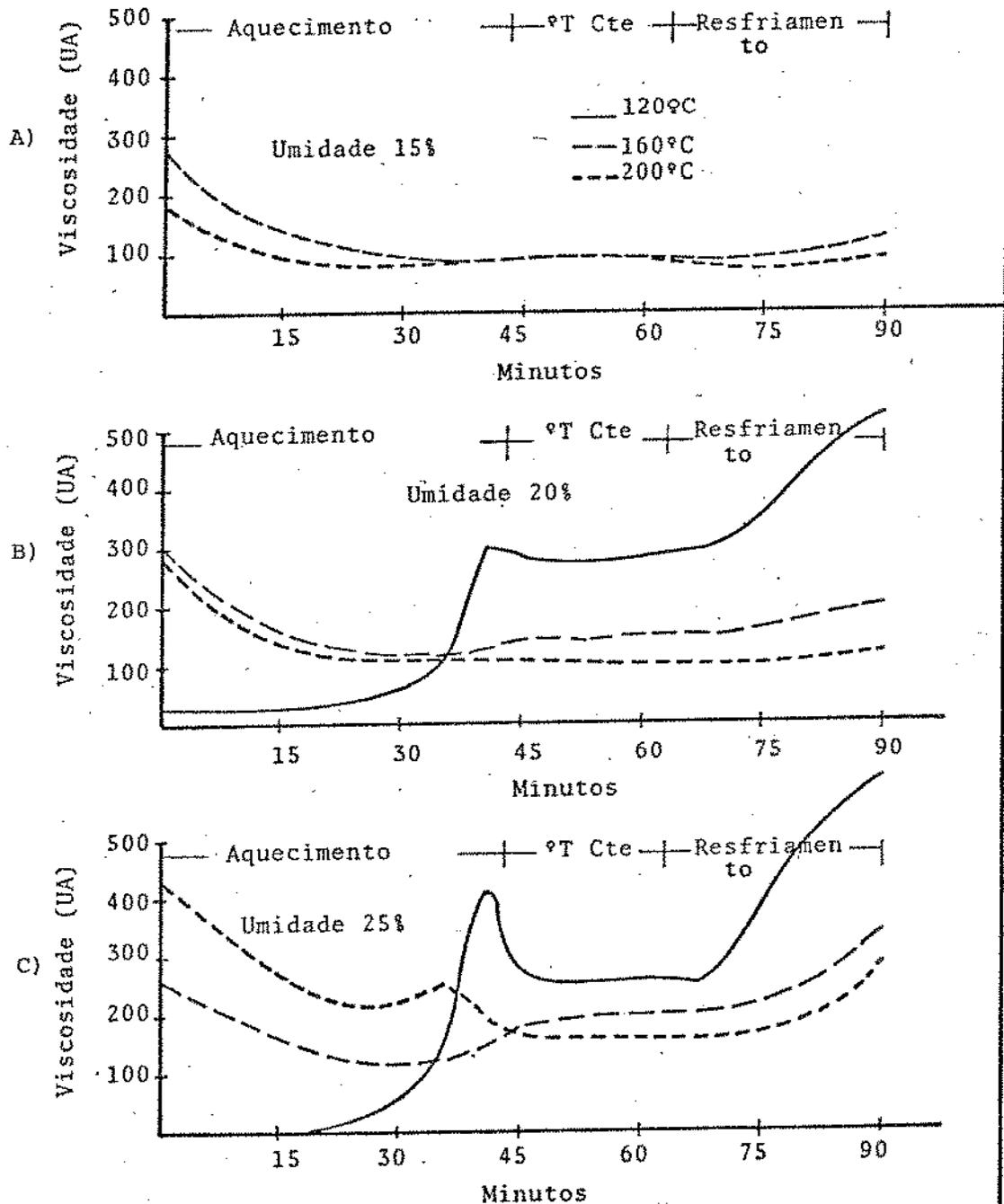


FIGURA 9

EFEITO DA TEMPERATURA DE EXTRUSÃO SOBRE AS CARACTERÍSTICAS VISCOAMILÓGRAFICAS DO PRODUTO EXTRUDADO

Velocidade do parafuso: 130 rpm

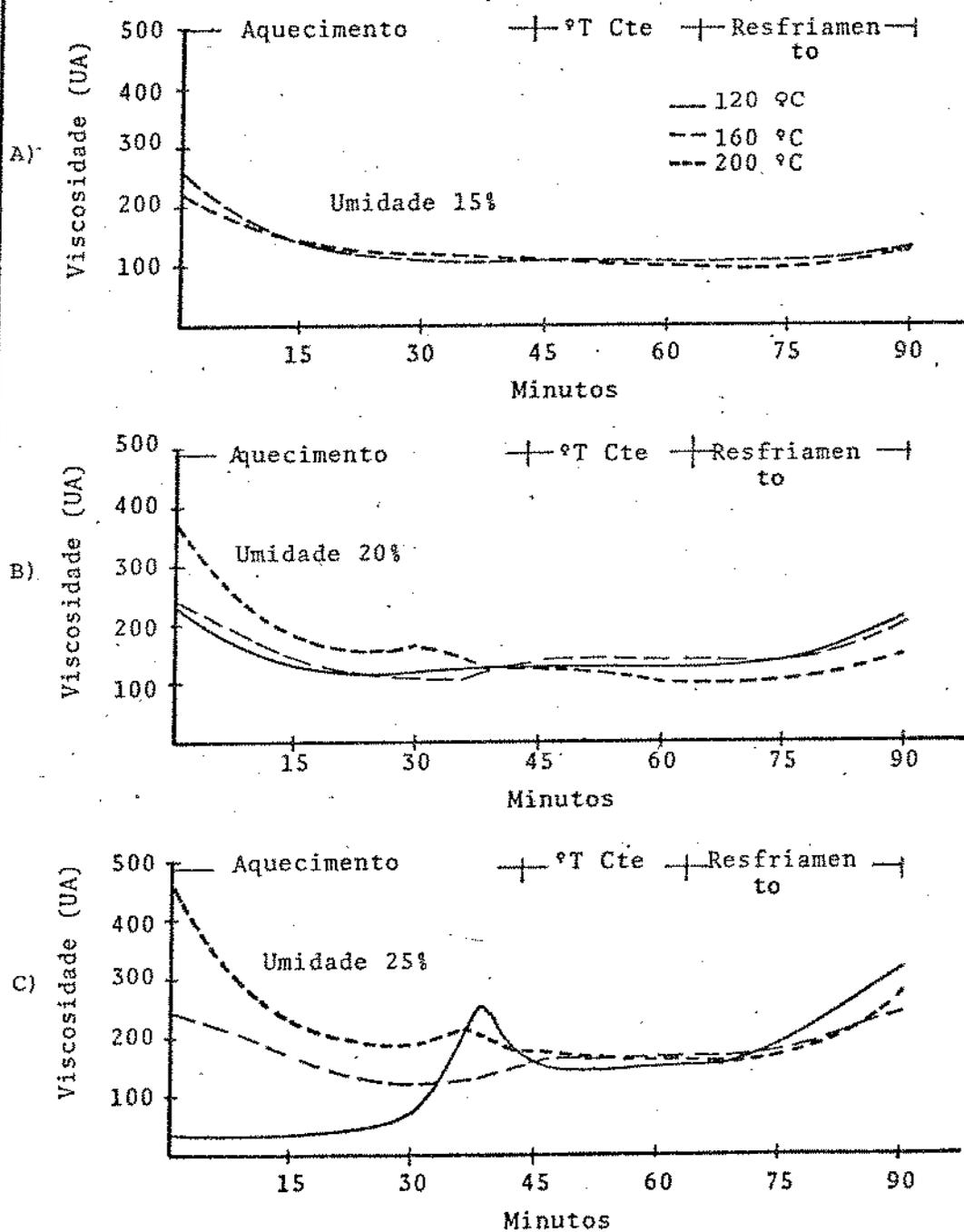
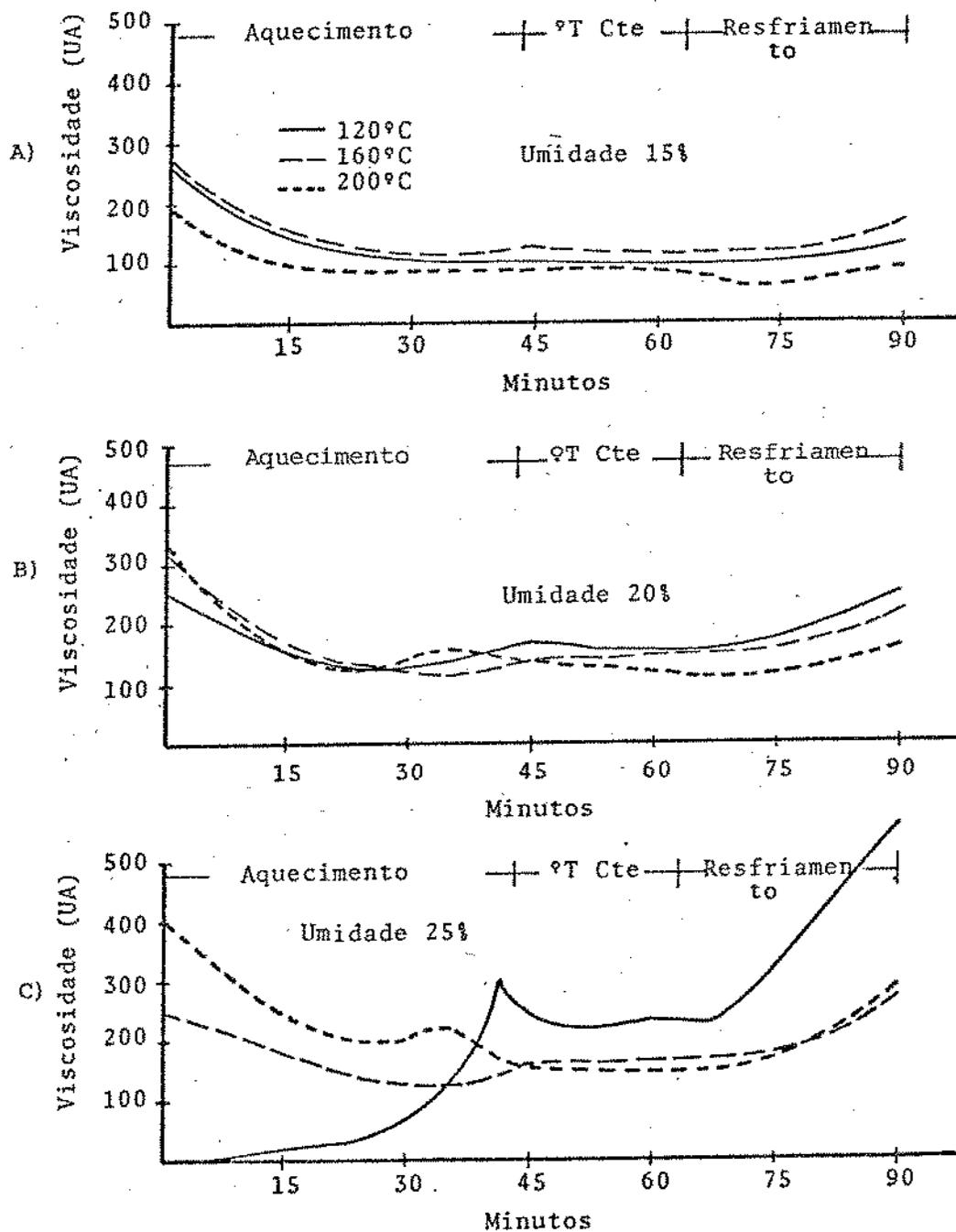


FIGURA 10

EFEITO DA TEMPERATURA DE EXTRUSÃO SOBRE AS CARACTERÍSTICAS VISCOAMILOGRÁFICAS DO PRODUTO EXTUDADO

Velocidade do parafuso: 160 rpm



Analisando o conjunto das Figuras 8, 9 e 10, nota-se que em umidade baixa (15%), o efeito da temperatura não está bem definido, possivelmente porque a esse nível de umidade outras variáveis predominaram na modificação da farinha, provavelmente o atrito mecânico. Esta hipótese parece se confirmar, nos viscoamilogramas das farinhas processadas à 20% de umidade (Figuras 8B, 9B e 10B), onde observa-se que à menor velocidade do parafuso, existe diferença notável entre a curva correspondente à temperatura de 120°C e as de 160°C e 200°C. Com o aumento da velocidade, essa diferença foi se reduzindo até que a 160 rpm os viscoamilogramas foram quase iguais, indicando que (a baixa umidade), provavelmente, a influência da temperatura no processo foi pequena,

Generalizando, os viscoamilogramas indicam que a gelatinização das farinhas aumentou com o aumento da temperatura, o que está de acordo com ANDERSON et al (4), MERCIER e FEILLET (34) para produtos de milho e CHIANG e JOHNSON (16) para farinhas de trigo.

Nas Tabelas 23, 24 e 25, encontram-se os valores dos parâmetros usados para interpretar os viscoamilogramas apresentados nas Figuras 8, 9 e 10 e avaliar o efeito da temperatura de extrusão.

Analisando os resultados da viscosidade inicial, nota-se que há alguma correlação desta com a temperatura. Essa correlação foi evidenciada na umidade de 25%, nível no qual as outras va

TABELA 23

Efeito da temperatura de extrusão sobre as características viscoamilográficas do produto extrudado

Velocidade do parafuso: 100 rpm

T %	U °C	VISCOSIDADE (U.A.)		
		INICIAL	QUENTE	FRIO
120	15	*	*	*
160	15	270	85	120
200	15	180	105	90
120	20	30	290	535
160	20	300	130	200
200	20	280	110	125
120	25	0	340	600
160	25	265	160	340
200	25	435	175	280

* As condições de operação não permitiram a realização do ensaio no extrusor usado

T: Temperatura

U: Umidade

TABELA 24

Efeito da temperatura de extrusão sobre as características viscoamilográficas do produto extrudado

Velocidade do parafuso: 130 rpm

T °C	U %	VISCOSIDADE (U.A.)		
		INICIAL	QUENTE	FRIO
120	15	*	*	*
160	15	255	110	130
200	15	240	110	115
120	20	240	130	205
160	20	230	130	200
200	20	380	120	140
120	25	30	180	315
160	25	240	150	235
200	25	470	180	280

* As condições de operação não permitiram a realização do ensaio no extrusor usado.

T: Temperatura

U: Umidade

TABELA 25

Efeito da temperatura de extrusão sobre as características viscoamilográficas do produto extrudado

Velocidade do parafuso: 160 rpm

T °C	U %	VISCOSIDADE (U.A.)		
		INICIAL	QUENTE	FRIO
120	15	265	100	130
160	15	270	125	170
200	15	190	90	90
120	20	260	150	250
160	20	320	130	220
200	20	340	140	165
120	25	0	285	555
160	25	255	140	270
200	25	415	160	290

T: Temperatura

U: Umidade

riáveis do processo, aparentemente tiveram menor interferência. Com a diminuição da umidade, o efeito da temperatura parece ser menos importante, sem mostrar tendência bem definida.

Os valores da viscosidade a quente, mostraram que na umidade de 15%, praticamente não existe mudança, quando a temperatura vai de um nível a outro de temperatura. A 20% notou-se uma ligeira tendência da viscosidade a diminuir com o incremento da temperatura, enquanto que a 25% de umidade, apresentou-se um valor mínimo nessa viscosidade, à temperatura de 160°C.

A observação das viscosidades a frio indica que houve correlação negativa desta com a temperatura de extrusão. Essa diminuição gerada por uma menor retrogradação, permite conceituar, que com o aumento da temperatura houve maior destruição da estrutura do grânulo de amido, seja por gelatinização ou por possíveis quebras das cadeias, especialmente da amilose.

2. Índices de Absorção e de Solubilidade em Água.

A Tabela 26 apresenta os valores dos IIA e ISA dos produtos extrudados à 100 rpm, observando-se um aumento desses valores com o incremento da temperatura de extrusão. Na Tabela 27 encontram-se os resultados correspondientes à velocidade do parafuso de 130 rpm; sob essas condições, houve um comportamento irregular, notando-se que na maioria dos casos, os valores do IAA

TABELA 26

Efeito da temperatura de extrusão sobre os índices de absorção e de solubilidade em água do produto extrudado

Velocidade do parafuso: 100 rpm

T °C	U %	IAA ¹		ISA ¹	
		$\frac{\text{g água}}{\text{g amostra (b.s.)}}$	C.V. ²	$\frac{\text{g solúveis}}{100\text{g amostra (b.s.)}}$	C.V. ²
120	15	*	*	*	*
160	15	6,64	4,7	8,78	2,7
200	15	5,10	6,3	12,13	1,3
120	20	3,42	4,9	4,79	1,2
160	20	5,15	10,0	6,53	6,7
200	20	5,72	6,1	7,78	3,3
120	25	3,36	8,6	3,25	11,0
160	25	5,45	6,4	3,94	6,3
200	25	6,88	2,5	5,98	8,4

* As condições de operação não permitiram a realização do ensaio no extrusor usado

1. Média de três repetições

2. Coeficiente de variação

T: Temperatura

U: Umidade

TABELA 27

Efeito da temperatura de extrusão sobre os índices de absorção e de solubilidade em água do produto extrudado

Velocidade do parafuso: 130 rpm

T °C	U %	IAA ¹		ISA ¹	
		$\frac{\text{g água}}{\text{g amostra (b.s.)}}$	C.V. ²	$\frac{\text{g solúveis}}{100\text{g amostra (b.s.)}}$	C.V. ²
120	15	*	*	*	*
160	15	4,84	0,8	12,30	2,8
200	15	5,86	13,3	13,08	3,8
120	20	5,94	5,2	7,99	9,1
160	20	5,78	7,8	4,84	8,7
200	20	6,42	8,2	9,96	0,9
120	25	5,18	4,8	4,22	3,5
160	25	6,60	5,1	2,75	5,8
200	25	6,14	9,3	7,67	6,4

* As condições de operação não permitiram a realização do ensaio no extrusor usado

1. Média de três repetições

2. Coeficiente de variação

T: Temperatura

U: Umidade

e do ISA foram mínimos para a temperatura de 160°C.

O comportamento mais irregular destes parâmetros apresentou-se à velocidade de 160 rpm (Tabela 28). A 25% de umidade os dois índices aumentaram com o incremento da temperatura, enquanto que para os outros dois níveis o IAA mostrou um mínimo a 160°C. À temperatura de 160°C o ISA apresentou um máximo e um mínimo para as umidades de 15% e 20%, respectivamente.

Ao considerar os dados globais das três Tabelas observa-se que a incidência da temperatura sobre o IAA não foi marcante e não houve um comportamento determinado. Quanto ao ISA a tendência geral foi de aumentar com o incremento da temperatura de extrusão, embora existam alguns ensaios discordantes com esta última observação.

Esta última tendência também foi observada por ANDERSON et al (4) e MERCIER e FEILLET (34) em produtos extrudados de milho.

3. Açúcares Totais e Redutores

As Tabelas 29, 30 e 31 mostram os dados dos teores de açúcares totais e redutores dos produtos extrudados à 100, 130 e 160 rpm de velocidade do parafuso, respectivamente. A análise dos resultados mostrou que aparentemente não houve uma correlação entre essas variáveis e a temperatura usada na extrusão.

TABELA 28

Efeito da temperatura de extrusão sobre os índices de absorção e de solubilidade em água do produto extrudado

Velocidade do parafuso: 160 rpm

T °C	U %	IAA ¹		ISA ¹	
		$\frac{\text{g água}}{\text{g amostra (b.s.)}}$	C.V. ²	$\frac{\text{g solúveis}}{100\text{g amostra (b.s.)}}$	C.V. ²
120	15	6,60	10,9	7,91	8,1
160	15	5,30	6,4	10,21	7,6
200	15	6,45	2,3	10,17	2,0
120	20	5,63	8,3	5,10	7,4
160	20	5,54	11,0	4,87	5,7
200	20	5,95	2,2	6,71	3,3
120	25	4,52	8,6	2,47	4,0
160	25	6,46	10,0	2,97	6,7
200	25	6,74	3,6	6,78	11,5

1. Média de três repetições

2. Coeficiente de variação

T: Temperatura

U: Umidade

TABELA 29

Efeito da temperatura de extrusão sobre o teor de açúcares no produto extrudado

Velocidade do parafuso: 100 rpm

T °C	U %	AÇÚCARES (mg/100g amostra b.s.) ¹			
		TOTAIS ³	C.V. ²	REDUTORES ³	C.V. ²
120	15	*	*	*	*
160	15	697	3,3	98	1,7
200	15	670	8,6	101	2,2
120	20	666	9,3	147	1,8
160	20	660	15,0	107	6,9
200	20	740	1,9	114	2,4
120	25	938	5,5	466	2,0
160	25	792	1,9	276	3,4
200	25	907	8,3	396	1,4

* As condições de operação não permitiram a realização do ensaio no extrusor usado

1. Média de três repetições

2. Coeficiente de variação

3. Açúcares totais expressos como sacarose e redutores como glucose

TABELA 30

Efeito da temperatura de extrusão sobre o teor de açúcares no produto extrudado

Velocidade do parafuso: 130 rpm

T °C	U %	AÇÚCARES (mg/100 g amostra b.s.) ¹			
		TOTAIS ³	C.V. ²	REDUTORES ³	C.V. ²
120	15	*	*	*	*
160	15	648	1,1	85	2,1
200	15	650	5,7	81	4,0
120	20	750	0,8	127	3,2
160	20	773	3,0	122	6,2
200	20	693	6,3	149	18,8
120	25	653	9,0	72	5,0
160	25	856	5,1	270	0,8
200	25	724	3,2	148	1,1

* As condições de operação não permitem a realização do ensaio no extrusor usado

1. Média de três repetições
2. Coeficiente de variação
3. Açúcares totais expressos como sacarose e redutores como glucose

T: Temperatura

U: Umidade

TABELA 31

Efeito da temperatura de extrusão sobre o teor de açúcares
no produto extrudado

Velocidade do parafuso: 160 rpm

T °C	U %	AÇÚCARES (mg/100 g amostra b.s.) ¹			
		TOTAIS ³	C.V. ²	REDUTORES ³	C.V. ²
120	15	674	6,0	79	3,7
160	15	584	4,4	83	0,4
200	15	713	1,4	99	13,1
120	20	720	6,1	164	0,6
160	20	651	6,0	120	1,2
200	20	631	2,1	123	6,0
120	25	824	1,6	379	6,8
160	25	937	8,2	309	1,8
200	25	916	1,1	336	2,8

1. Média de três repetições

2. Coeficiente de variação

3. Açúcares totais expressos como sacarose e redutores como
glucose

F. Efeito da Velocidade do Parafuso sobre as Características das Farinhas Extrudadas

1. Viscosidade

O comportamento viscoamilográfico das farinhas extrudadas à 120°C é apresentado na Figura 11. A Figura 11A corresponde à umidade de 20%, onde observa-se que a maior pré-cozção ocorreu à velocidade de 130 rpm e a menor a 100 rpm. Isto faz supor que a 130 rpm houve maior ação mecânica que ocasionou a destruição total ou parcial do grânulo de amido embora o tempo de residência tenha sido menor.

A anterior suposição parece se confirmar com os viscoamilogramas mostrados na Figura 11B, correspondentes à umidade de 25%. Neles percebe-se que efetivamente a 130 rpm houve maior modificação da farinha do que à 100 rpm a qual, por não ser dependente do tempo, seria possivelmente originada por um maior atrito mecânico.

O fenômeno observado nas condições anteriores, foi dificilmente notado nas amostras extrudadas às temperaturas de 160°C e 200°C. Para essas condições, aparentemente prevaleceu o efeito das outras variáveis envolvidas no processo, que não permitiram tirar nenhuma hipótese que indique uma correlação entre a modificação da farinha extrudada e a velocidade do parafuso. As Figuras 12 e 13 mostram os viscoamilogramas desses produtos.

FIGURA 11

EFEITO DA VELOCIDADE DO PARAFUSO SOBRE AS CARACTERÍSTICAS
VISCOAMILÓGRAFICAS DO PRODUTO EXTRUDADO

Temperatura: 120 °C

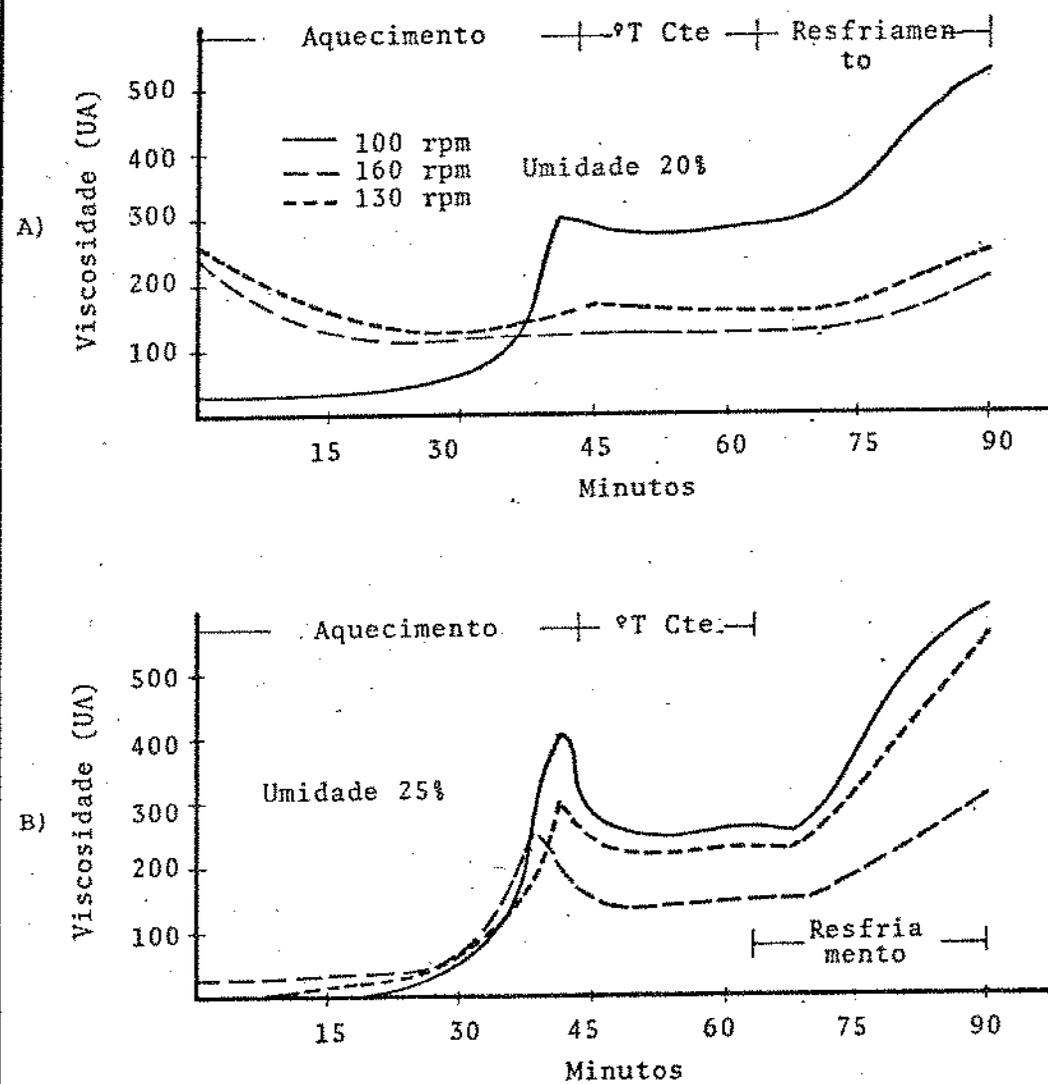
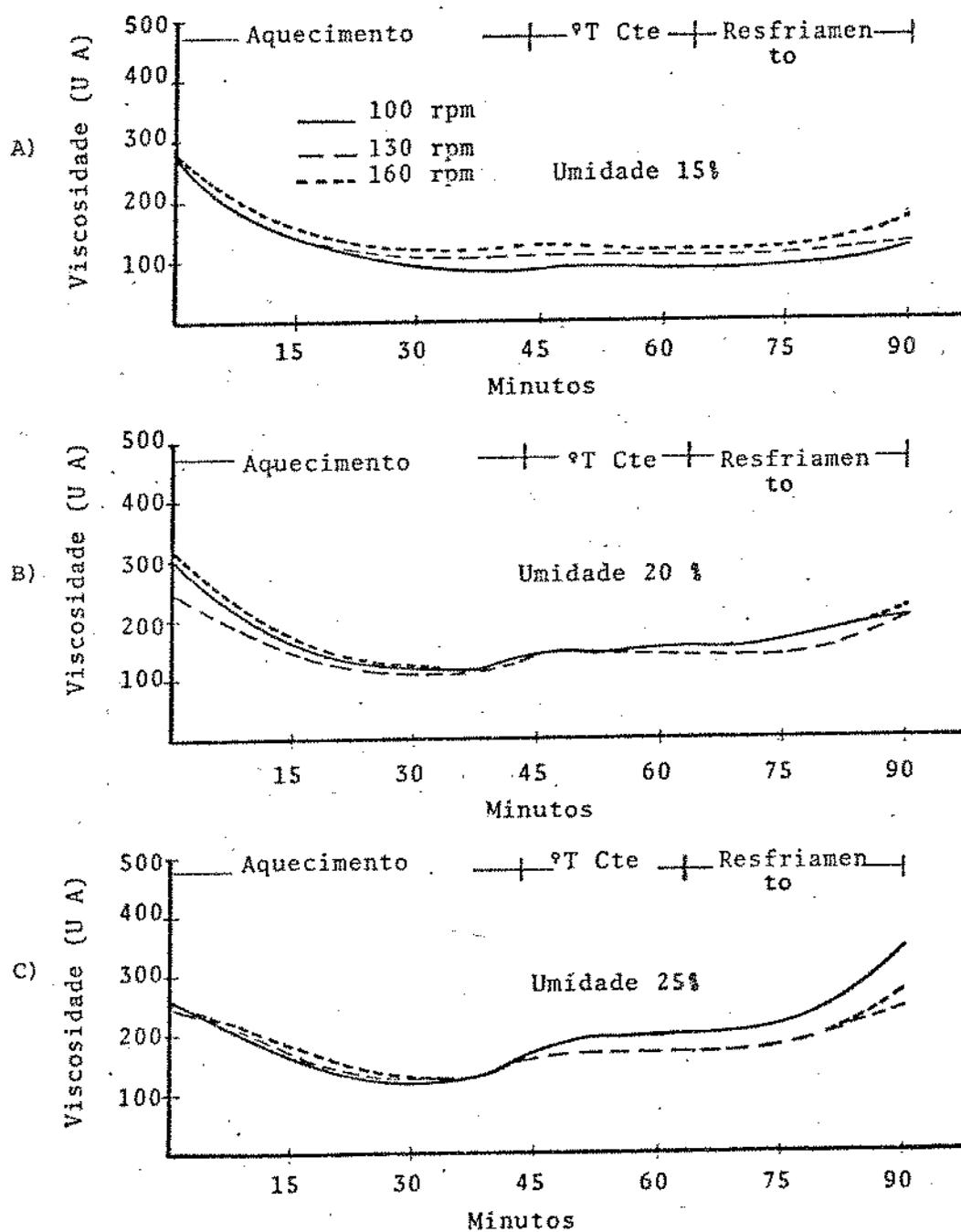


FIGURA 12

EFEITO DA VELOCIDADE DO PARAFUSO SOBRE AS CARACTERÍSTICAS VISCOAMILÓGRAFICAS DO PRODUTO EXTRUDADO

Temperatura: 160 °C



A Tabela 32 apresenta os resultados dos viscoamilogramas dos produtos extrudados à 120°C. Nota-se que a baixa temperatura não houve correlação entre a viscosidade inicial e a velocidade do parafuso. À velocidade de 130 rpm, observou-se um valor mínimo da viscosidade, tanto a quente como a frio, que indica maior modificação dessa farinha com respeito as amostras das outras duas velocidades.

Observa-se também que a menor gelatinização ocorreu à velocidade de 100 rpm; fazendo-se acreditar que houve um fator mais importante do que o tempo de residência, responsável por essa modificação.

À temperatura de 160°C (Tabela 33), a viscosidade inicial apresentou o valor mínimo para a velocidade de 130 rpm e valores semelhantes para os outros níveis. A viscosidade a quente permaneceu praticamente invariável, enquanto que a viscosidade a frio, ainda que mostrando variações, não manteve correlação com a velocidade.

Os resultados da Tabela 34, correspondentes à temperatura de 200°C, contrariamente com o que ocorreu à temperatura de 160°C, mostraram um máximo de viscosidade inicial à velocidade de 130 rpm. As viscosidades a quente e a frio apresentaram variações que não permitiram observar nenhuma correlação entre esses parâmetros e a velocidade do parafuso.

TABELA 32

Efeito da velocidade do parafuso sobre as características viscoamilográficas do produto extrudado

Temperatura: 120°C

V rpm	U %	VISCOSIDADE (U.A.)		
		INICIAL	QUENTE	FRIO
100	15	*	*	*
130	15	*	*	*
160	15	265	100	130
100	20	30	290	535
130	20	240	130	205
160	20	260	150	250
100	25	0	340	600
130	25	30	180	315
160	25	0	285	555

* As condições da operação não permitiram a realização do ensaio no extrusor usado

V: Velocidade do parafuso

U: Umidade

TABELA 33

Efeito da velocidade do parafuso sobre as características viscoamilográficas do produto extrudado

Temperatura: 160°C

V rpm	U %	VISCOSIDADE (U.A.)		
		INICIAL	QUENTE	FRIO
100	15	270	85	120
130	15	255	110	130
160	15	270	125	170
100	20	300	130	200
130	20	230	130	200
160	20	320	130	220
100	25	265	160	340
130	25	240	150	235
160	25	255	140	270

V: Velocidade do parafuso

U: Umidade

TABELA 34

Efeito da velocidade do parafuso sobre as características viscoamilográficas do produto extrudado

Temperatura: 200°C

V rpm	U %	VISCOSIDADE (U.A.)		
		INICIAL	QUENTE	FRIO
100	15	180	105	90
130	15	240	110	115
160	15	190	90	90
100	20	280	110	125
130	20	380	120	140
160	20	340	140	165
100	25	435	175	280
130	25	470	180	280
160	25	415	160	290

V: Velocidade do parafuso

U: Umidade

Os resultados das três Tabelas anteriores, sugerem que a velocidade do parafuso teve pouca influência sobre o valor da viscosidade da pasta da farinha extrudada, e que a diferença nos valores pode ter sido originada pela combinação dos outros fatores envolvidos no processo.

2. Índices de Absorção e de Solubilidade em Água

As Tabelas 35, 36 e 37 apresentam os resultados dos IAA e ISA para os três níveis de temperatura estudados. Os valores do IAA não mostraram variações apreciáveis, nem apresentaram uma tendência definida, significando pouca ou nenhuma sensibilidade deste parâmetro à mudança da velocidade do parafuso. Quanto a ISA, parece existir um aumento na quantidade de material solúvel à velocidade de 130 rpm. Isto concorda com a hipótese apresentada anteriormente, relativa ao maior esforço mecânico que sofre a farinha a esse nível de operação.

3. Açúcares

Os resultados da determinação dos açúcares são mostrados nas Tabelas 38, 39 e 40. Esses resultados indicam que tanto os açúcares totais como os redutores não apresentaram correlação com a velocidade do parafuso.

TABELA 35

Efeito da velocidade do parafuso sobre os índices de absorção e de solubilidade em água do produto extrudado

Temperatura: 120°C

V rpm	U %	IAA ¹		ISA ¹	
		$\frac{\text{g água}}{\text{g amostra (b.s.)}}$	C.V. ²	$\frac{\text{g solúveis}}{100\text{g amostra (b.s.)}}$	C.V. ²
100	15	*	*	*	*
130	15	*	*	*	*
160	15	6,60	10,9	7,91	8,1
100	20	3,42	5,0	4,79	1,2
130	20	5,94	5,2	7,99	9,1
160	20	5,63	8,3	5,10	7,4
100	25	3,36	8,6	3,25	11,1
130	25	5,18	4,8	4,22	3,5
160	25	4,52	8,6	2,47	4,0

* As condições de operação não permitiram a realização do ensaio no extrusor usado

1. Média de três repetições

2. Coeficiente de variação

V: Velocidade do parafuso

U: Umidade

TABELA 36

Efeito da velocidade do parafuso sobre os índices de absorção e de solubilidade em água do produto extrudado

Temperatura: 160°C

V rpm	U %	IAA ¹		ISA ¹	
		$\frac{\text{g água}}{\text{g amostra (b.s.)}}$	C.V. ²	$\frac{\text{g solúveis}}{100\text{g amostra (b.s.)}}$	C.V. ²
100	15	6,64	4,7	8,78	2,7
130	15	4,84	0,8	12,3	2,8
160	15	5,30	6,4	10,21	7,6
100	20	5,15	10,1	6,53	6,7
130	20	5,78	7,8	4,84	8,7
160	20	5,54	11,0	4,87	5,7
100	25	5,45	6,4	3,94	6,3
130	25	6,60	5,1	2,75	5,8
160	25	6,46	10,1	2,97	6,7

1. Média de três repetições

2. Coeficiente de variação

V: Velocidade do parafuso

U: Umidade

TABELA 37

Efeito da velocidade do parafuso sobre os índices de absorção e de solubilidade em água do produto extrudado

Temperatura: 200°C

V rpm	U %	IAA ¹		ISA ¹	
		$\frac{\text{g água}}{\text{g amostra (b.s.)}}$	C.V. ²	$\frac{\text{g solúveis}}{100\text{g amostra (b.s.)}}$	C.V. ²
100	15	5,10	6,3	12,13	1,3
130	15	5,86	13,3	13,08	3,8
160	15	6,45	2,3	10,17	2,0
100	20	5,72	6,1	7,78	3,3
130	20	6,42	8,2	9,96	0,9
160	20	5,95	2,2	6,71	3,3
100	25	6,88	2,5	5,98	8,4
130	25	6,14	9,3	7,67	6,4
160	25	6,74	3,6	6,78	11,5

1. Média de três repetições

2. Coeficiente de variação

V: Velocidade do parafuso

U: Umidade

TABELA 38

Efeito da velocidade do parafuso sobre o teor de açúcares do produto extrudado

Temperatura: 120°C

V rpm	U %	AÇÚCARES (mg/100g amostra b.s.) ¹			
		TOTAIS ²	C.V. ³	REDUTORES ²	C.V. ³
100	15	*	*	*	*
130	15	*	*	*	*
160	15	674	6,1	79	3,7
100	20	666	9,3	147	1,8
130	20	750	0,8	127	3,2
160	20	720	6,1	164	0,6
100	25	938	5,5	466	1,9
130	25	653	9,0	72	5,0
160	25	824	1,6	379	6,8

* As condições de operação não permitiram a realização do ensaio no extrusor usado

1. Açúcares totais expressos como sacarose e redutores como glucose

2. Média de três repetições

3. Coeficiente de variação

V: Velocidade do parafuso

U: Umidade

TABELA 39

Efeito da velocidade do parafuso sobre o teor de açúcares do produto extrudado

Temperatura: 160°C

V rpm	U %	AÇÚCARES (mg/100g amostra b.s.) ¹			
		TOTAIS ²	C.V. ³	REDUTORES ²	C.V. ³
100	15	697	3,3	98	1,7
130	15	648	1,1	85	2,1
160	15	585	4,4	83	0,5
100	20	660	15,0	107	6,9
130	20	773	3,0	122	5,9
160	20	651	6,0	120	1,2
100	25	792	1,9	276	3,4
130	25	856	5,1	270	0,8
160	25	937	8,2	309	1,8

1. Açúcares totais expressos como sacarose e redutores como glucose

2. Média de três repetições

3. Coeficiente de variação

V: Velocidade do parafuso

U: Umidade

TABELA 40

Efeito da velocidade do parafuso sobre o teor de açúcares do produto extrudado

Temperatura: 200°C

V rpm	U %	AÇÚCARES (mg/100g amostra b.s.) ¹			
		TOTAIS ²	C.V. ³	REDUTORES ²	C.V. ³
100	15	670	8,6	101	2,2
130	15	650	5,7	81	3,9
160	15	713	1,4	99	13,1
100	20	740	1,9	114	2,4
130	20	693	6,5	149	18,8
160	20	631	2,1	123	6,0
100	25	907	8,3	396	1,4
130	25	724	3,2	148	1,1
160	25	916	1,1	336	2,8

1. Açúcares totais expressos como sacarose e redutores como glucose

2. Média de três repetições

3. Coeficiente de variação

V: Velocidade do parafuso

U: Umidade

G. Análise Estatística

O delineamento experimental definitivo utilizado para a realização deste trabalho, foi do tipo fatorial $3 \times 3 \times 3$ com uma só repetição, com confundimento de dois graus de liberdade para a interação tripla Temperatura x Umidade x Velocidade do parafuso.

Os resultados foram ordenados de acordo com o esquema seguido por PIMENTEL (43), correspondente ao Grupo W. Na Tabela 41 apresentam-se os valores dos sete parâmetros usados na avaliação dos ensaios, distribuídos em três blocos.

Para facilitar a análise estatística, foi necessário fazer uma estimativa dos valores dos parâmetros, que estavam em falta, já que não foi possível obter as amostras dos ensaios correspondentes aos níveis -1, -1, -1 e -1, -1, 0 (temperatura, umidade, velocidade). Esses valores foram estimados seguindo a metodologia da parcela perdida exposta por PIMENTEL (43). As estimativas foram incluídas na Tabela 41 entre parênteses.

Na análise de variância foi tomado como resíduo a parte não confundida da interação tripla, somada ao componente quadrático das interações duplas, conforme recomendado na literatura (43).

TABELA 41

Valores dos parâmetros usados para avaliar o efeito da extrusão sobre a quireira de arroz

BLOCO 1

NÍVEIS			PARÂMETROS ¹							
T	U	V	VI	VQ	VF	ISA	IAA	AT	AR	
-1	-1	-1	(263)	(78)	(90)	(8,8)	(7,4)	(716)	(70)	
-1	0	1	260	150	250	5,10	5,63	720	164	
-1	1	0	30	180	315	4,22	5,18	653	72	
0	-1	0	255	110	130	12,30	4,84	648	85	
0	0	-1	300	130	200	6,53	5,15	660	107	
0	1	1	255	140	270	2,97	6,46	937	309	
1	-1	1	190	90	90	10,17	6,45	713	99	
1	0	0	380	120	140	9,96	6,42	693	149	
1	1	-1	435	175	280	5,98	6,88	907	396	

1. Os valores entre parênteses foram estimados

T: Temperatura

VQ: Viscosidade à Quente

AT: Açúcares Totais

U: Umidade

VF: Viscosidade à Frio

AR: Açúcares Redutores

V: Velocidade do Parafuso

ISA: Índice de Solubilidade em Água

VI: Viscosidade Inicial

IAA: Índice de Absorção de Água

TABELA 41 (Continuação)

Valores dos parâmetros usados para avaliar o efeito da extrusão sobre a qualidade de arroz

BLOCO 2

NÍVEIS		PARÂMETROS ¹									
T	U	V	VI	VQ	VF	ISA	IAA	AT	AR		
-1	-1	0	(203)	(138)	(200)	(7,97)	(6,40)	(666)	(70)		
-1	0	-1	30	290	535	4,79	3,42	666	147		
-1	1	1	0	285	555	2,47	4,52	824	379		
0	-1	1	270	125	170	10,21	5,30	585	83		
0	0	0	230	130	200	4,84	5,78	773	122		
0	1	-1	265	160	340	3,94	5,45	792	276		
1	-1	-1	180	105	90	12,13	5,10	670	101		
1	0	1	340	140	165	6,71	5,95	631	123		
1	1	0	470	180	280	7,67	6,14	724	148		

1. Os valores entre parênteses foram estimados

TABELA 41 (Continuação)

Valores dos parâmetros usados para avaliar o efeito da extrusão sobre a qualidade de arroz

BLOCO 3

NÍVEIS			PARÂMETROS											
T	U	V	VI	VQ	VF	ISA	IAA	AT	AR	IAA	ISA	VF	VQ	VI
-1	-1	1	265	100	130	7,91	6,60	674	79	6,60	7,91	130	100	265
-1	0	0	240	130	205	7,99	5,94	750	127	5,94	7,99	205	130	240
-1	1	-1	0	340	600	3,25	3,36	938	466	3,36	3,25	600	340	0
0	-1	-1	270	85	120	8,78	6,64	697	98	6,64	8,78	120	85	270
0	0	1	320	130	220	4,87	5,54	651	120	5,54	4,87	220	130	320
0	1	0	240	150	235	2,75	6,60	856	270	6,60	2,75	235	150	240
1	-1	0	240	110	115	13,08	5,86	650	81	5,86	13,08	115	110	240
1	0	-1	280	110	125	7,78	5,72	740	114	5,72	7,78	125	110	280
1	1	1	415	160	290	6,78	6,74	916	336	6,74	6,78	290	160	415

T: Temperatura

U: Umidade

V: Velocidade do parafuso

VI: Viscosidade inicial

VQ: Viscosidade à quente

VF: Viscosidade à frio

ISA: Índice de solubilidade em água

IAA: Índice de absorção de água

AT: Açúcares Totais

AR: Açúcares redutores

116

1. Viscosidade Inicial

A análise de variância dos resultados da viscosidade indicou que a única variável que afetou significativamente esse parâmetro, a nível de 5%, foi a temperatura. Os resultados dessa análise, apresentam-se na Tabela 42.

2. Viscosidade à Quente

Os resultados da análise de variância da viscosidade à quente, mostram-se na Tabela 43. Observa-se que este parâmetro foi sensível à temperatura, ao nível de significância de 5% e à umidade ao nível de 1%.

Os demais efeitos, inclusive o efeito da interação temperatura x umidade, não foram significativos. Isto sugere que os efeitos dessas variáveis comportaram-se inversamente, originando uma compensação desses efeitos.

3. Viscosidade à Frio

Este parâmetro mostrou-se altamente afetado pela temperatura e pela umidade (significância 1%), enquanto que os demais efeitos não tiveram incidência sobre essa viscosidade. Assim como na viscosidade à quente, a interação entre as variáveis significativas não produziram, estatisticamente, variação neste

TABELA 42

Análise de variância dos resultados de viscosidade inicial dos produtos extrudados

CAUSA DA VARIÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M	F
Temperatura	2	155.664,5	77.832,2	5,91*
Umidade	2	4.930	2.465	0,19
Velocidade	2	5.785,8	2.892,9	0,23
Interação T' x U'	1	4.608,6		0,35
Interação T' x V'	1	76,7		0,00
Interação U' x V'	1	4,1		0,00
Blocos	2	8.649,2		
Resíduo	15	197.639,6	13.175,9	
Total	26	377.358,5		

* Significância a 5%

GL: Graus de liberdade

SQ: Soma de Quadrados

QM: Quadrado Medio

TABELA 43

Análise de variância dos resultados da viscosidade à quente dos produtos extrudados

CAUSA DA VARIÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Temperatura	2	18.971,2	9.485,6	4,33*
Umidade	2	36.453,4	18.226,7	8,32**
Velocidade	2	3.523,6	1.761,8	0,80
Interação T' x U'	1	180,2	180,2	0,08
Interação T' x V'	1	69,3	69,3	0,03
Interação U' x V'	1	31,7	31,7	0,01
Blocos	2	8.080,3		
Resíduo	15	32.838,8	2.189,2	
Total	26	100.148,5		

* Significância a 5%

** Significância a 1%

parâmetro, pelo contrário, nota-se que o valor de F foi ainda menor, o que aparentemente estaria correlacionado com a maior significância apresentada pela temperatura.

Os resultados da análise de variância deste parâmetro, apresentam-se na Tabela 44.

4. Índice de Solubilidade em Água

Outro parâmetro que mostrou-se altamente significativo foi o índice de solubilidade em água, inclusive superior ao anteriormente apresentado. Também notou-se que, estatisticamente, a velocidade já mostrou alguma influência sobre este índice, não chegando, entretanto, a ser significativo.

A Tabela 45, apresenta os resultados da análise de variância para o índice de solubilidade em água.

5. Índice de Absorção de Água

Os resultados da análise de variância do índice de absorção em água, apresentam-se na Tabela 46. Nela observa-se que esse parâmetro não sofreu alterações significativas em função de nenhuma das variáveis consideradas.

TABELA 44

Análise de variância dos resultados da viscosidade à frio dos produtos extrudados

CAUSA DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M	F.
Temperatura	2	103.301,8	51.650,9	6,80**
Umidade	2	229.835,2	114.917,6	15,13**
Velocidade	2	17.540,7	8.770,3	1,15
Interação T' x U'	1	567,2		0,07
Interação T' x V'	1	267,6		0,03
Interação U' x V'	1	88,0		0,01
Blocos	2	33.835,2		
Resíduo	15	113.938,4	7.595,9	
Total	26	499.374,1		

** Significância a 1%

TABELA 45

Análise de variância dos resultados do índice de solubilidade em água dos produtos extrudados

CAUSA DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.
Temperatura	2	49,1	24,5	15,1**
Umidade	2	150,1	75,0	46,1**
Velocidade	2	10,5	5,25	3,22
Interação T' x U'	1	0		
Interação T' x V'	1	0		
Interação U' x V'	1	0		
Blocos	2	1,56		
Resíduo	15	24,44	1,63	
Total	26	235,7		

** Significância a 1%

TABELA 46

Análise de variância dos resultados do índice de absorção de água dos produtos extrudados

CAUSA DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.
Temperatura	2	2,58	1,29	1,18
Umidade	2	1,45	0,72	0,67
Velocidade	2	1,22	0,61	0,56
Interação T' x U'	1	0,22		0,20
Interação T' x V'	1	0,00		
Interação U' x V'	1	0,02		0,02
Blocos	2	2,47		
Resíduo	15	16,3	1,09	
Total	26	24,26		

6. Açúcares Totais

Os açúcares totais dos produtos extrudados, mostraram-se significativos, a nível de 1%, com a variação da umidade da matéria prima, não apresentando alterações estatisticamente significativas para as demais variáveis.

A Tabela 47 mostra os resultados da análise de variância dos dados deste parâmetro.

7. Açúcares Redutores

Na Tabela 48 observam-se os resultados da análise de variância deste parâmetro. A análise indicou que o teor de açúcares redutores do produto extrudado foi altamente significativo quanto à umidade da matéria prima. Também foi observado algum efeito da velocidade do parafuso, mas sem chegar a ser significativo.

Em conclusão, a análise estatística indicou que o índice de absorção de água não apresentou mudanças significativas, dependentes das variáveis estudadas. A viscosidade inicial, só mostrou significância pela temperatura, enquanto que, a viscosidade à quente, a viscosidade à frio e o índice de solubilidade em água foram sensíveis à temperatura e à umidade, e os açúcares totais e redutores mostraram-se somente afetados pela umidade.

TABELA 47

Análise de variância dos resultados do teor de açúcares totais dos produtos extru-
dados

CAUSA DA VARIÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.
Temperatura	2	128,1	64,05	0,01
Umidade	2	148.154,7	74.077,3	12,55**
Velocidade	2	7.925,8	3.962,9	0,67
Interação T' x U'	1	55,6		0,01
Interação T' x V'	1	4,7		0,00
Interação U' x V'	1	52,8		0,009
Blocos	2	16.413,4		
Resíduo	15	88.509	5.900,6	
Total	26	261.244,1		

** Significância a 1%

TABELA 48

Análise de variância dos resultados do teor de açúcares redutores dos produtos extrudados

CAUSA DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.
Temperatura	2	647,2	323,6	0,05
Umidade	2	218.892,0	109.446	17,9**
Velocidade	2	27.900,5	13.950,2	2,28
Interação T' x U'	1	22,69		0,004
Interação T' x V'	1	0,15		0,000
Interação U' x V'	1	26,0		0,004
Blocos	2	4.302,5		
Resíduo	15	91.737,9	6.115,9	
Total	26	343.528,9		

** Significância a 1%

H. Usos Prováveis dos Produtos Extrudados

Para a definição dos usos prováveis das farinhas de quinera de arroz modificadas por extrusão, foi tomado como critério principal, que o produto formulado apresentasse a maior simplicidade possível e que de preferência fosse de fácil preparo. Entre os produtos que foram encontrados como de potencial interesse estavam os mingaus, pudins, mamadeiras, bebidas frias e quentes e sopas.

A seleção das amostras de farinha extrudada, para o uso nas formulações, foi realizada com base nas características viscoamilográficas. De acordo com essas características, as farinhas extrudadas foram agrupadas em três graus de modificação:

- a) Farinhas com baixa gelatinização, correspondentes aos ensaios de extrusão a temperatura de 120°C e umidade de 25%.
- b) Farinhas com alta gelatinização, produzidas nos ensaios de extrusão a 200°C e umidade de 25%.
- c) Farinhas com alta modificação, que foram as extrudadas a 200°C e umidade de 15% e que caracterizaram -se por ter viscosidades relativamente baixas e mais ou menos constante durante todo o viscoamilograma.

O uso das farinhas do primeiro grupo, está limitado a produtos que necessitem de cocção adicional, como poderia ser so

pas e pudins não instantâneos; para sopas apresenta-se o problema da retrogradação relativamente alta, pouco desejada para esses produtos.

O segundo grupo de farinhas, teria sua aplicação principalmente no preparo de mingaus e possivelmente para pudins instantâneos. Essas farinhas caracterizaram-se por ter viscosidade inicial relativamente alta (450 U.A.) e viscosidade à frio (55°C) por volta de 300 U.A.

Finalmente, o outro grupo poderia ser usado na preparação de mamadeiras e bebidas frias ou quentes aproveitando a estabilidade de sua viscosidade.

Na tentativa de experimentação do uso dessas farinhas, foram considerados de maior interesse, os dois últimos grupos, que permitiram a preparação de produtos instantâneos, para possível uso infantil.

A distribuição do tamanho das partículas das farinhas extrudadas, dos três grupos selecionados, foi semelhante, e uma média da análise granulométrica apresenta-se na Tabela 49.

As primeiras experiências com as farinhas de alta gelatinização, mostraram que o produto não possuía a propriedade de formar gel, pelo qual foi descartada a possibilidade de obter uma formulação simples de pudins. Quanto aos mingaus, o comportamento foi semelhante ao apresentado por outras farinhas pré-

TABELA 49

Distribuição média do tamanho de partícula das farinhas extrudadas

PENEIRA nº	DIÂMETRO mm	PORCENTAGEM
35	0,420	0,30
48	0,297	0,92
65	0,210	11,50
100	0,149	36,66
150	0,105	11,84
Fundo		38,78

-cozidas de cereais, empregadas no preparo desse alimento infantil.

Com base nessas observações, foram preparadas misturas das farinhas, com leite integral em pó e açúcar, notando-se que, funcionalmente, as diferentes amostras comportaram-se praticamente igual. A composição da mistura e os resultados dos cálculos da proteína e das calorias presentes na formulação, mostram-se na Tabela 50.

O produto correspondeu a uma suspensão estável à concentração de 35% (P/V), com textura ligeiramente áspera, preparado com água fria ou quente, sem mostrar distinção.

Com as farinhas de alta modificação, foi tentada a preparação de mamadeiras e de bebidas tipo "Milk Shake". Para as mamadeiras, as farinhas apresentaram-se grossas, não sendo portanto recomendáveis para esse tipo de alimento, pelo menos para uso instantâneo. Possivelmente, maior redução do tamanho de partícula possa permitir esse tipo de emprego.

Para bebidas frias ou quentes, ainda que a textura seja ligeiramente arenosa, a farinha permitiu a formação de uma suspensão estável apropriada para esse tipo de produto. Para elevar o teor protéico do produto, na formulação básica, foi incluído um isolado protéico de soja, em quantidade suficiente para atingir um nível de proteína semelhante ao leite desengordurado.

TABELA 50

Composição da farinha para preparação de mingau¹

(b.s.)

INGREDIENTES	%	PROTEÍNA	GORDURA	C.H.	CALORIAS
Farinha	28,99	2,64	0,32	25,86	116,88
Leite em pó	37,68	9,65	9,50	13,79	179,26
Açúcar	33,33			33,33	133,32
Total	100,00	12,29	9,82	72,98	429,46

1. Cálculo com base na composição média dos ingredientes. Por 100 gramas de produto

A composição aproximada da mistura apresenta-se na Tabela 51.

A formulação definitiva das farinhas para uso em mingau e bebidas, deverá ser complementada com vitaminas, minerais, sabores e corantes de tipo natural, para que possam ser considerados adequados para merenda escolar.

I. Ensaio de Aceitação

Os resultados do ensaio de aceitação da bebida tipo "Milk Shake" apresentam-se na Tabela 52. Os cálculos mostrados correspondem a dois ensaios com o mesmo grupo escolar, mas sob circunstâncias diferentes. No primeiro ensaio, o produto foi oferecido 50 minutos após a merenda normal (sopa) e à temperatura ambiente. Na segunda oportunidade (no dia seguinte), o produto foi oferecido antes da merenda e refrigerado.

Os dados mostrados na Tabela, indicam que houve maior aceitação do produto, quando foi oferecido refrigerado e antes da refeição. O índice de aceitação atingido no segundo ensaio deixa a bebida dentro dos limites adequados para uso em merenda escolar.

A aceitação do mingau, como já foi dito, realizou-se com um grupo de crianças pré-escolares. Os resultados dessa primeira sessão mostram-se na Tabela 53.

TABELA 51

Composição da farinha para preparação de bebidas¹
(b.s.)

INGREDIENTES	%	PROTEÍNA	CORDURA	C.H.	CALORIAS
Farinha	22,99	2,09	0,26	20,50	92,70
Isolado de soja	12,64	11,38	0,10	0,30	47,62
Açúcar	64,37			64,37	257,48
Total	100,00	13,47	0,36		397,80

1. Cálculo com base na composição média dos ingredientes. Por 100 gramas de produto

TABELA 52

Índice de aceitação da bebida tipo "Milk Shake"

ITEM	ENSAIO I	ENSAIO II
Nº de Crianças	108	81
Quantidade Oferecida (lt)	14,0	13,0
Sobras (lt)	4,8	2,2
Índice de Aceitação	65,7	81,3

TABELA 53

Índice de aceitação do mingau

ITEM	ENSAIO I
Nº de Crianças	45
Quantidade Oferecida (lt)	6
(Sobras (lt)	2
Índice de Aceitação	66,7

A aceitação relativamente baixa do produto pode ter sido causada pelo hábito (já estabelecido) das crianças, de dispor de uma bebida com sabor de chocolate acompanhada de pão com manteiga. Afim de esclarecer a causa de aceitação relativamente baixa do produto, foi programado um ensaio de aceitação do mingau com 20 adultos de ambos os sexos.

Este ensaio foi realizado, usando uma escala hedônica de nove pontos, dando como resultado uma média de 7,62, indicando que o produto teria uma boa aceitabilidade. Entre as observações que foram feitas pelos provadores adultos destacam-se somente o gosto de amido e a arenosidade.

Em conclusão, os ensaios de aceitação indicaram que potencialmente as farinhas de quirera de arroz, modificados por extrusão, podem ser utilizadas na formulação de bebidas tipo "Milk Shake" e de mingau, embora seja necessário reduzir a arenosidade encontrada nos produtos, o que contribuiria para melhorar sua aceitabilidade.

V. CONCLUSÕES

1. A distribuição do tamanho das partículas, dentro dos níveis estudados, afeta só ligeiramente as características funcionais do produto extrudado. Entre os parâmetros usados para avaliar o efeito da granulometria da matéria prima, sobre as características do produto, somente os açúcares redutores apresentaram um aumento quando o tamanho de partícula foi maior, enquanto que o torque do extrusor foi menor quando trabalhou-se com farinha de quebra.
2. A umidade da matéria prima afeta significativamente todos os parâmetros empregados na caracterização do produto, exceto o IAA. As viscosidades à quente e à frio e os açúcares (totais e redutores) mostraram aumentos paralelamente com a umidade. O índice de solubilidade em água e as modificações estruturais da farinha foram maiores na medida que a umidade diminuiu.
3. O efeito da temperatura de extrusão, a baixo teor de umidade (15%), não foi bem definido, ainda que foi observado um aumento na gelatinização da farinha e do ISA. Os teores de açúcares no produto não foram afetados pela temperatura.
4. As velocidades do parafuso usadas na extrusão das farinhas, não influenciaram os parâmetros empregados para caracterizar

os produtos. Parece existir um maior atrito mecânico quando o extrusor foi operado a 130 rpm, originando maior modificação na farinha.

5. O índice de absorção de água, foi o único parâmetro que não mostrou correlação, nem mudanças significativas, como efeito resultante da variação das condições de operação que foram em saídas.
6. A análise estatística indicou que a viscosidade inicial da farinha extrudada teve significância (5%) com a temperatura, enquanto que as viscosidades à quente e à frio e o ISA o foram com a temperatura e a umidade. Os açúcares, por outra parte, apresentaram significância (1%) com a umidade e o IAA não mostrou correlação com nenhuma das variáveis.
7. Através da combinação das variáveis estudadas, podem ser produzidas farinhas com três graus diferentes de modificação (baixa e alta gelatinização e alta modificação). As farinhas com alta gelatinização, podem ser usadas na preparação de mingau tipo instantâneo, enquanto que as de alta modificação são apropriadas para preparação de bebidas tipo "Milk Shake".
8. Os ensaios de aceitação do mingau e da bebida tipo "Milk Shake", mostraram que, embora os produtos devam ser melhorados, a farinha de quirera de arroz pode ser usada para a formulação desses produtos.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN ASSOCIATION OF CEREALS CHEMISTS. AACC — Aproved methods of the American Association of Cereals Chemists. 7^a ed. St. Paul Minnesota, AACC, 1969.
2. ADAIR, C.R. — Production and utilization of Rice. In: Rice: Chemistry and Technology. St. Paul Minnesota, Houston D. F., 1972.
3. AGUILERA, J.M. & KOSIKOWSKI, F.V. — Extrusion and roll-cooking of corn-soy-whey mixtures. J. Food Science 43: 225-277, 1978.
4. ANDERSON, R.A.; CONWAY, N.F.; PFEIFER, V.F. & GRIFFIN, E.L. — Gelatinization of corn grits by roll - and extrusion - cooking. Cereal Science Today 14(1): 4-12, 1969.
5. BEETNER, G.; TSAO, T.; FREY, A. & HARPER, J. — Degradation of Thiamine and Riboflavin during extrusion processing. J. Food Science 39: 207-208, 1974.
6. BEZERRA, J.M. — Modificações das características de Gelatinização de farinha de Quirera de Arroz por Sais e Concentração hidrogeniônica. Campinas, 1981 Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola (Tese).

7. BRASIL. FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA — Anuário Estatístico do Brasil - 1982. Rio de Janeiro, Secretaria de Planejamento da Presidência da República, 1983, Volume 43.
8. BRASIL. INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA — Prognóstico 82/83. São Paulo, Secretaria de Agricultura e Abastecimento, 1982, Volume II, pp. 92-95.
9. BRASIL. INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA — Prognóstico Região Centro-Sul. São Paulo, Secretaria de Agricultura e Abastecimento, 1982, Volume 9, pp. 346-361.
10. BREIKIV, O.N. — Instant pudding. U.S. Patent 3.231.391, 1966; Chem. Abstr. 64: 11774 g.
11. BROCKINGTON, S.F. & KELLY, V.J. — Rice breakfast cereals and infant foods. In: Rice: Chemistry and Technology. St. Paul Minnesota, Houston D.F., 1972.
12. BROOKER, D.; BAKKER-ALKEMA, F. & HALL, C. — Drying Cereals Grain. Westport, AVI Publishing Co., 1974.
13. CAGAMPANE, G.B.; CRUZ, L.J.; ESPIRITU, S.G.; SANTIAGO, R.G. & JULIANO, B.O. — Studies on the extraction and composition of rice protein Cereal Chem. 43: 145, 1966.

14. CARTANO, A.V. & JULIANO, B.O. — Hemicelluloses of milled rice. J. Agr. Food Chem. 18:40, 1970.
15. CHANG, K.Y. — Efeito de Branqueadores e da Radiação de Microondas na Qualidade Tecnológica do Arroz Integral. Campinas, 1982, Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola (Tese).
16. CHIANG, B.Y. & JOHNSON, J.A. — Gelatinization of starch in extruded products. Cereal Chem. 54(3): 436-443, 1977.
17. DEOBALD, H.J. — Rice flours. In: Rice: Chemistry and Technology. St. Paul Minnesota, Houston D.F., 1972.
18. DOESTHALE, Y.G.; DEVARA, S.; RAO, S. & BELAVADY, E. — Effect of milling on mineral and trace element composition of raw and parboiled rice. J. Sci. Food Agric. 30: 40-46, 1979.
19. EL-DASH, A.A. — Application and control of thermoplastic extrusion of cereals for food and industrial uses. In: Cereals a Renewable Resource: Theory and Practice. St. Paul Minnesota, AACC, 1982.
20. FONSECA, H.; SOAVE, J.; AZZINI, L.E.; BANZATTO, N.V. & CAMARGO, O.B.A. — Arroz, Produção, Pré-Processamento e Transforma-

ção Agroindustrial. São Paulo, Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1983.

21. FRASER, J.R. & HOLMES, D.C. — The proximate analysis of rice carbohydrates. J. Sci. Food Agr. 9: 511, 1958.
22. GOMEZ, M.H. & AGUILERA, J.M. — Changes in the starch fraction during extrusion - cooking of corn. J. Food Science 48: 378-381, 1983.
23. GUAZZELLI, R.J. — Tecnologia e aspectos econômicos do arroz de sequeiro. Lavoura Arrozeira Porto Alegre, RS. 33: 48-59, 1980.
24. HODGE, J.E. & HOFREITER, B.T. — Determination of reducing sugars and carbohydrates. In: Methods in carbohydrates chemistry. New York, Whistler, R.L. & Walfrom, M.L., 1962. p. 388.
25. HOUSTON, D.F. — Rice bran and polish. In: Rice: Chemistry and Technology St. Paul Minnesota, Houston D.F., 1972.
26. JULIANO, B.O. — The rice caryopsis and its composition In: Rice: Chemistry and Technology St. Paul Minnesota, Houston D.F., 1972.

27. KIM, J.C. & ROTTIER, W. — Modification of Aestirvm Wheat Se molina by extrusion. Cereal Food World 24(2): 62-66, 1980.
28. KULP, K. & LORENZ, K. — Heat-moisture treatment of starches I. Physicochemical properties. Cereal Chem. 58(1):46-48, 1981.
29. KULP, K. & LORENZ, K. — Heat-moisture treatment of starches II. Funtional properties and baking potential. Cereal Chem 58(1): 49-52, 1981.
30. LAWTON, B.T.; HENDERSON, G.A. & DERLATKA, E.J. — The effects of extruder variables on the gelatinization of corn starch Canadian J. Chem. Engineering 50: 168-172, 1972.
31. LEE, T.C.; WU, W.T. & WILLIAMS, V.R. — The effect of storage time on the compositional patterns of rice fatty acids. Cereal Chem. 42: 498, 1965.
32. LUGAY, F.C. & JULIANO, B.O. — Fatty acid composition of rice lipids by gas-liquid chromatography J. Am. Oil Chemist's Soc. 41: 273, 1964.
33. LYNN, L. & ANDERSON, R.M. — Methods for preparing pre-cooked rice flour. Us Patent 3.432.309, 1969.

34. MERCIER, C. & FEILLET, P. — Modification of carbohydrate components by extrusion-cooking of cereal products. Cereal Chem. 52(3, pt 1): 283-297, 1975.
35. MERCIER, C.; CHABONNIERE, R.; GRABANT, J. & DE LA GUERIVIERE, J.F. — Formation of amylose lipid complexes by twin-screw extrusion cooking of manioc starch. Cereal Chem. 57(1): 4-9, 1980.
36. MOTTERN, H.H.; SPADARO, J.J. & GALLO, A.S. — Cooking - Extrusion Expansion of rice Food Techn. 23: 567, 1969.
37. NELSON, N. — A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. J. Biol. Chem. 153: 375-380, 1944.
38. NOGUCHI, A.; KUGIMIYA, W.; HAQUE, Z. & SAIO, K. — Physical and chemical characteristics of struded rice flour and rice flour fortified with soybeans protein isolate. J. Food Science 47: 240-245, 1981.
39. NORMAND, F.L.; HOGAN, J.T. & DEOBALD, H.J. — Protein content of successive peripheral layers milled from wheat, barley, grain sorghum and glutinous rice by tangential abrasion. Cereal Chem. 42: 359-367, 1965.

40. OSMAN, E.M. — Starch in the food industry. In: Starch: Chemistry and Technology. New York, Whistler, R.L. & Paschall, E.F., 1967.
41. PALMIANO, E.P.; ALMAZAN, A.M. & JULIANO, B.O. — Physico-chemical properties of protein of developing and mature rice grain. Cereal Chem. 45:1, 1968.
42. PATON, D. & SPRATT, W.A. — Component interactions in the extrusion cooking process. I. Processing of chlorinated and untreated soft wheat flour. Cereal Chem. 55 (6): 973-980, 1978.
43. PIMENTEL, G.F. — Curso de estatística experimental. 10^a ed. Piracicaba - SP, Livraria Novel S.A., 1982.
44. POWELL, E.L. — Production and use of pregelatinized starch. In: Starch: Chemistry and Technology. New York, Whistler, R.L. & Paschall, E.F., 1967.
45. RADLEY, J.A. — The food industry. In: Industrial uses of starch and its derivatives London, Radley, J.A., 1976.
46. SAIR, L. — Heat-moisture treatment. In: Methods of carbohydrates chemistry New York, Whistler, R.L., 1964, pp. 283-285.

47. SAIR, L. — Heat-moisture treatment of starch. Cereal Chem.
40: 8, 1967.
48. SHINN, B. — Evaporation and Drum Drying. In: Starch produc-
tion technology. London, Radley, J.A., 1976.
49. SOMOGYI, M. — A new reagent for the determination of sugars.
J. Biol. Chem. 160: 61-68, 1945.
50. STERMER, R.A. — Enviromental conditions and stress cracks in
milled rice. Cereal Chem. 45: 365, 1968.
51. VAN DE KRAMER, J.H. & VAN GINKEL, L. — Rapid determination
of crude fiber in cereals. Cereal Chem. 29(4): 239-
251, 1952.
52. WEBB, B.D. & STERMER, R.A. — Criteria of rice quality. In:
Rice: chemistry and technology. St. Paul Minnesota,
Houston, D.F., 1972.
53. WITTE, Jr. G.C. — Conventional rice milling in the United
States. In: Rice: chemistry and technology. St. Paul ,
Minnesota, Houston, D.F., 1972.