

UTILIZAÇÃO DE FARINHAS COMPOSTAS DE
TRIGO E SORGO NA FABRICAÇÃO DE PÃO

Por

LUIZ ISNARD BARROSO BASTOS
Químico Industrial, 1967, U.F.C.

Tese apresentada à

Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola
Universidade Estadual de Campinas
para obtenção do título de Mestre

Prof. Dra. Ruth dos Santos Garruti
- Orientadora -

Campinas, 1980

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

H O M E N A G E N S

Meu Pai,
Minha Mãe (*in memoriam*),
Ruth, esposa e companheira,
Micheline,
Isnard Filho e
Harley, meus filhos,
pelo incentivo e desprendimento
nas horas mais difíceis.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal da Paraíba e ao PICD/CAPES por esta oportunidade, permitindo o meu afastamento e facilidades.

Ao Prof. Dr. André Tosello, Diretor da Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola, pelo apoio à realização deste trabalho.

Desejo ainda externar muito particularmente imensos agradecimentos à Prof. Dra. Ruth dos Santos Garruti, por sua orientação inteligente e objetiva, paciência e, principalmente, pela sua amizade.

Também desejo agradecer ao Prof. Dr. Ahmed A. El-Dash pelos indispensáveis ensinamentos e orientação em grande parte deste trabalho e pelo período de convivência que mantive no transcorrer do curso.

A todos os professores que participaram, direta ou indiretamente, do curso, em especial a Fumio Yokoya, José Luiz V. Rocha, Ottilio Guernelli, Leopold Hartman, Frederick Strong III e Celina Camargo.

Agradeço ainda ao Prof. Dr. Josué Eugênio Viana, Chefe do Departamento de Química da Universidade Federal da Paraíba e ao Dr. H.G. Siekmann, do Laboratório de Colorimetria do Centro Tecnológico da Unicamp.

A todos que contribuíram para a realização deste trabalho, em especial à bibliotecária Angelina Godoy.

À Duratex S/A e ao Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, pelo fornecimento da matéria prima para a execução deste trabalho.

ÍNDICE GERAL

RESUMO	vii
SUMMARY	xi
INTRODUÇÃO	1
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
1. Aspectos gerais sobre o sorgo	10
2. Produção	11
3. Composição do sorgo	17
4. Moagem abrasiva do grão de sorgo	26
5. Farinhas compostas	28
6. Utilização do sorgo	32
MATERIAIS E MÉTODOS	36
1. Materiais	36
2. Métodos	38
2.1. Preparação das amostras	38
2.2. Caracterização das matérias primas	39
RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
A - Composição das matérias primas e rendimentos de moagem	50
B - Efeito da farinha de sorgo na viscosidade da farinha de trigo	56
C - Efeito da adição da farinha de sorgo nas características dos farinogramas da farinha de trigo nacional	63
D - Efeito do sorgo nas propriedades de mistura da massa	67

E - Efeito da adição de farinha de sorgo nas propriedades de extensão da massa	73
F - Efeito da adição de farinha de sorgo à farinha de trigo sobre a cor	82
G - Efeito da adição de farinha de sorgo à farinha de trigo nas características de reflectância das farinhas	90
H - Efeito da adição de farinha de sorgo à farinha de trigo sobre a qualidade do pão	90
I - Importância do uso de farinha de sorgo no pão	96
J - Economia de importação	98
CONCLUSÕES	101
BIBLIOGRAFIA	110

ÍNDICE DE QUADROS

I. Principais produtores mundiais de trigo, 1971 a 1978	2
II. Produção nacional de trigo nas Unidades Federativas, 1965 a 1977	3
III. Quantidade, em toneladas, de trigo importado, procedência e ano de importação, 1965 a 1977	4
IV. Produção de sorgo granífero no Brasil, de 1971 a 1978	7
V. Produção mundial de sorgo no período de 1971 a 1978	8
VI. Importação de trigo em grão pelo Brasil, 1967 a 1977	99

ÍNDICE DE TABELAS

I. Produção, área e rendimento dos cinco principais cereais cultivados no mundo, 1978	13
II. Produção, área e rendimento dos principais produtores mundiais de sorgo, 1977	14
III. Produção nacional de sorgo nas unidades federativas, de 1975 a 1977	16
IV. Composição química do milho e do sorgo	18
V. Análise química aproximada do grão de sorgo	19
VI. Composição do grão de sorgo inteiro e suas frações dissecadas manualmente	20
VII. Composição química do trigo integral	51
VIII. Composição química da farinha de trigo	51
IX. Rendimento de moagem do trigo em moinho Brabender Quadrumat Senior	53
X. Rendimento de descascamento do sorgo em beneficiadora de arroz	53
XI. Rendimento de moagem do sorgo descascado, obtido no moinho Brabender Quadrumat Senior	54
XII. Composição química do sorgo integral e descascado, em porcentagem	54
XIII. Composição química das frações do sorgo descascado, em porcentagem	55

XIV. Composição química da farinha de sorgo descascado	55
XV. Efeito da adição de farinha de sorgo na farinha de trigo sobre as características do amilograma	62
XVI. Efeito da adição de farinha de sorgo à farinha de trigo sobre a absorção de água no sistema farinha água e no sistema farinha- <u>á</u> gua-ingredientes	66
XVII. Efeito da adição de farinha de sorgo à farinha de trigo sobre as características dos farinogramas do sistema farinha- <u>á</u> gua	70
XVIII. Efeito da adição de farinha de sorgo à farinha de trigo sobre as características do farinograma no sistema farinha- <u>á</u> gua-ingredientes	72
XIX. Adição de farinha de sorgo à farinha de trigo nacional e seu efeito sobre as características do extensigrama da farinha de trigo no sistema farinha- <u>á</u> gua	81
XX. Efeito da adição de farinha de sorgo à farinha de trigo nacional sobre as coordenadas características dos valores tristimulus	88
XXI. Determinação da cor das misturas de farinhas de trigo e de sorgo em diferentes porcentagens	89
XXII. Efeito da adição de farinha de sorgo à farinha de trigo nas características de reflectância das farinhas	91
XXIII. Características da qualidade do pão obtido com misturas de farinha de trigo e de sorgo em diferentes porcentagens	95

ÍNDICE DE FIGURAS

1. Diagrama de cromaticidade da Comissão Internacional de Iluminação (C.I.E.) 41
2. Composição química do sorgo integral e sorgo descascado em beneficiadora Compacta Junior D'Andrea 57
3. Composição química das frações do sorgo moído no Brabender Quadrumat Senior 58
4. Fluxograma de processamento do sorgo 59
5. Amilograma de farinha de trigo puro e das misturas com farinha de sorgo 60
6. Efeito da adição de farinha de sorgo nas propriedades de viscosidade da farinha de trigo 61
7. Efeito da adição de farinha de sorgo na absorção de água da farinha de trigo no sistema farinha-água (SFA) e sistema farinha-água-ingredientes (SFAI) 64
8. Efeito da adição da farinha de sorgo na farinha de trigo sobre o tempo de chegada, tempo de desenvolvimento e tempo ótimo de mistura no sistema farinha-água-ingredientes (SFAI) 68
9. Efeito da adição da farinha de sorgo na estabilidade, tempo de saída e tempo de desenvolvimento da farinha de trigo no sistema farinha-água (SFA) 69
10. Efeito da adição de farinha de sorgo no índice de tolerância da farinha de trigo no sistema farinha-água (SFA) 74

11. Farinogramas de farinha de trigo pura e das misturas com farinha de sorgo	75
12. Efeito da adição de farinha de sorgo à farinha de trigo nas características de extensibilidade da massa no sistema farinha-água (SFA)	77
13. Efeito da adição de farinha de sorgo à farinha de trigo na resistência à extensão da massa no sistema farinha-água (SFA)	78
14. Efeito da adição de farinha de sorgo à farinha de trigo no número proporcional no sistema farinha-água (SFA)	79
15. Efeito da adição de farinha de sorgo na área total da farinha de trigo no sistema farinha-água	83
16. Efeito da adição de farinha de sorgo à farinha de trigo no Oxynumber no sistema farinha-água (SFA)	84
17. Efeito da adição de farinha de sorgo no grau de brancura (WB) da farinha de trigo	85
18. Efeito da adição de farinha de sorgo nas coordenadas de cor das farinhas	86
19. Localização das amostras no diagrama de cromaticidade	87
20. Efeito da adição de farinha de sorgo à farinha de trigo nas características e qualidade do pão	92
21. Efeito da farinha de sorgo na qualidade do pão	93
22. Quantidade, em toneladas, de trigo importado, nacional e consumido no período de 1966 a 1978	97

ANEXOS

A - Ficha usada no teste de panificação da Análise Sensorial	105
B - Ficha para teste triangular, utilizada na Análise Sensorial	106
C - Ficha para teste de preferência utilizada na Análise Sensorial	107
D - Mínimo de julgamentos corretos para estabelecer diferenciação significativa (teste monocaudal)	108
E - Mínimo de julgamentos corretos para estabelecer diferenciação significativa (teste bicaudal)	109

RESUMO

A incorporação de farinha de sorgo (*Sorghum vulgare*) à farinha de trigo nacional tem como objetivo principal diminuir a importação de trigo, utilizando matérias primas nacionais.

Foi estudado o efeito da adição de níveis crescentes de farinha de sorgo à farinha de trigo nacional no sistema farinha-água (SFA) e no sistema farinha-água-ingredientes (SFAI). Enfatizou-se também a pesquisa da influência dessa mistura na qualidade tecnológica de pães obtidos.

A mistura de 5 a 30% de farinha de sorgo com a farinha de trigo indicou que houve um aumento na viscosidade máxima dada pelos amilogramas dessas misturas.

No sistema farinha-água houve um aumento do nível de absorção de água com a incorporação de maiores porcentagens de farinha de sorgo na massa.

Em presença de ingredientes (SFAI) houve uma redução na quantidade de absorção de água tanto pela farinha de trigo quanto pelas misturas das farinhas.

Nas características de mistura, o tempo de desenvolvimento da massa e o tempo ótimo de mistura tiveram uma ligeira diminuição, indicando que a adição de farinha de sorgo praticamente não alterou a energia necessária para desenvolver o glúten.

No sistema farinha-água-ingredientes (SFAI) o tempo ótimo de mistura da massa apresentou valores mais elevados. O aumento da quantidade de farinha de sorgo fez com que houvesse aumento pouco acentuado do que no sistema farinha-água (SFA).

A extensibilidade diminuiu com a incorporação de farinha de sorgo e com os maiores tempos de descanso.

A resistência à extensão aumentou com a incorporação de farinha de sorgo e com menores tempos de descanso. Os resultados obtidos acusaram a possível presença de fator oxidante na farinha de sorgo.

O número proporcional sofreu um decréscimo com a incorporação de farinha de sorgo à farinha de trigo e com a redução dos tempos de descanso. Os valores mais elevados foram obtidos com 45 minutos de descanso, podendo isto indicar uma força de ligação mais forte na rede de proteínas do glúten nos menores tempos de descanso.

As áreas dos extensigramas foram decrescendo conforme se aumentou o teor de farinha de sorgo na massa, indicando uma deterioração na rede do glúten.

No teste experimental de panificação os pães feitos com até 10% de farinha de sorgo forneceram uma qualidade similar à do pão elaborado com farinha de trigo pura. Nos subseqüentes níveis de adição ocorreu uma queda nos índices de qualidade do pão bem mais acentuada.

A avaliação sensorial indicou que até 6% de farinha de sorgo incorporada à farinha de trigo nenhuma diferença significativa a nível de $p < 5\%$ foi observada. Por isso concluiu-se a possibilidade

de se utilizar até 6% de farinha de sorgo na farinha de trigo brasileiro sem que sejam notadas diferenças no sabor e no aroma do pão obtido.

SUMMARY

The incorporation of sorghum (*Sorghum vulgare*) flour into the locally produced wheat flour has the principal objective of diminishing wheat importation by employing Brazilian raw materials.

The effect of adding increasing amounts of sorghum flour to local wheat flour was studied in flour-water system (FWS) and flour-water-ingredients system (FWIS). There was also studied the effect of the above mixture on the technological quality of bread.

Addition of 5-30% of sorghum flour to wheat flour produced an increase of maximum viscosity as shown by the amylograms of the mixtures thus obtained.

In the flour-water system there was an increase of the water absorption level when large proportions of sorghum flour were incorporated in the dough.

In the presence of ingredients (FWIS) the water absorption diminished both for wheat flour and flour mixtures.

Regarding the characteristics of the mixture, the dough development time and the optimum time of the mixture showed a slight decrease thus indicating that the addition of sorghum flour practically did not alter the energy required for the development of gluten.

In the flour-water-ingredients system (FWIS) the optimum time of dough mixing showed increased values. The increase of the quantity of sorghum flour produced a light increase of the time of dough mixing in the flour-water system (FWS).

Extensibility diminished with the incorporation of sorghum flour and with increasing resting times.

Resistance to the extension increased with the incorporation of sorghum flour and with shorter resting times.

These results pointed towards a possible presence of an oxidising factor in sorghum flour.

The proportional number showed a reduction with the incorporation of sorghum flour to wheat flour and with shorter resting times. Higher values were obtained with 45 minutes of rest, a possible indication of a stronger binding force in the protein network of the gluten in the case of shorter resting times.

The extensigram areas showed a decrease with increasing amounts of sorghum flour in the dough, indicating a deterioration in the gluten network.

Bread samples produced with up to 10% of sorghum flour were of similar quality as bread made with pure wheat flour. With increasing addition levels the indices of bread quality showed a falling tendency.

Sensory analysis did not disclose any significant difference at $p \leq 5\%$ level on addition of up to 6% of sorghum flour to wheat flour. This led to the conclusion that it is possible to add up to 6% of sorghum flour to Brazilian wheat flour without any difference in flavor or odor of the bread being noted.

INTRODUÇÃO

A arte de fermentação da massa e de produzir pão é atribuída aos egípcios e babilônicos há mais de 1000 anos da era cristã. Fabricavam dois tipos de pães que denominavam escuro ou grosseiro, consumido pelos povos pobres e o branco mais refinado que era consumido pelos ricos e nobres (49).

Pão é um alimento muito utilizado, universalmente aceito como artigo de dieta altamente palatável; ele é, portanto, um veículo para a introdução de padrões de nutrição melhorado, apresentando uma única desvantagem, que é a dependência de importação de trigo (36).

A produção mundial de trigo evoluiu do período de 1961/71 até 1977 em 57.429.000t, representando um acréscimo de cerca de 17% (31).

De acordo com dados de Moura e outros (31), os países maiores produtores deste cereal são Rússia, Estados Unidos, China, Índia e Canadá que, juntos, representam mais de 60% da produção mundial, como se observa no Quadro I (31).

A produção e consumo de trigo no Brasil vem aumentando nos últimos anos, de acordo com dados estatísticos (3,7,8,24) e no período de 1966/1978 a produção e consumo deste cereal apresentou um comportamento insatisfatório, não atendendo ao nosso consumo interno, conforme demonstrado nos Quadros II e III.

Quadro I - Principais produtores mundiais de trigo, 1971 a 1978 (15,16,17,18)

Produtores	P r o d u ç ã o (1000 MT)							
	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
Rússia	92804	85993	107784	83800	66224	96882	92165	120800
EEUU	40034	42047	46408	48807	57765	58307	55420	48954
China	31005	34502	36002	37002	41003	45001	40003	44003
Índia	20859	26410	24735	22073	24104	28846	29010	31328
França	14112	18046	17792	18906	15013	16126	17349	21057
Canadá	13901	58272	64995	65829	17078	23587	19862	21146
Turquia	11423	12275	10080	11082	14830	16578	16720	16500
Itália	9756	9421	8920	9695	9610	9516	6329	8764
Austrália	9014	6434	12094	11200	11982	11667	9370	18300
Paquistão	6796	6867	7443	7629	7673	8691	9144	8289
Alemanha Oc.	6268	6608	7134	7761	7014	6702	7235	8118
Argentina	5873	7900	6560	5600	8570	11000	5300	8100
Polônia	4925	5147	5807	6410	5207	5745	5308	6000
Iugoslávia	4760	4844	4751	6283	4408	5979	5595	5355
Romênia	4433	6041	5489	4967	4862	6724	6463	6235
Reino Unido	4140	4780	5003	6032	4488	4740	5274	6450
Irã	3946	4500	4600	4100	5570	6044	5517	5700
Checoslováquia	3436	4017	4646	5126	4202	4807	5214	5600
Hungria	3410	4995	4502	5000	4007	5148	5319	5669
Sub-total (I)	290895	349099	381896	368302	313610	374090	346597	296368
Brasil	1743	983	2032	2750	1788	3215	2066	2677
Total (II)	292638	350082	383928	371052	315398	377305	348663	299045
(I)/(II)	99,40	99,72	99,47	99,26	99,43	99,15	99,41	99,10

Quadro II - Produção nacional de trigo nas Unidades Federativas, 1965 a 1977 (3, 7)

Unidade Federativa	A n o S a f r a												
	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
RS	206497	268548	308982	566638	960045	1511567	1743837	567253	1406114	1643769	1099677	1635114	689700
PR	6028	14448	35729	87497	138146	172204	239416	92076	457651	999549	435150	1125401	1257000
SC	9051	15465	20043	37236	40478	35579	23096	9230	9377	29851	16841	12083	4279
SP	-	62	-	1392	5225	12491	23580	18938	54754	123555	23669	164760	87300
MT	-	-	116	741	1525	3131	4388	6317	8642	17123	8017	26357	27242
GO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
DF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	16	4
MG	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1068	508
TOTAL	221576	298523	364870	693598	1146319	1734972	2034317	693814	1936542	2183847	1583054	2965339	2066039

Quadro III - Quantidade, em toneladas, de trigo importado, procedência e ano de importação
1965 a 1977 (9, 24)

Procedência	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
Argentina	1291600	1060000	650000	1064000	1000000	1012154	150000	1000000	926000	80000	140000	655000	881447
Austrália	-	-	200000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bulgária	-	80000	160000	135000	100000	-	60000	60000	-	-	-	-	-
Canadá	-	-	-	-	-	300000	400000	300000	400000	1300000	300000	1060000	892817
Espanha	-	-	100000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Estados Unidos	270000	785453	650000	470000	435000	518000	530000	640000	1685000	785000	1810000	1408000	593615
Idem, PL-480	250000	421900	498000	448000	449600	100000	287000	-	-	-	-	-	-
França	-	-	-	150000	-	-	-	-	-	-	-	60000	-
Hungria	-	30000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
México	-	-	60000	-	35000	-	-	-	-	-	-	-	-
Romênia	-	-	55000	-	117000	-	-	-	-	-	-	-	-
Rep.África Sul	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	169000
URSS	-	-	50000	80000	100000	-	-	-	-	-	-	-	-
Uruguai	90000	90000	10000	70000	-	-	100000	-	-	-	50000	-	71189
TOTAL	1901600	2467353	2433000	2417000	2236600	1930154	1527000	2000000	3011133	2165000	2300000	3183000	2608068

Não tem sido fácil para o Brasil aumentar a sua produção de trigo face às exigências de clima e solo para sua cultura. Daí as intenções políticas da administração de fomentar a cultura de outros cereais menos exigentes.

Cerca de 20 milhões de "bushels" de grãos de sorgo ou 3-5% da produção dos Estados Unidos são usados para fins industriais e alimentares; moagem úmida e seca e indústria de fermentação são os maiores responsáveis pelo seu consumo (38).

O processo úmido discutido por Watson (54) e Watson e Hirata (53) é responsável pelo consumo de 6-8 milhões de "bushels" de grãos de sorgo para obter amido, óleo e produtos para ração nos Estados Unidos.

Na Índia é preparado de muitas maneiras para fins de alimentação humana. Pode ser cozido de maneira semelhante ao arroz, mas frequentemente é misturado a outros cereais.

Na Ásia e África o sorgo não é comumente usado na fabricação de xaropes ou açúcar, desde que o açúcar de cana é melhor.

As variedades para produção de pão ou cozidos são chamadas "Bold", "Whitepearly". A Índia parece possuir a maioria destes tipos de grãos e, em algumas áreas, importantes consumidores do continente, o grão de sorgo pode ser preferido em lugar de trigo (38).

O uso de outros cereais além do trigo torna-se quase que imperioso e, no momento, encontra-se em expansão. Entre esses cereais destaca-se o sorgo, o qual é usado em países em desenvolvimento, como Ásia e África, em porcentagem elevada (cerca de 80%), como alimen

to humano, onde os cereais são a principal fonte de alimentos (38). Embora o Brasil não seja um grande produtor mundial de sorgo (quarto cereal em área plantada e cultivada no mundo), (2), a sua produção aumentou sensivelmente entre os anos de 1975-1977, passando de 201.699 para 435.141 toneladas em nosso país (3).

A produção de sorgo no Brasil e no mundo durante o período de 1971 a 1978 é mostrada nos Quadros IV e V.

Este aumento deve-se em parte à boa política de desenvolvimento praticada pelo governo federal, procurando incentivar a criação de novas fontes de alimentos, notadamente deste cereal, cuja tradição agrícola é inquestionável e apresenta amplas perspectivas de expansão no Brasil pelas vantagens enumeradas a seguir (27):

- 1. em áreas onde não ocorre *déficit* de produção de milho, o sorgo poderá suplementá-lo, liberando maiores quantidades de milho para o consumo humano ou mesmo exportação;
- 2. o sorgo permite a melhor utilização de áreas marginais na produção de cereais, principalmente naquelas onde a deficiência hídrica é o principal entrave, no caso da região semi-árida do Nordeste e mesmo em outras regiões do Brasil;
- 3. é cultura inteiramente mecanizada, desde o plantio até a colheita;
- 4. possibilita melhor aproveitamento de equipamentos agrícolas, principalmente das colhedeiças, que são as mesmas utilizadas para colher soja, trigo e arroz;
- 5. a palha obtida após a colheita dos grãos apresenta boa produ-

Quadro IV. Produção de sorgo granífero no Brasil, de 1971 a 1978 (15,16,17).

Ano	Produção de grãos (1000 MT)	Área colhida (1000 ha)
1971	-	-
1972	-	-
1973	250	147
1974	650	238
1975	483	230
1976	490	193
1977	435	178
1978	228	104

Quadro V. Produção mundial de sorgo no período de 1971 a 1978
(15,16,17).

Ano	Produção de grãos (1000 MT)	Área colhida (1000 ha)
1971	50.706	42.306
1972	44.851	38.162
1973	54.461	42.838
1974	50.306	42.370
1975	53.632	44.599
1976	64.948	51.735
1977	68.508	51.914
1978	69.117	51.911

ção em épocas de escassez, podendo ser aproveitada para o pastoreio direto do gado.

A substituição, ainda que parcial, da farinha de trigo por outras tem sido proposta para solucionar problemas relacionados à redução de importação de trigo, que vem acarretando um extravasamento de divisas para nosso país, bem como para suplementar calorias às populações menos favorecidas, em regiões onde outras culturas, como trigo, milho e arroz, não são tão favoráveis.

Em virtude de tudo isso é que se deve compreender e considerar como sendo de grande importância a investigação das alternativas de suplementação das farinhas de trigo com outras, tal como a farinha de sorgo.

Concluindo, o objetivo da pesquisa foi estudar as propriedades químicas, físicas, reológicas e sensoriais das farinhas de trigo nacional e suas misturas com sorgo em diferentes porcentagens, visando obter pão com teor máximo de farinha de sorgo, minimizando os efeitos depreciativos nas características tecnológicas e nas propriedades sensoriais que conferem qualidade ao produto.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1. Aspectos gerais sobre o sorgo

O sorgo é uma cultura de grande importância atual e pertence a um grupo de planta gramínea conhecida pelo nome científico como *Sorghum vulgare*.

A família sorgo tem sua origem desde épocas remotas em civilizações antigas da África e Ásia. Várias classes de sorgos estão sendo plantadas no mundo, mas todas de muitas variedades estão situadas dentro de quatro grupos principais: sorgo vassoura - cultivado visando a obtenção de panículas, usadas na fabricação de vassouras; sorgo granífero - cultivado para produção de grãos, com composição química equivalente à dos grãos de milho; sorgo forrageiro - empregado na formação de pastos (capim-sudão), sendo também utilizado na produção de feno, dando boa quantidade de massa verde; sorgo sacarino - seu colmo possui apreciável quantidade de sacarose e açúcares redutores, podendo ser usado tanto para silagem como para a produção de álcool e melado (44).

O sorgo granífero é o tipo mais importante economicamente, sendo conhecido por nomes que dependem da localidade, como "milo maize", "kafir corn", nos Estados Unidos e "jowar", na Índia (44).

A planta sorgo madura pode alcançar de 2 a 10 pés, dependendo da variedade, mas a maioria nos Estados Unidos atinge 4 metros.

O sorgo cresce principalmente em regiões secas e quentes, onde o milho não pode ser produzido com sucesso. É de clima tropical ou sub-tropical, mas pode crescer com sucesso em regiões temperadas, onde a temperatura do verão chega a 65°F (18,3°C) (44). Resiste melhor à seca e ao calor do que outros grãos, mas seu rendimento cai. O mecanismo não é bem entendido, mas alguns sorgos tornam-se dormentes durante certo período e voltam a crescer quando aparece umidade. Têm maior número de raízes e menor área de folhas do que o milho. Suas folhas tendem a enrolar e têm cutícula cerosa que aparentemente as conserva. Em comparação com o milho, suas folhas e colmos secam mais lentamente. A resistência do sorgo à seca, calor, gafanhotos, broca do milho e tolerância a solos pesados e arenosos são tradicionalmente as razões para o cultivo do sorgo em preferência ao milho, apesar de sua produção ainda ocupar o terceiro lugar entre os cereais cultivados nos Estados Unidos (44). O sorgo recebeu o nome de "camelo dos cereais" devido ao fato de a área em que se encontra essa cultura se localizar em faixas de precipitação pluviométrica de 300 a 700 mm anuais (5).

2. Produção

Produção Mundial

Rachie (38) cita que dados estatísticos de produção mundial de sorgo são incompletos, incluindo algumas vezes "millets" e grãos pa-

ra ração. Cita ainda que a produção mundial do grão de sorgo, estimada na última metade do ano de 1930, foi mais de 20 milhões de toneladas. Mais de 3/4 deste total foram produzidos por três continentes: Índia (6,5 M t), China (6,5 M t) e Manchuria (4,0 M t). Esta estimativa foi realizada antes do advento dos híbridos de sorgos. Estimativa da FAO indica que a produção total de sorgo, "millets" e outros cereais tem aumentado substancialmente nos períodos de 1948-1952 a 1965. Nos Estados Unidos a produção no ano de 1965 concentrou-se no Texas (42,9%), Kansas (20,5%), Nebraska (19,1%), Oklahoma (3,4%), Califórnia (3,3%), Novo México (2,2%), Missouri (2,0%) e Colorado (2,0%).

Arroz, trigo, milho e sorgo aumentaram de 53,9, 59,6, 62,8 e 65,3 % respectivamente, durante o período de 1950 a 1965. Nos cinco anos antes de 1965 o sorgo aumentou de 19,3%, mas somente 3% a mais de área foi cultivada.

A produção mundial de sorgo no período de 1971 a 1978 foi ilustrada no Quadro V. Em 1978 foi o quinto cereal mais produzido no mundo, sendo precedido apenas pelo trigo, arroz, milho e cevada, como mostra a Tabela I.

A relação dos dez principais produtores consta da Tabela II (15), sendo que Estados Unidos, Argentina e México possuem melhor nível tecnológico e condições ambientais. Na Argentina, em 1977, a produção foi inferior à do milho. Em segundo grupo estão Etiópia e Uganda, com nível tecnológico inferior e condições ecológicas ainda satisfatórias. Em último lugar, temos Alto Volta e Yemen, com

Tabela I - Produção, área e rendimento dos cinco principais cereais cultivados no mundo, 1978 (18)

Produto	Produção (1000t)	Área (1000ha)	Rendimento (kg/ha)
Trigo	385.736	231.624	1.665
Arroz	366.505	142.842	2.556
Milho	349.676	118.453	2.952
Cevada	173.094	91.368	1.894
Sorgo	68.508	51.914	2.952

Tabela II - Produção, área e rendimento dos principais produtores mundiais de sorgo, 1977 (17)

País	Produção (1000 t)	Área (100ha)	Rendimento (kg/ha)
Estados Unidos	20.143	5.703	3.532
Índia	11.818	16.273	726
Argentina	6.730	2.460	2.735
México	4.071	1.368	2.976
Nigéria	3.700	6.000	617
Sudão	1.980	2.750	1.240
Alto Volta	740	1.200	617
Yemen	660	786	840
Etiópia	621	708	948
Uganda	420	280	1.500

baixo nível tecnológico e ambiente bem adverso.

Produção do Brasil

No Brasil, a cultura de sorgo desenvolveu-se há poucos anos, ent tanto, tende a um decréscimo na produção e na área colhida, como mostra a Tabela III. Isto é justificado em grande parte pela falta de semente provocada por proibição de importação com a finalidade de evitar problemas de doenças e para incentivar a produção de sementes nacionais (20, 47).

Embora o Brasil não seja um grande produtor mundial de sorgo, sua produção aumentou sensivelmente entre os anos de 1975-1977, passando de 201.699 para 435.411 toneladas, conforme a Tabela III. De acordo com estes valores, sua produção concentra-se principalmente no Rio Grande do Sul, onde é um produto de relativa tradição, substituindo a soja no binômio trigo-soja, e São Paulo, onde seu recente incentivo deve-se às indústrias de rações.

A queda de produção deve-se a certos fatores, como, por exemplo, não ter formado volume de produção tal que interessasse às indústrias de rações, que requerem suprimento contínuo e seguro do produto, de modo a justificar alterações nas formulações de rações; portanto, tem-se um ciclo em que as fábricas não utilizam o sorgo em maior escala devido à pouca produção. Também a ausência de mercado (que é representado principalmente pelas fábricas de rações) influi para que a produção seja baixa (21).

Garcia e outros (20) citam ainda que, para se ter uma idéia do po-

Tabela III - Produção nacional de sorgo nas unidades federativas, de 1975 a 1977

(3)

Unidade Federativa	A n o S a f r a					
	Produção de grãos (t)			Área colhida (ha)		
	1975	1976	1977	1975	1976	1977
Rio Grande do Sul	156.099	216.500	214.000	66.812	96.200	91.000
São Paulo	32.172	38.014	169.620	10.828	11.904	56.540
Goiás	4.185	7.560	29.625	2.064	3.150	15.000
Rio Grande do Norte	2.679	1.581	3.733	3.480	3.819	4.615
Paraná	2.663	4.490	3.470	1.219	1.140	855
Santa Catarina	1.277	6.590	1.320	639	3.600	450
Mato Grosso	989	288	8.528	550	160	4.583
Minas Gerais	857	1.205	2.748	636	789	2.290
Espírito Santo	562	558	615	335	600	205
Ceará	216	443	1.600	120	230	2.000
Pernambuco	-	12	152	-	8	106

tencial de consumo de sorgo, caso a participação média fosse de 8% na composição total de ração, no período de 1971 a 1976 (o que é muito pequeno, pois pode chegar a 30-73%), teríamos um mercado de aproximadamente 800.000 t/ano.

3. Composição do sorgo

O sorgo tem composição química muito semelhante à do milho. No entanto, tem maiores variações, provavelmente devidas às diversificações dos meios em que é produzido. Os híbridos de sorgo atualmente usados têm maior teor de amido, em detrimento ao teor de proteínas, o que implica em menor teor protéico (5).

Banzato (5) cita que a composição de grãos de milho e de sorgo são semelhantes, como se pode ver pela Tabela IV, sendo que o sorgo contém mais proteínas do que o milho e que este é um pouco mais rico em substâncias graxas.

Rooney (44) cita a análise aproximada do grão de sorgo, cujos resultados são mostrados na Tabela V.

Quanto à composição do grão de sorgo e de suas partes, o endosperma contém maior parte em amido e proteína, ao passo que o germe contém aproximadamente 70% do total de gordura. O pericarpo contém maior parte de celulose do grão, como é mostrado na Tabela VI.

Tabela IV - Composição química do milho e do sorgo (5)

Componentes	Milho %	Sorgo %
Água	12,0	12,0
Proteínas (Nx6,25)	7,4	11,2
Gordura	4,0	3,0
Fibras	2,3	2,3
Cinzas	1,4	1,7
Carboidratos	72,9	69,8

Tabela V - Análise química aproximada do grão de sorgo (42)

Componentes	Variação %	Média %
Umidade	8,0-20,0	15,5
Amido	60,0-77,0	74,1
Proteína (Nx6,25)	6,6-16,0	11,2
Gordura	1,4-6,1	3,7
Cinzas	1,2-7,1	1,5
Fibra	0,4-13,4	2,6
Açúcar (dextrose)	0,4-2,5	1,8
Tanino	0,003-0,17	0,1
Cera	0,2-0,5	0,3
Pentosanas	1,8-4,9	2,5

Tabela VI - Composição do grão de sorgo inteiro e suas frações dissecadas manualmente (52)

Frações	Grão %	Proteína %	Amido %	Óleo %	Cinza %
Grão inteiro	100,0	12,3	73,8	3,6	1,7
Endosperma	82,3	12,3	82,5	0,6	1,7
Germe	9,8	18,9	13,4	28,1	10,4
Farelo	7,9	6,7	34,6	4,9	2,0

Proteínas

Haikerwal e Mathieson (21) mostraram que o germe do sorgo contém mais alta proporção de proteína, seguido, em ordem, pelo grão inteiro, endosperma e pericarpo. A composição em aminoácidos destas três partes, com maior proporção no germe do que no grão inteiro, é de lisina, histidina, arginina, glicina, ácido aspártico, treonina e colina.

Um aumento na proporção do germe eleva a proteína total e a proporção de certos aminoácidos essenciais. Também variedades mais maduras têm maior conteúdo de proteínas (21).

Albuminas, globulinas, prolaminas (kafirinas) e glutelinas representam 1,3-7,7, 2,0-9,3, 32,6-58,8 e 19,0-37,4% do total das proteínas do grão, respectivamente (44).

Rooney (44) cita ainda que a prolamina (kafirina) contém altos teores de ácido glutâmico (glutamina) e aminoácidos não-polares (leucina, prolina e alanina), mais baixos em metionina, lisina, triptofano, arginina, histidina e glicina. A glutelina é predominante no endosperma, que possui mais lisina, histidina, arginina e glicina do que kafirina. A albumina e a globulina predominam no germe. O aleurona e pericarpo são mais ricos em outros aminoácidos essenciais.

Em resumo, a proteína de sorgo é de baixa qualidade, aproximadamente igual à do milho. Possui baixo teor de lisina, treonina, metionina, arginina, histidina, glicina e tirosina. É rica em leucina.

na, glutamina, prolina e ácido aspártico (asparagina). A lisina e a treonina são os aminoácidos essenciais limitantes.

A distribuição de lisina é inversamente proporcional ao teor de proteína, ao passo que ácido glutâmico (glutamina) é positivamente correlacionado, o que significa dizer que o aumento de kafirina é proporcional ao conteúdo de proteína, o que se consegue com fertilização maciça (44).

Lípides

Os lípides são constituintes dos tecidos animais e vegetais, insolúveis em água, mas solúveis em ésteres ou outros solventes orgânicos não-miscíveis com água. Os lípides mais abundantes são as gorduras animais (sebo, toucinho) e óleos vegetais (algodão, milho, soja, etc.).

Consideráveis estudos têm sido feitos com a finalidade de se encontrar um substituto para a cera de carnaúba em alguns de seus usos. A cera do grão de sorgo tem semelhança, mas existem algumas diferenças em suas propriedades. Se os componentes presentes na cera do grão de sorgo forem determinados, meios poderão ser desenvolvidos para alterar suas proporções e produzir um material que possua a maioria das propriedades da cera de carnaúba (9).

Rooney e Clark (42) citam que a cera de grão de sorgo contém baixa porcentagem de ésteres e insaponificáveis em relação à cera de carnaúba, além de um hidrocarboneto que não existe nesta última. A

cera separada em três frações: parafina, ésteres e álcoois, apresentou as seguintes proporções, respectivamente: 5%, 49% e 46%, ao passo que a cera de carnaúba apresentou 86% de ésteres, 12% de álcoois, 1% de parafina, 4% de serinas e 3% de lactonas. Estes estudos mostram que a cera do grão de sorgo poderá ser promissora como substituta para a cera de carnaúba.

De acordo com Wall e Blessin (52) os lípidos de sorgo são importantes nutricionalmente e também influenciam o "flavor" e as características de armazenagem dos alimentos de sorgo. A maioria dos ácidos graxos no óleo de sorgo são: linolêico - 52%; olêico - 32%; palmítico - 10%; esteárico - 4% e linolênico - 1%. Os lípidos do pericarpo do sorgo, que constitui cerca de 0,3% do grão, são principalmente uma mistura de álcoois de cadeia longa (C-26 a C-30) e ésteres formados por combinação de álcoois com ácidos graxos.

Carboidratos

Wall e Blessin (52) citam que o teor de amido de sorgo corresponde a mais de 83% do endosperma. Grânulos de amido de sorgo assemelham-se àqueles do milho em tamanho, variação e forma. Em média, os grânulos de amido de sorgo são ligeiramente maiores, cerca de 15 μ comparados com 10 μ para o milho.

O amido de sorgo tem uma maior variação de temperatura de gelatinização (68°C a 76°C) do que o desejável para amido. Sorgos estão sendo selecionados de modo a se conseguir maior baixa na tempera-

tura de gelatinização (52).

Amidos cerosos estão contidos em variedades derivadas a partir de linhagens da China e África. Após a gelatinização, as propriedades dos grânulos de amidos cerosos diferem marcadamente a partir daquelas de amido normal. Amidos cerosos são compostos inteiramente, de amilopectina, em contraste com amido de sorgo normal, que contém aproximadamente 73% de amilopectina e 27% de amilose. Grânulos de amido ceroso incham e perdem a sua forma, mais do que aqueles de amido normal gelatinizados. O maior inchamento fornece mais alta viscosidade inicial à pasta de amido ceroso do que à pasta de amido normal.

O amido de sorgo ceroso não forma gel no resfriamento, como faz o amido de sorgo normal; no entanto, amido de sorgo ceroso tem uso como alimento (21).

Diferenças dentro das variedades de milho e sorgo são maiores do que as diferenças entre os dois. Fatores genéticos e ambientais influenciam a variação de temperatura de viscosidade de gelatinização (TVG). Sorgo forrageiro apresenta o amido com mais baixa TVG, enquanto que a variedade de sorgo granífero é intermediária.

Amidos a partir de variedades cultivadas no Texas, mas em locais distintos, mostraram diferenças em suas temperaturas da viscosidade de gelatinização (TVG). A temperatura de viscosidade de gelatinização do Texas foi mais alta 30°C do que o mesmo que cresceu em Illinois (42).

Fibras

O recobrimento de cereais contém certa quantidade de materiais denominados de fibras e que são em quantidade superiores àqueles existentes no endosperma amiláceo. A farinha branca destes produtos contém muito menor quantidade de fibras do que a farinha escura. De certo modo, representam o resíduo das substâncias das paredes das células, além de celulose e lignina, areia e outras substâncias minerais presas nos tecidos celulares. Os seus valores variam nos diferentes alimentos. Seus teores para farinha de trigo e trigo integral, segundo Kent-Jones e Amos (25), são, respectivamente, 0,3-0,9% e 2,0-2,5%, variando amplamente em função das partes componentes do grão.

Cinzas

Cinza ou resíduo por incineração é o nome dado ao resíduo obtido por aquecimento de um produto a temperatura próxima de 550-600°C. As cinzas deverão ficar brancas ou acinzentadas e poderão conter fosfatos, sulfatos, cloretos, cálcio e ferro.

As cinzas não são normalmente as mesmas substâncias inorgânicas, presentes no alimento original, devido às perdas por volatilização ou interação química entre constituintes. Elas deverão ser também compreendidas entre certos valores.

Segundo Kent-Jones e Amos (25) seus valores variam de 1,5-2,0% e 0,3-0,9% para trigo e farinha, respectivamente.

Enzimas

De acordo com Rooney e Clark (42), as enzimas são substâncias solúveis em água que inibem as amilases na semente de variedades de sorgo e resistem a temperatura de ebulição. Inibem todas as amilases, exceto aquelas de origem fúngica. A sua ação de inibição desaparece durante a germinação do grão de sorgo, sendo que tal agente inibidor se localiza no farelo.

Segundo Kneen e Sandstedt (26) o sorgo apresenta muito pequena atividade de alfa-amilase e de beta-amilase.

4. Moagem Abrasiva do Grão de Sorgo

Normand e outros (33) efetuaram estudos para determinar a possibilidade de usar o processo de abrasão tangencial para remover sucessivas camadas do possível material de elevado teor de proteína a partir do trigo, cevada e grão de sorgo. Em geral, a concentração mais alta de proteína encontra-se próxima da periferia do grão inteiro, mas ela pode ser baixa na camada mais externa se esta é alta em constituintes do verdadeiro farelo. Dados experimentais sugerem que a técnica de moagem pode ser adaptável à produção de farinhas de cereais com alto teor de proteína.

Grãos a partir de seis variedades, que diferem em textura do endosperma, foram submetidas a moagem abrasiva controlada até aproximadamente 45% de remoção do grão. Cada fração sucessiva consistiu de

aproximadamente 2% do peso da fração inicial. O conteúdo de proteína das frações, a partir de um grão com 15,2% de proteína, variou de 8,1% para 35,4% (42).

Reichert e Youngs (40) compararam o comportamento quantitativo de dois moinhos comerciais, sendo um do tipo de atrito e outro abrasivo, com perolador de cevada - modelo de laboratório Strong-Scott - no descascamento de sorgo pigmentado e painço da Nigéria. Valores de reflectâncias (450 m μ) das farinhas obtidas a partir de vários graus de descascamento foram medidos. Gráficos destes valores de reflectância, contra porcentagem removida dos grãos com cada um dos descascadores ilustraram que o perolador foi mais eficiente, sendo possível remover mais cor com menor perda de material. O moinho abrasivo foi comparável ao perolador, mas o de atrito foi menos eficiente. Análise de quebra do grão, como taxa de peneiração, foi efetuada em vários níveis de descascamento e indicou que o moinho abrasivo é geralmente mais adequado para descascamento de sorgo e painço da Nigéria .

Reichert e Youngs (41) compararam a composição química de sorgo descascado mecanicamente com moinho perolador de cevada e moinho "Village Scale", tipo abrasivo e de atrito ao descascador de grão, com o tradicional almofariz e pilão. Grãos descascados mecanicamente, com nível de extração de 75%, contêm menos óleo e cinza (31 a 51%) e menos proteínas (9 a 18%) do que o grão inteiro. A fibra foi removida mais efetivamente com o perolador de cevada e moinho tipo abrasivo do que com moinho tipo de atrito, ou método tradicional.

5. Farinhas Compostas

Vitti e colaboradores (51) relatam o início de programa de farinhas compostas, em 1964, por intermédio da FAO, que visava a obtenção de produtos de panificação, massas alimentícias e biscoitos possíveis de aceitação, quer do ponto de vista de qualidade física, quer nutricional. Nos últimos anos, o programa já passou da etapa de estudos básicos para a etapa de ensaios de produtos em muitos países da Ásia, África e América Latina.

Isto tornou-se necessário em virtude de nem todos os países serem capazes de produzir trigo em quantidade suficiente para atender suas necessidades de consumo.

O Brasil, como acontece com todos os países da América Latina, não possui condições climáticas e solos satisfatórios para a produção de trigo. Deste modo surgem duas alternativas: a primeira é a criação de variedades tritícolas próprias para cada região e a segunda será a fabricação de produtos alimentícios utilizando outros produtos, tais como sorgo, milho, soja, arroz e outros, em substituição à farinha de trigo.

Citam ainda Vitti e colaboradores (51) que várias vantagens surgirão em virtude da utilização de farinhas que não de trigo em pão e produtos do tipo biscoito e macarrão, quer sejam estímulos à agricultura e indústria nacional, emprego em áreas rurais e industriais, como também expansão e desenvolvimento da indústria de aditivos e novos empregos.

Com a atual política de importação, o Brasil está subsidiando a produção agrícola de outros países e, ao mesmo tempo, desestimulando as oportunidades de desenvolver em maior escala os seus recursos agrícolas potenciais.

Vários trabalhos de pesquisa no campo de farinhas compostas protéicas e amiláceas foram realizados desde 1964 pelo Instituto de Cereais, Farinha e Pão, TNO, Wageningen (Holanda).

Farinhas protéicas

Matz (29) mencionou que acima de 8% ocorrem mudanças em textura, aparência e sabor dos pães, mesmo com oxidantes.

Outros pesquisadores, como Tsen e Tang (49), Finney (19) e Marnett e colaboradores (28), estabeleceram condições ótimas para produção de pão com 12% de farinha de soja em farinha de trigo duro.

Camargo (7), comparando a qualidade do pão produzido com 5% de farinha de soja desengordurada e farinha de trigo com 72% de extração, não encontrou diferenças significativas.

Campos (8) estudou a adição de farinha de tremoço doce e encontrou que a substituição de 5% de farinha de trigo de 78% de extração por farinha de tremoço doce produziu um pão similar ao controle.

Farinhas Amiláceas

Bushuk e Hulse (6) estudaram o emprego de farinhas compostas na

produção de pão, substituindo parte da farinha de trigo vermelho duro de inverno (13,6% de proteínas e 0,42% de cinza, b.u.), por farinha de sorgo nas proporções de 10, 20, 30 e 40% com ou sem 0,5% de estearoil-2 lactato de sódio (SSL)-Emplex, utilizando o método "hand-mixing and development by sheeting", fornecendo resultados comparáveis ao Chorleywood.

Neste método, os ingredientes com 60% da farinha foram introduzidos no misturador e, após concluída esta operação, acrescentados 40% restantes da farinha, seguindo ao amassamento manual por 20 a 25 vezes, cobrindo a massa com tecido úmido e deixando descansar por 30 minutos. No final deste tempo, frações de 100 gramas de massa, foram laminadas por 10 vezes em cada par de rolos ajustados com 7/36, 3/16 e 5/32 polegadas de abertura entre os rolos. A seguir, levou-se à câmara de fermentação (35°C e 80% U.R.) por 10 minutos (1ª "proofing") e após isto novamente laminadas em pares de rolos ajustados com 11/32, 3/16 e 1/8 polegadas.

Os pães moldados foram introduzidos mais uma vez na câmara, durante 55 minutos ("proofing" final) e depois colocados em forno a 221°C durante 25 minutos para assar.

Com os pães frios fez-se a determinação de seus volumes por deslocamento de sementes e cortados para exame de suas características internas.

Os volumes dos pães sem sorgo (100% de trigo) e com sorgo (10, 20, 30 e 40%) acusaram 945, 825, 800, 665 e 510 centímetros cúbicos, respectivamente. Emplex teve um pequeno efeito nos volumes dos

pães de farinhas compostas.

De acordo com os testes de panificação efetuados por El-Dash (14) com várias amostras de trigo brasileiro, ficou constatada quantidade extremamente alta de alfa-amilase, indicada pela baixa viscosidade máxima dos amilogramas. Esta alfa-amilase reage com grânulos de amido gelatinizados durante o tratamento térmico do pão, durante o cozimento, produzindo um pão de baixa qualidade.

Hamed e colaboradores (22) encontraram que a adição de 10 e 15% de farinha de batata-doce à farinha de trigo não causou diminuição significativa no volume dos pães.

Olatunji e Akinrela (34) relataram que a adição da farinha de inhame, mandioca e fruta-pão na farinha de trigo, a nível de 10%, forneceu resultados semelhantes aos obtidos para a farinha de trigo pura, inclusive quanto às características do pão final.

Dendy e outros (11) citaram o emprego de farinha de sorgo na fabricação de pão em mistura com farinha de trigo, a níveis de 10 a 15%, produzindo pão de pobre volume.

Thipathi e colaboradores (48) mostraram que pão de mistura com sorgo foi semelhante ao pão feito com 100% de farinha de trigo, quando 5% de farinha de sorgo foi utilizada. O volume do pão foi reduzido e a compacticidade aumentou, mas a cor da crosta e a natureza do miolo não foram afetadas.

Zhumabekova e Ostrovskaya (56), usando sorgo da Ásia Central, moído sob condições de laboratório para produzir 70% de farinha, 5 e

10% foram adicionados à farinha de trigo de glúten forte e médio. O conteúdo de glúten foi ligeiramente reduzido por adição de farinha de sorgo, mas aumentou em resistência. O volume do pão produzido foi maior com farinha de trigo médio e ligeiramente menor com farinha forte, mas o sabor e o odor foram significativamente melhorados. Com 5% de mistura o miolo não variou de cor, mas com 10% ocorreu um ligeiro escurecimento.

Rao e House (39) relataram que se tem produzido pão de aceitável qualidade com 20 a 25% de farinha de sorgo substituindo a farinha de trigo vermelho duro de inverno, mas, usualmente, não mais do que 10% de farinha de sorgo pode substituir farinha de trigo sem reduzir significativamente o volume do pão, a granulação do miolo, a cor e a textura.

6. Utilização do Sorgo

Amido e óleo

O amido de sorgo é particularmente favorecido pelo uso em alimentos, pois tem menos "sabor de cereal". O processamento úmido de moagem permite a separação do amido com rendimento de 60 a 68%, o qual, após purificado, contém 0,3-0,4% de proteína, além de um rendimento em óleo de 2,5% aproximadamente (32, 52).

O amido purificado e separado pode ser modificado termicamente através de "spray dry" ou tambor ou quimicamente. O amido de sorgo

ceroso, ligado transversalmente, tem alta estabilidade que favorece o seu emprego em muitos produtos alimentícios modernos. Como exemplo, podemos citar o hidroxietil e o hidroxipropil, que produzem pasta clara, não retrogradada, como é desejado nas indústrias têxteis (32).

O amido de sorgo gelatinizado tem uma ampla aplicação nas operações de perfuração de poços de petróleo e como ligador nas indústrias de fundição, atuando como aglomerante, apesar de também ser usado em numerosas indústrias de enlatamento de alimentos, como enchedor de salsichas, como ingredientes de recheios de tortas e outros usos (32, 52).

Maltagem e fermentação

A indústria de fermentação usa 2,5 milhões de "bushels" de grãos de sorgo anualmente. Cervejeiros afirmam que "grits" de sorgo produzem cerveja com sabor e outras características (composição química, estabilidade, etc.) iguais àquelas obtidas com "grits" de milho (52).

Na África Oriental, 95% do sorgo produzido de cor bronze é usado especialmente em cerveja (12, 52).

Dextrose e dextrina

Glicose cristalina é obtida do amido de grão de sorgo por processo similar àquele usado na fabricação de glicose de milho, após hidrólise completa do amido por meio de ácidos ou enzimas e poste

rior purificação (32, 52). Suas aplicações na indústria de alimentos incluem fabricação de confeitados, pão, doces cozidos, frutas enlatadas e caramelos coloridos e usado na coloração de alimentos e bebidas (52).

Pastas feitas com dextrinas de amido ceroso são claras e estáveis, sendo usadas em papéis, como envelopes, selos e fitas de selar (12, 52).

Farinha de sorgo e "grits"

Várias plantas industriais dos Estados Unidos se dedicam à moagem seca do sorgo com a finalidade de obter farinha e "grits", com rendimento de 60 a 90%. A farinha pode ser utilizada na panificação, na produção de bolos e alguns tipos especiais de pães. Pode ser ainda usada na indústria de salsichas como ligante dos ingredientes a níveis de 3 a 5% e para reduzir os custos das salsichas (12, 52).

Ceras

Cera a ponto de fusão 80 a 84°C é semelhante à de carnaúba, podendo ser usada na formulação de pastas para polimento (52).

Utilização do sorgo no Brasil

Os principais usos do sorgo no mundo ainda não se aplicam ao Brasil. No sul do país, ou mais precisamente, no Rio Grande do Sul, como em outros Estados do Brasil, sua produção destina-se a ra-

ções; no entanto, acredita-se que 50% do grão de sorgo é utilizado na própria fazenda do produtor (32).

Alguns melhoramentos nas propriedades genéticas, físicas e químicas, com vistas às melhores condições de uso, seriam: nível de proteínas e aminoácidos (especialmente lisina), aumentar o tamanho dos grãos, desenvolver variedades sem pigmentos ou precursoras de pigmentos, melhorar as propriedades do amido, ou eficiência de recuperação e aumentar o conteúdo de óleo (38).

De acordo com Rooney e Clark (52), aumentando o conteúdo de proteínas, temos um melhoramento no aspecto da nutrição humana. Em diversos países da África e Ásia, especialmente Índia, onde o sorgo é o principal alimento, prevalece severa malnutrição protéica. Um aumento de 2% de proteínas ou mais, acompanhado por um aumento de lisina, poderia melhorar o nível nutricional nesses continentes.

Pequeno aumento em conteúdo de gordura poderia contribuir significativamente para o aumento calórico do sorgo.

MATERIAIS E MÉTODOS

1. MATERIAIS

1.1. Matérias primas

Sorgo de endosperma branco, fornecido pelo Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo - Sete Lagoas, MG - e trigo mole de procedência nacional, fornecido pela Indústria Duratex S.A - Campinas, SP - foram utilizados neste trabalho.

1.2. Ingredientes e reagentes

Os seguintes produtos comerciais foram usados:

- fermento biológico; sal com 99,5% de pureza; gordura hidrogenada vegetal; sacarose; ácido ascórbico.

Empregamos ainda os seguintes reagentes p.a.:

- éter de petróleo; ácido acético; ácido nítrico; ácido tricloroacético; ácido sulfúrico; hidróxido de sódio; ácido bórico; ácido clorídrico; vermelho de metila; verde de bromocresol; álcool etílico.

1.3. Aparelhos e equipamentos

Os seguintes aparelhos foram usados:

- beneficiadora de arroz Compacta Junior-2 D'Andrea
- moinho Brabender Quadrumat Senior

- farinógrafo Brabender
- extensômetro Brabender
- amilógrafo Brabender
- misturadeira "Tweedy" Siam-Util
- forno Super-Vulcão Siam-Util
- formas de estanho 2xx, com as seguintes dimensões: 21x11x1cm
- formas de estanho 2xx, com as seguintes especificações: parte superior 14x6,8cm; parte inferior 13x5,5cm; altura 4,2cm
- aparelho medidor de volume
- planímetro

Para as análises químicas, além da vidraria e utensílios comuns de laboratório, foram usados os seguintes aparelhos:

- estufa com circulação de ar
- mufla
- extrator de gordura Soxhlet
- digestor de proteínas
- destilador Kjeldahl semimicro
- dissecador
- misturador Brabender
- balança Brabender para determinação de umidade
- espectrofotômetro Filter-Farbmessgerät RFC-3, Computer HP 2100 Hewlett-Packard, com disco 7900A e lâmpada de Xenon XBO 250W

2. MÉTODOS

2.1. Preparação das amostras

- Descascamento do sorgo

O descascamento do sorgo com 11,85% de umidade foi efetuado em beneficiadora de arroz Compacta Junior-2 D'Andrea.

- Moagem do sorgo descascado

Foi realizado em moinho Brabender Quadrumat Senior. A farinha foi coletada abaixo da peneira de 150 μ no sistema de quebra, abaixo das peneiras de 195 μ e 150 μ e o farelinho acima das peneiras de 235 μ e 195 μ no sistema de redução. As farinhas de quebra e de redução, juntamente com o farelinho, foram misturadas na "Tweedy", por 5 minutos e acondicionados em recipientes à prova de umidade.

- Obtenção da farinha de trigo

Foi realizada em moinho Brabender Quadrumat Senior, precedida de anterior condicionamento do trigo, elevando-se a umidade de 12,7% para 13,75% e deixando-se por 24 horas antes de sua moagem. A farinha foi coletada abaixo da peneira de 150 μ no sistema de quebra e abaixo das peneiras de 195 μ e 150 μ do sistema de redução. As farinhas de quebra e de redução foram misturadas na "Tweedy" por 5 minutos, acondicionadas em recipientes à prova de umidade e deixadas uma semana para estabilizar suas propriedades.

- Obtenção das misturas de trigo e sorgo

As misturas foram obtidas adicionando-se 5%, 10%, 15%, 20% e 30% de farinha de sorgo com farinha de trigo nacional no misturador

Brabender, acoplado ao Do-Corder, deixando em funcionamento por 20 minutos a 90 rpm. Em seguida, todas as misturas foram acondicionadas em recipientes à prova de umidade e guardadas a temperatura ambiente (20 a 25°C).

2.2. Caracterização das matérias primas

- Análises químicas:

- a) Cinzas - segundo AACC N°08-03 (1)
- b) Gordura - segundo AACC N°30-25 (1)
- c) Fibras - segundo Van de Kramer e Van Ginkel (50)
- d) Proteínas - determinadas pelo método da American Association of Cereal Chemists (AACC) N°46-13 (1), usando o fator 6,25 para o cálculo da proteína de sorgo e 5,7 para a proteína de trigo
- e) Carboidratos - por diferença

- Análises físicas:

- a) Umidade - segundo Brabender Fast Moisture Analyser a 130°C por uma hora, utilizando 10 gramas de amostra para cada teste
- b) Cor e Grau de Brancura - foi determinado em espectrofotômetro, Filter-Farbmessgerät RFC-3, Computer HP 2100 Hewlett-Packard, com disco 7900A e lâmpada de Xenon XBO 250W. O espectrofotômetro foi calibrado com sulfato de bário (BaSO₄), utilizando cerca de 50 gramas de cada amostra para cada re-

petição, em número de três. A determinação da porcentagem de absorvância foi realizada no espectro visível (400-700 mμ). A tonalidade e cor das farinhas é localizada no diagrama de cromaticidade da Comissão Internacional de Iluminação (Figura 1), usando os valores das coordenadas de cromaticidade KX e KY. A diferença total de cor (DE) e grau de brancura (WB) foram calculadas de acordo com as fórmulas de Adams/Nickerson/Stults/Din 5033 e Berger (55), respectivamente:

$$DE = \sqrt{DAC^2 + DAL^2}$$

$$WB = R_y + 3R_z - 3R_x$$

$$R_x = 1/a \cdot X - b/a \cdot c \cdot Z$$

$$R_y = Y$$

$$R_z = 1/c \cdot Z$$

onde,

DAC é a diferença de cromaticidade

DAL é a diferença de luminosidade

R_x é a reflectância no eixo X

R_y é a reflectância no eixo Y

R_z é a reflectância no eixo Z

X, Y, Z são valores tristimulus

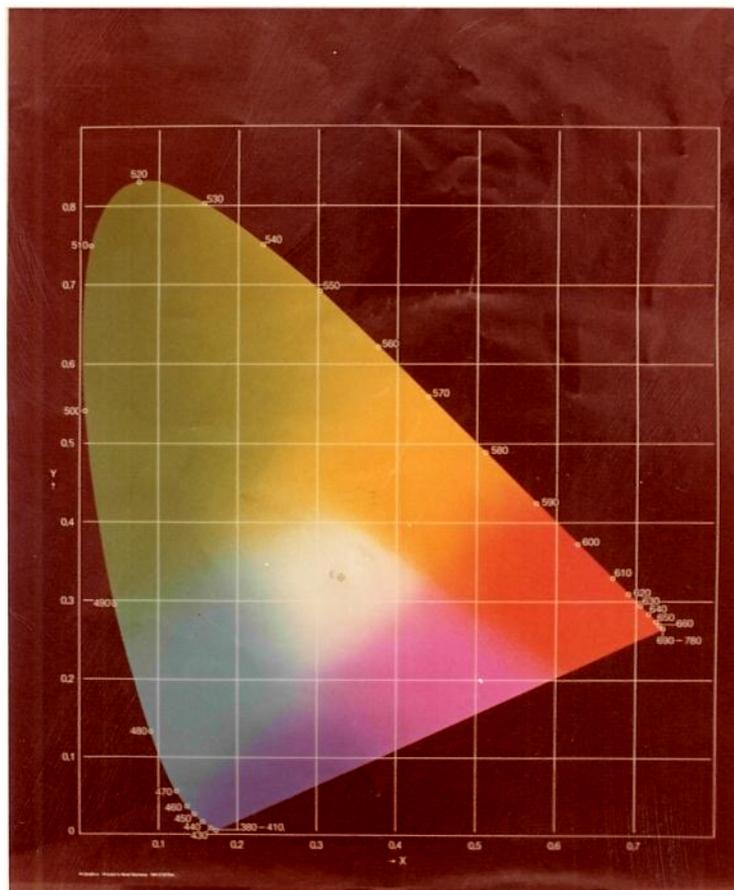


Figura 1. Diagrama de cromaticidade da Comissão Internacional de Iluminação (C.I.E.).

a, b, c são constantes cujos valores são $a = 0,768417$, $b = 0,179707$
 $c = 1,073241$, para observador padrão (1964,10°) e iluminante D₆₅.

- Determinação das propriedades reológicas da massa no sistema farinha-água (SFA)

a) Atividade Diastática - o método visco-amilográfico descrito pelos métodos oficiais na AACC (1) foi usado para medir o conteúdo de alfa-amilase. Usou-se então 100 gramas de farinha na base de 14% de umidade para as farinhas em 540 ml de tampão assim preparado: dissolveu-se e diluiu-se 14,8 gramas de fosfato dissódico anidro e 10,3 gramas de ácido cítrico monohidratado para um litro com água destilada. Diluiu-se 46 ml do tampão concentrado para 460 ml com água destilada (pH 5,35-5,5). A temperatura inicial de 25°C foi aumentando 1,5°C por minuto, até 95°C. As medidas utilizadas para interpretar o gráfico (viscosidade máxima x tempo em minutos), foram:

- Viscosidade máxima - é o valor da viscosidade máxima da curva em Unidades Amilográficas no centro do pico;
- Temperatura inicial de gelatinização - é a temperatura em graus centígrados, calculada com base no tempo de funcionamento do amilógrafo (1,5°C/min), correspondendo ao ponto que inicia a formação da curva do amilograma;
- Temperatura de viscosidade máxima - é a temperatura em graus cen

tígrados, calculada com base no tempo de funcionamento do amilógrafo, correspondendo ao ponto mais alto da curva do amilograma;

- Intervalo de gelatinização - é a temperatura em graus centígrados correspondente à diferença entre a temperatura da viscosidade máxima e a temperatura de gelatinização.

b) Propriedades da mistura no farinógrafo, de acordo com o método N954-21 da AACC (1), usando 50 gramas de farinha na base de 14% de umidade

As características do farinograma analisadas foram (55):

- Absorção de água - é definida como sendo a quantidade de água necessária para centralizar a curva do farinograma na linha das 500 U.F. após o misturador ligado e água introduzida;
- Tempo de desenvolvimento da massa ou tempo-pico - é o tempo em minutos, no mais próximo meio minuto do início da adição de água até o desenvolvimento da consistência máxima da massa, mobilidade mínima e imediatamente antes da primeira indicação de enfraquecimento;
- Estabilidade - é definida como a diferença em tempo, no mais próximo meio minuto do início da adição de água, até o desenvolvimento da consistência máxima da massa, mobilidade mínima e imediata, antes da primeira indicação de enfraquecimento;
- Tempo de saída - é definido como o tempo mais próximo meio minu

to da primeira adição de água até o topo da curva deixar a linha das 500 U.F. É a soma do tempo de chegada e da estabilidade;

- Índice de tolerância à mistura - é a diferença em U.F. do topo da curva no pico até o topo da curva medido cinco minutos após o pico ser alcançado;
- Leitura do valorímetro - valor empírico de qualidade, obtido com um dispositivo especial que acompanha o farinógrafo Brabender;
- Tempo de quebra - é o tempo a partir do início de mistura até o correr queda de 30U.F. a partir do pico. É determinado traçando-se uma linha horizontal através do centro da curva ao seu mais alto ponto e então determinando outra linha paralela a 30 U.F. a nível mais baixo.

c) Propriedades de extensão da massa determinada com extensôgrafo, de acordo com o método N954-10 da AACC (1)

As características usadas para interpretar o extensôgrafo foram:

- Extensibilidade (E) - é o comprimento do extensigrama em mm, indicando a extensibilidade da massa que corresponde a uma extensão da massa equivalente ao seu comprimento original;
- Resistência à extensão (R) - é medida em unidades extensográficas. Cada unidade é igual a 1,6 gramas e obtida no ponto máximo do extensigrama, 50 mm após a curva ter iniciado;

- Resistência máxima (RM) - é a medida em unidades extensográficas na altura máxima do extensigrama;
- Número proporcional (R/E) - relação entre a resistência à extensão e a extensibilidade da massa;
- Área total ou energia (A) - é a área total em cm^2 do extensigrama, medida com planímetro;
- Oxynumber (A.E/R) - relação entre o produto da energia e extensibilidade e a resistência à extensão.

- Processamento e qualidade do pão

a) Teste de panificação - a qualidade de panificação das farinhas foi determinada de acordo com El-Dash (13), onde a consistência da massa e a temperatura são controladas e a absorção de água e o tempo ótimo de desenvolvimento da massa podem ser determinados objetivamente.

- Fórmula do pão - o pão foi preparado usando-se a seguinte formulação:

	%	g
Farinha	100,00	300,00
Sal	1,75	5,25
Sacarose	5,00	15,00
Fermento biológico	3,00	9,00
Gordura hidrogenada vegetal	3,00	9,00
Ácido ascórbico	90 ppm	27 mg

- Mistura da massa - a farinha (300 g a 14% b.u.) foi colocada na câmara do misturador do farinógrafo (30°C), limpo, seco e coberto com plástico, inicialmente misturada a 31,5 rpm por 30 segundos e depois 63 rpm por 4,5 minutos. A adição de todos os componentes da formulação foi efetuada em 30 segundos após cinco minutos de homogeneizada, usando a água necessária para a desejada consistência. A água de absorção da massa é a quantidade de água destilada a 30°C que é requerida para centralizar na linha de 500 U.F. A consistência da massa poderia ser 500 U.F. para massa que é formada por adição de todos os ingredientes dentro de 30 segundos. O tempo de mistura é o tempo requerido para misturar a massa (formada por adição de todos os ingredientes dentro de 30 segundos) a 63 rpm até uma queda de 10 U.F. ser observada após alcançar o desenvolvimento máximo;
- Pesagem e moldagem da massa - imediatamente após a paralisação do misturador do farinógrafo, dois pedaços de massa de $150 \pm 0,1$ gramas de massa foram destacados e pesados; a seguir foram arredondados e moldados em pedaços cilíndricos para testes, nas unidades boleadoras e moldadoras do extensógrafo. Esses pedaços foram colocados em formas engraxadas de estanho 2xx: parte superior com $14 \times 6,8$ cm; fundo com $13 \times 5,5$ cm; altura de 4,2 cm;
- Fermentação da massa - as duas formas de panificação contendo as massas foram colocadas para fermentar em uma das

câmaras do extensôgrafo acima de uma forma chata de 21x11x1cm, com 25 ml de água destilada para manter a umidade da câmara. O tempo de fermentação (tempo desde o fim da moldagem da massa até a massa ser colocada no forno, em minutos) foi de 105 minutos;

- Cozimento da massa - após o tempo de fermentação exigido, o pão foi cuidadosamente transferido para o forno e tratado termicamente por 20 minutos a 220°C. No ato de introdução dos pães no forno, fez-se abertura da válvula de vapor a fim de manter a umidade desejada no seu interior.

- Análise Sensorial

- a) Avaliação das características físicas da qualidade do pão - o volume do pão produzido foi determinado pelo deslocamento de semente no aparelho medidor de volume no espaço de uma hora. O volume específico foi calculado e este valor foi multiplicado por 3,33, de modo a resultar o máximo de 20 pontos para o pão com volume específico de 6,0, o que é considerado ótimo. A cor da crosta (10 pontos), quebra (5 pontos) e simetria (5 pontos) foram consideradas como características externas do pão (total máximo de 40 pontos). As características internas (35 pontos), incluíram as características internas da crosta (5 pontos), cor do miolo (10 pontos) e a granulação e textura do miolo (10 pontos cada); aroma (10 pontos) e gosto (15 pontos) foram também

incluídos para se obter número máximo de 100 pontos, conforme modelo de ficha (questionário), mostrado no Anexo A.

A avaliação sensorial dos pães com e sem sorgo, produzidos pelo processo descrito anteriormente foi feita no laboratório de Análise Sensorial da Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola, empregando uma equipe de 10 provadores de ambos os sexos, com idades variando entre 18 e 38 anos.

b) Preparação das amostras - os pães com e sem sorgo foram cortados em fatias de cerca de 1 cm de espessura em máquina apropriada e a seguir retirada a parte central em forma de rodela, obtidas com o auxílio da borda de um copo de cristal de 4 cm de diâmetro. As rodela foram colocadas em recipiente para completa homogeneização e cobertas com um tecido ligeiramente umedecido. Em seguida, colocou-se cada amostra em pratos pretos, devidamente codificados para controle e apresentadas em cabines individuais com luz vermelha, para mascarar possíveis diferenças de cor.

c) Testes psicofísicos

- Testes de diferença - foi aplicado o teste Triangular (23) para determinar a diferença entre pães preparados com 15, 10 e 5% de farinha de sorgo. O objetivo foi determinar a porcentagem de farinha de sorgo que é possível adicionar à mistura sem haver uma diferença significativa com relação ao padrão (100% de farinha de trigo), a nível de significância estatística de 5%. Efetuou-se ainda o teste triangular para misturas com 7 e 6% de farinha de

sorgo, cujos resultados mostraram que a 6% não houve diferença significativa em relação ao padrão, ao nível de $p \leq 0,05$, Anexo B.

- Testes de preferência - neste teste-piloto de consumidor, participaram 28 pessoas que receberam duas amostras para provar e dar sua preferência através de uma escala hedônica de 10 cm, considerando apenas o sabor (35), Anexo C.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A quantidade de farinha de sorgo que pode ser adicionada à massa de pão, de modo a não alterar a sua qualidade, depende, especialmente, da farinha de trigo usada e da influência que exerce da farinha de sorgo sobre as propriedades mecânicas da massa. Visou-se estudar os efeitos da adição de 5, 10, 15, 20 e 30% de farinha de sorgo na viscosidade da farinha de trigo, nas propriedades de absorção, extensão da massa e ainda na qualidade dos pães produzidos com essas misturas.

A - Composição das matérias primas e rendimentos de moagem

1. Trigo

A composição química do trigo integral e da farinha de trigo nacional está apresentada nas Tabelas VII e VIII e os rendimentos, obtidos em moinho Brabender Quadrumat Senior, na Tabela IX.

As porcentagens de gordura, cinzas, fibra do trigo integral são maiores do que na farinha de trigo, uma vez que maiores teores de gordura, cinzas e fibra são encontrados nas partes mais externas do grão.

Quanto aos rendimentos obtidos, verificamos que as maiores porcentagens estão representadas por farinha de quebra e farinha de re-

Tabela VII - Composição química do trigo integral*

Componentes	Porcentagem
Proteína (N x 5,7)	14,77
Gordura	2,28
Cinza	2,02
Fibra	2,67
Carboidratos (por diferença)	62,82

*Os resultados estão expressos em base seca

Tabela VIII - Composição química da farinha de trigo*

Componentes	Porcentagem
Proteína (N x 5,7)	14,69
Gordura	1,27
Cinza	0,79
Fibra	0,44
Carboidratos (por diferença)	67,67

*Os resultados estão expressos em base seca

dução, o que é perfeitamente compreensível, uma vez que o endosperma representa cerca de 80% do peso do grão.

2. Sorgo

Os rendimentos de descascamento de sorgo em beneficiadora de arroz, moagem posterior em moinho Brabender Quadrumat Senior, estão apresentados nas Tabelas X e XI, respectivamente.

O rendimento dos grãos descascados foi superior ao rendimento em farelo e grãos quebrados, o que é bastante desejável.

Quanto aos rendimentos de moagem de sorgo descascado, as frações de farinha de quebra e farinha de redução alcançaram porcentagens superiores em relação ao farelinho.

De acordo com a Tabela XII, as porcentagens de proteína, gordura, cinzas e fibra no sorgo integral são maiores do que na farinha de sorgo descascado, o que é perfeitamente justificado, uma vez que os maiores teores de proteína, gordura, cinzas e fibra são encontrados nas partes mais externas do grão.

Como se pode observar na Tabela XIII, os teores de proteínas, gordura e fibra das farinhas de quebra, redução e farelinho de sorgo descascado são praticamente iguais; por esta razão todas essas frações foram misturadas, obtendo-se uma farinha cujos teores de proteína, gordura, cinzas, fibras e carboidratos são mostrados na Tabela XIV.

Os resultados da composição química do sorgo integral e descasca-

Tabela IX - Rendimento de moagem do trigo em moinho Brabender Quadrumat Senior

Fração	Porcentagem
Farelo	19,50
Farelinho	13,51
Farinha de quebra	26,20
Farinha de redução	40,49

Tabela X - Rendimento de descascamento do sorgo em beneficiadora de arroz

Fração	Porcentagem
Grãos descascados	89,49
Farelo	9,33
Grãos quebrados	1,18

Tabela XI - Rendimento de moagem do sorgo descascado, obtido no moinho Brabender Quadrumat Senior

Fração	Porcentagem
Farinha de redução	49,55
Farinha de quebra	18,83
Farelinho	27,72
Farelo	3,90

Tabela XII - Composição química do sorgo integral e descascado, em porcentagem *

Componentes	Integral	Descascado
Proteína (N x 6,25)	13,92	12,62
Gordura	4,00	1,97
Cinza	1,80	1,13
Fibra	2,64	0,55
Carboidratos (por diferença)	77,64	70,35

*Os resultados estão expressos em base seca

Tabela XIII - Composição química das frações do sorgo descascado, em porcentagem*

Frações	Proteína	Gordura	Cinzas	Fibras	Carboidratos**
Farinha de quebra	15,27	2,14	1,12	0,46	66,72
Farinha de redução	10,75	1,96	1,17	0,52	72,09
Farelinho	15,15	1,81	1,12	0,63	68,32

*Os resultados estão expressos em base seca

**Por diferença

Tabela XIV - Composição química da farinha de sorgo descascado*

Componentes	Porcentagem
Proteína (N x 6,25)	12,75
Gordura	2,13
Cinza	1,08
Fibra	0,60
Carboidratos (por diferença)	69,96

*Os resultados estão expressos em base seca

do, como também das farinhas de quebra, redução e farelinho estão apresentados nas Figuras 2 e 3, respectivamente.

Um fluxograma mostrando todo o processamento do sorgo, desde o seu estado em forma de grão, até farinha, está representado na Figura 4.

B - Efeito da farinha de sorgo na viscosidade da farinha de trigo

As medidas de viscosidade da farinha de trigo pura e de trigo com farinha de sorgo são utilizadas como critério de qualidade de farinhas. Existem diversos métodos para determinação de viscosidade das pastas de farinhas. Um deles é o viscoamilográfico, que é um tipo de viscosímetro que simula as condições que ocorrem no pão durante o processamento de seu cozimento no forno.

Os amilogramas obtidos com farinha de trigo pura e de farinha de sorgo em misturas com trigo, encontram-se na Figura 5. Os resultados das análises desses amilogramas são apresentados na Tabela XV e Figura 6.

A temperatura inicial de gelatinização em amostra com 0% de farinha de sorgo (100% de farinha de trigo) foi de 54,25°C, mantendo-se constante nas amostras com níveis de 5, 10, 15, 20 e 30% de farinha de sorgo.

A temperatura de viscosidade máxima nos níveis de 5, 10, 15 e 30% sofreu um aumento, em relação à farinha de trigo pura, decrescendo um pouco ao nível de 20%.

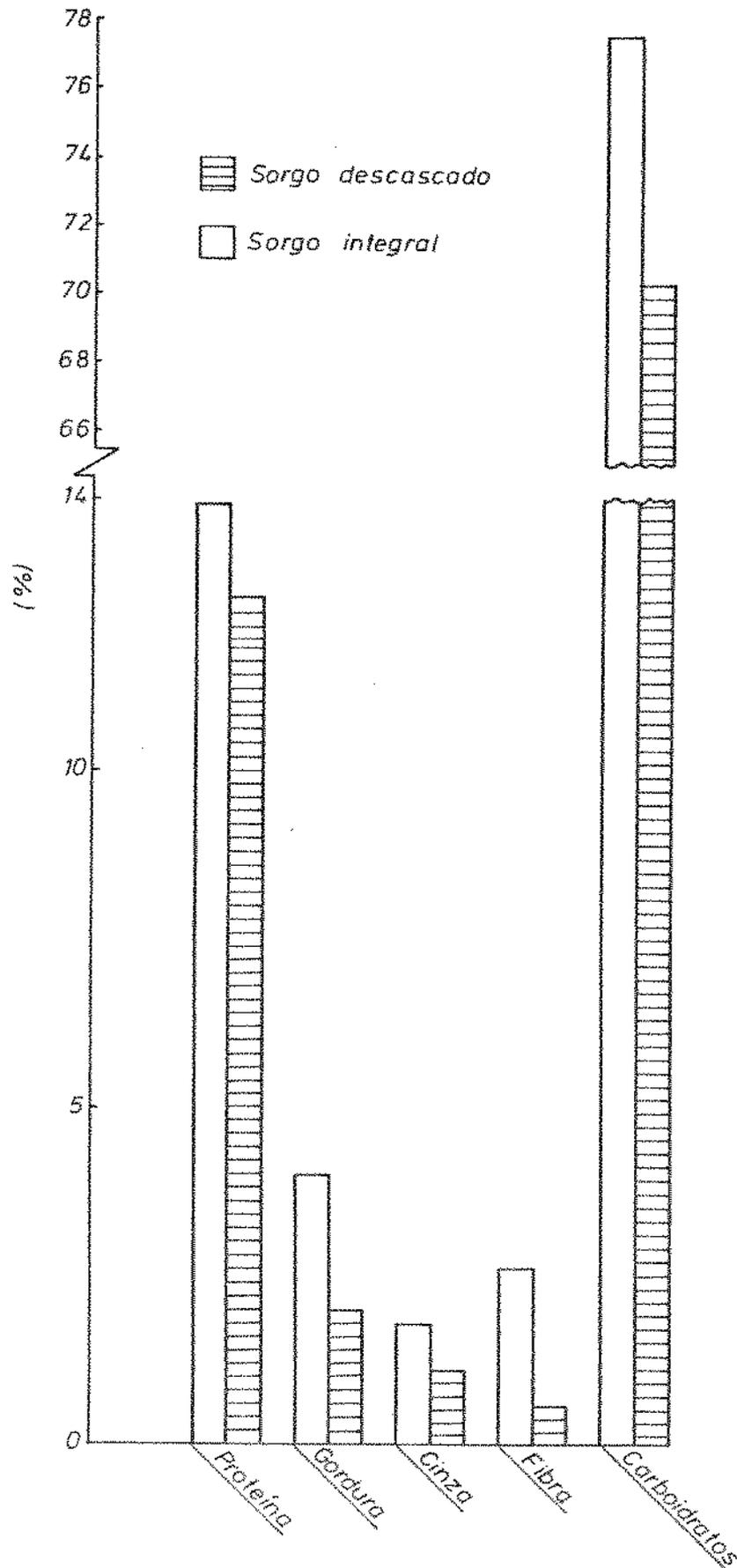


Figura 2. Composição química do sorgo integral e sorgo descascado em beneficiadora Compacta Junior D'Andrea

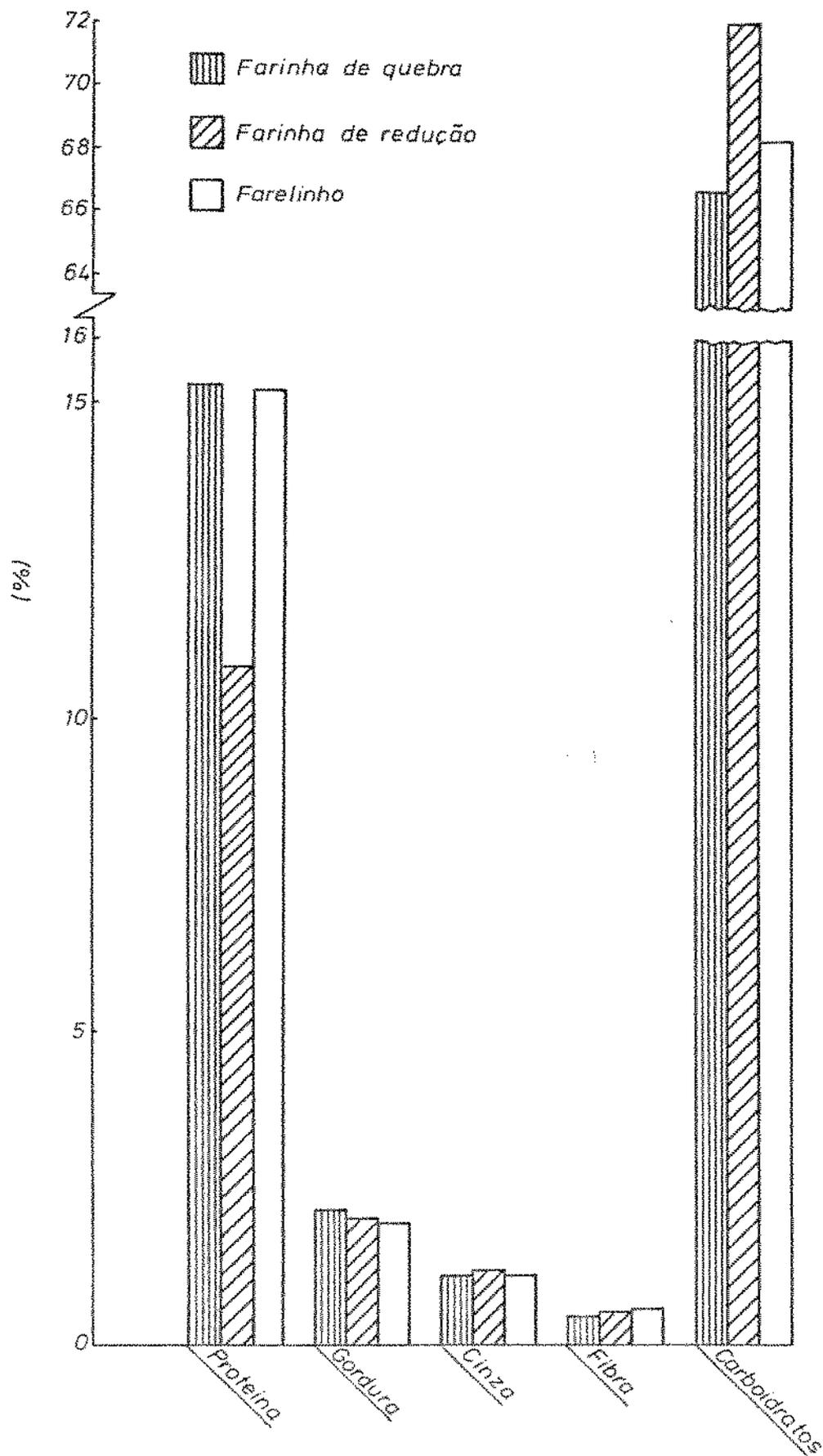


Figura 3. Composição química das frações do sorgo moído descascado no Brabender Quadrumat Senior.

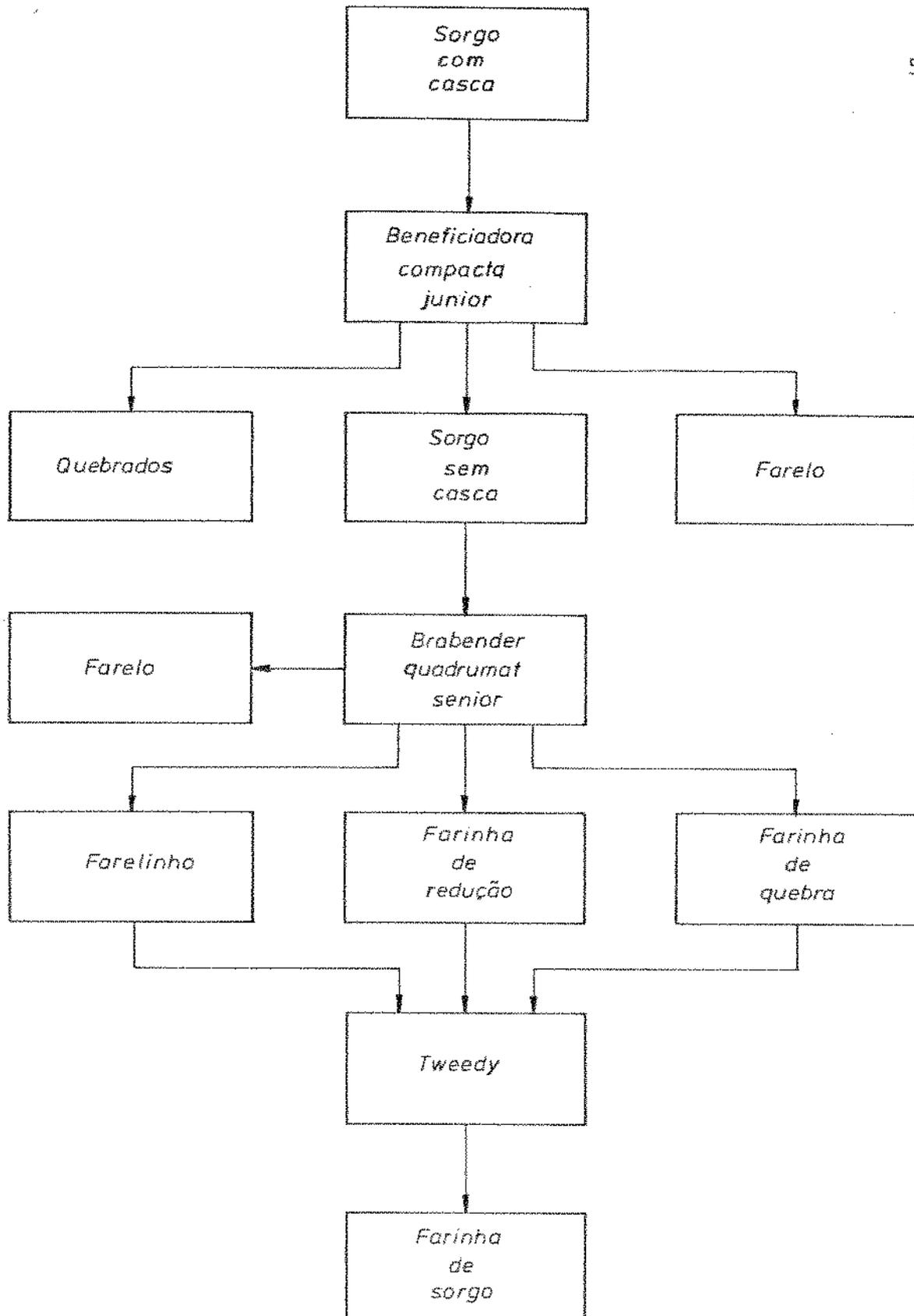


Figura 4. Fluxograma de processamento do sorgo.

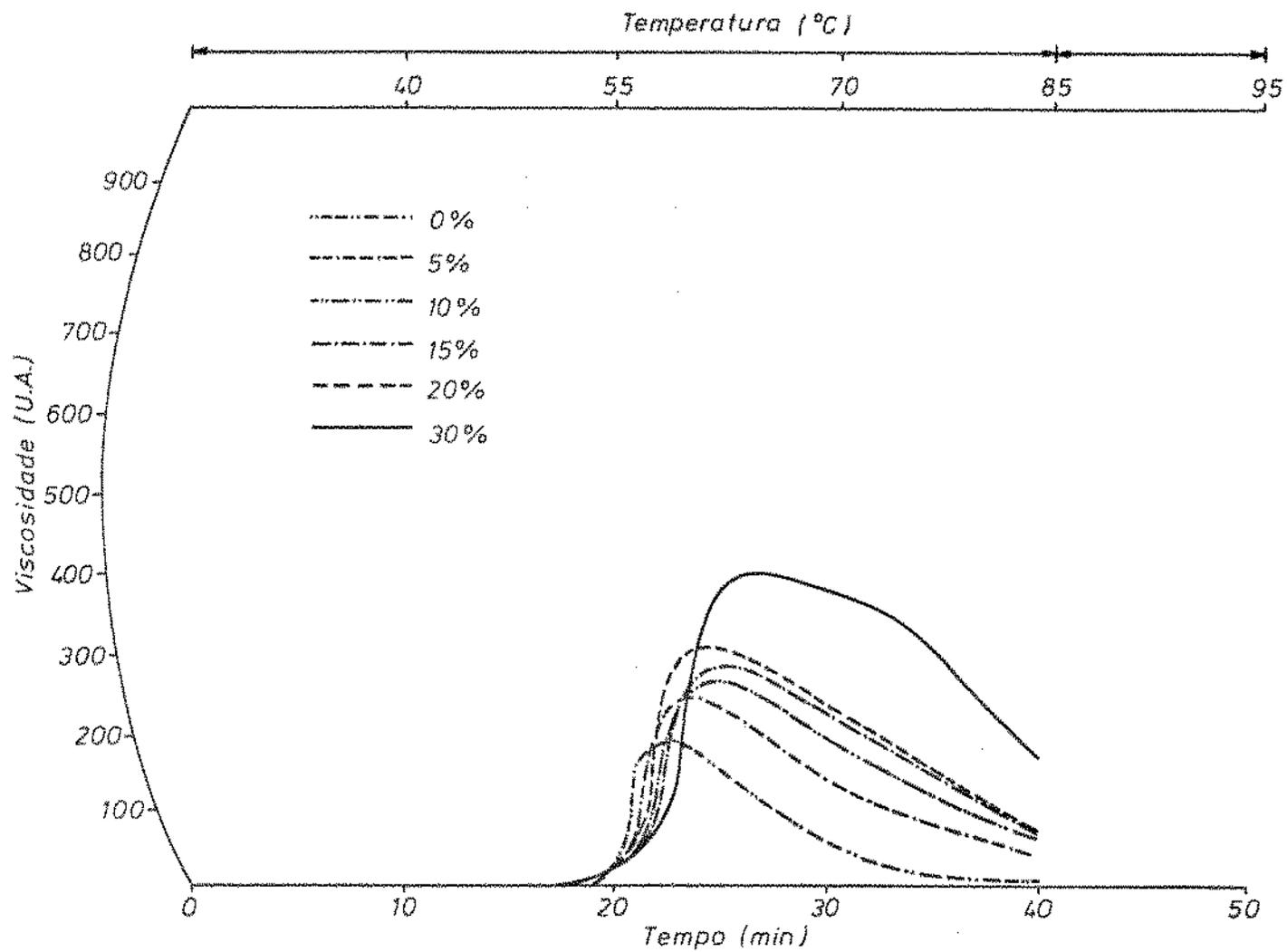


Figura 5. Amilograma de farinha de trigo pura e das misturas com farinha de sorgo

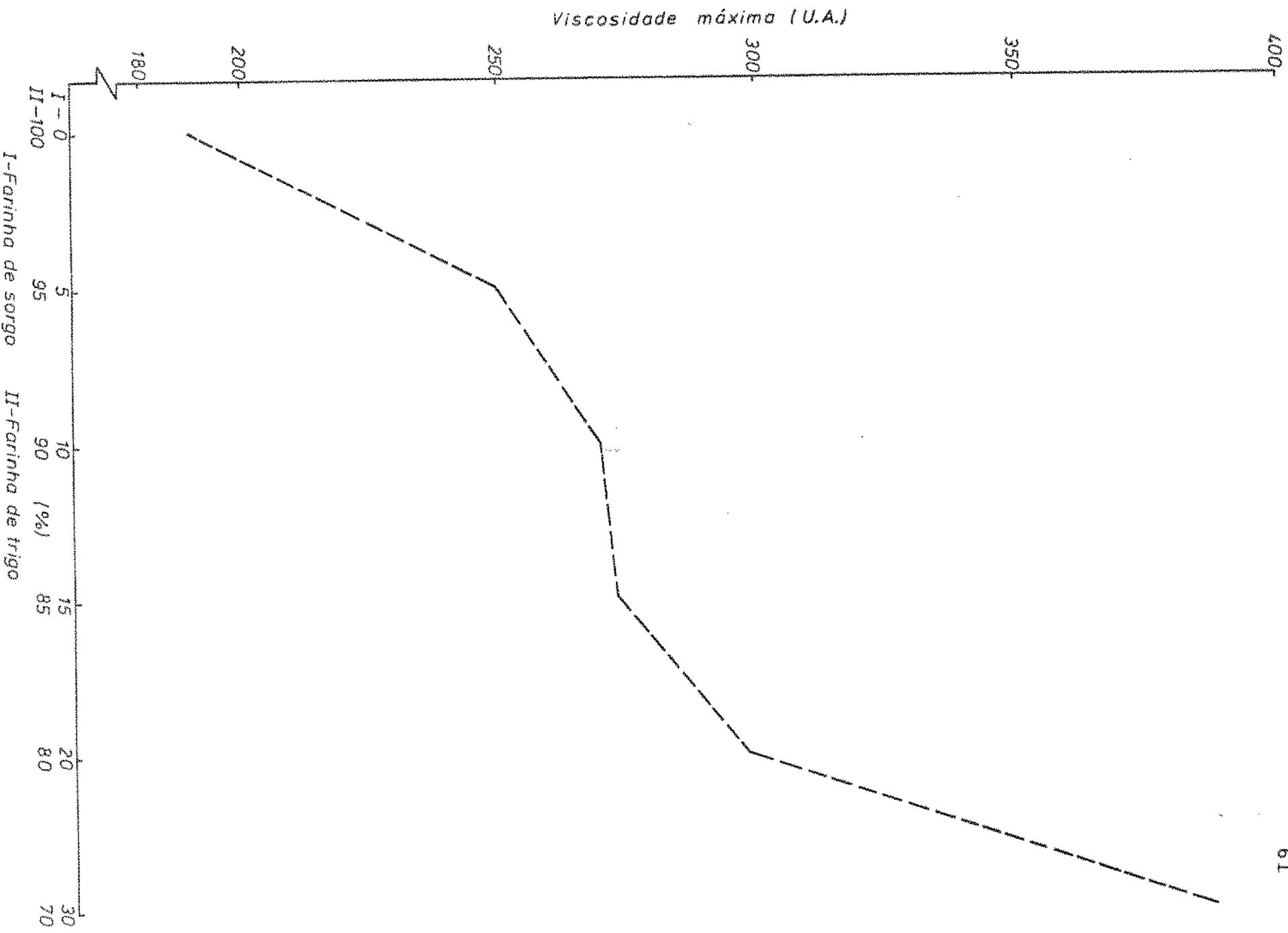


Figura 6. Efeito da adição de farinha de sorgo nas propriedades de viscosidade da farinha de trigo.

Tabela XV - Efeito da adição de farinha de sorgo na farinha de trigo sobre as características do amilograma

Parâmetros	F a r i n h a d e s o r g o (%)					
	0	5	10	15	20	30
Viscosidade máxima (U.A.)	190	250	270	285	310	400
Temperatura inicial de gelatinização (°C)	54,25	52,20	52,00	52,00	52,00	52,00
Temperatura de viscosidade máxima (°C)	58,75	65,50	66,25	67,00	66,25	70,75
Faixa de gelatinização (°C)	4,5	13,50	14,25	15,00	14,25	18,75

As viscosidades máximas foram sofrendo aumento gradativo à medida que o teor de farinha de sorgo na mistura aumentou (Figura 6). Isto se deve ao fato da maior concentração de amido incorporado a essas farinhas. Esses resultados obtidos para as viscosidades máximas das misturas confirmaram nossas previsões, desde que a viscosidade máxima da farinha de trigo pura foi bem inferior, devido ao seu elevado teor de alfa-amilase presente (14).

Isto pode demonstrar uma decrescente suscetibilidade dos grãos de amido da farinha de sorgo à enzima alfa-amilase, presente em elevada quantidade na farinha de trigo.

C - Efeito da adição da farinha de sorgo nas características dos farinogramas da farinha de trigo nacional

Na farinha de trigo existe cerca de 14% de proteínas que retêm 32,5% de água, juntamente com pentosanas (correspondentes a 1,5%), são responsáveis por 23,4% de absorção, perfazendo um total de cerca de 55,9% de água na massa (7).

A absorção de água possibilita o processo de gelatinização e interação com outros ingredientes. Entre as proteínas do trigo, temos a gliadina, responsável pela extensibilidade da massa, e a gluteína, responsável pela elasticidade da massa. Elas são responsáveis pela formação de uma estrutura protéica denominada glúten, quando a farinha entra em contato com a água. Devido à presença

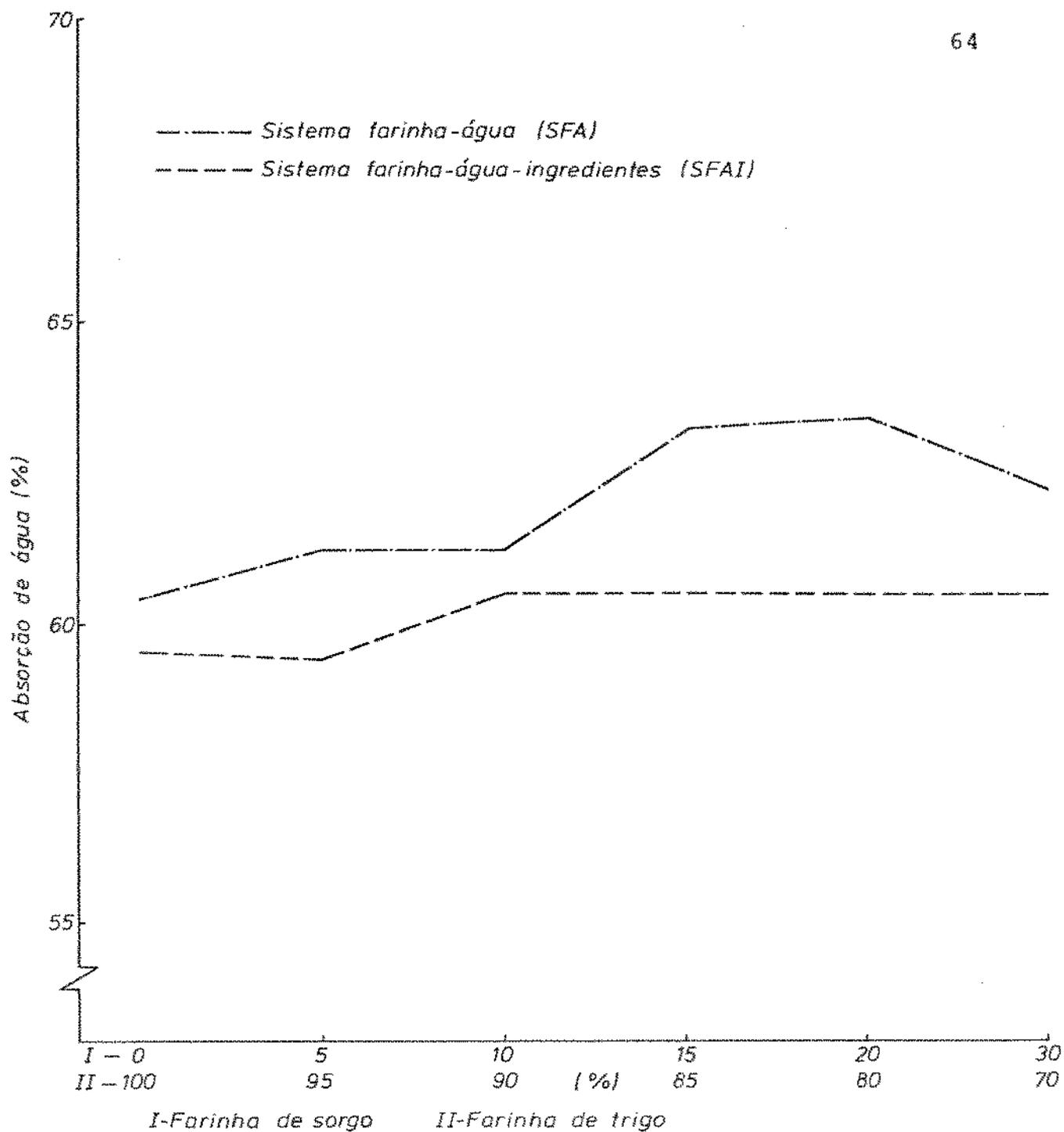


Figura 7. Efeito da adição de farinha de sorgo na absorção de água da farinha de trigo no sistema farinha-água (SFA) e sistema farinha-água-ingredientes (SFAI)

de uma rede protéica, pode reter o gás e assim conferir forma aos produtos de panificação.

Muitas são as teorias que procuram explicar a formação do glúten; uma delas, que é muito aceita, é que durante a mistura dos ingredientes ocorre a hidratação, formando-se ligações através de forças secundárias (pontes de hidrogênio, iônicas e pontes dissulfídicas), dando origem a um material, já denominado de glúten.

Com a finalidade de comparação, conduziu-se à absorção no sistema farinha-água-ingredientes (SFAI).

A Tabela XVI mostra os valores de absorção para os valores do sistema farinha-água (SFA) e farinha-água-ingredientes (SFAI) nos diferentes níveis de adições de sorgo.

Observando a Figura 7, para o sistema farinha-água notamos um aumento quase que linear na faixa entre 0 e 20% de farinha de sorgo. Posteriormente a essa adição ocorreu uma queda na porcentagem de absorção. Para o sistema farinha-água-ingredientes, a porcentagem de absorção revelou um ligeiro aumento no intervalo de 5 a 10%, permanecendo constante nos níveis de 15, 20 e 30%.

Comparando os resultados obtidos nos dois sistemas em questão, verificamos certas diferenças quanto às suas capacidades de absorção. Esses resultados vêm demonstrar que existe inibição da capacidade de absorção de água pelas farinhas, quanto aos ingredientes, tais como sal, açúcar, fermento, gordura e ácido ascórbico.

Tabela XVI - Efeito da adição de farinha de sorgo à farinha de trigo sobre a absorção de água no sistema farinha-água (SFA) e no sistema farinha-água-ingredientes (SFAI)

Sistemas	Farinha de sorgo (%)					
	0	5	10	15	20	30
Farinha-água (SFA)	63,40	64,20	64,20	66,40	66,40	65,20
Farinha-água-ingredientes (SFAI)	62,50	62,40	63,50	63,50	63,50	63,70

D - Efeito do sorgo nas propriedades de mistura da massa

Vários instrumentos têm sido utilizados para registrar absorção, fermentação e características de oxidação das farinhas, sendo que o farinógrafo Brabender tem sido utilizado em grande escala em laboratórios de cereais.

Comparando os dados obtidos neste instrumento com outros testes de panificação, é possível chegar a uma conclusão quanto à qualidade de panificação da farinha.

As propriedades significativas tomadas em nosso estudo foram: tempo de chegada, tempo de desenvolvimento máximo da massa, estabilidade, tempo de saída, índice de tolerância e leitura do valorímetro.

Inicialmente, no processo de mistura das farinhas ocorre o aparecimento de uma massa contendo grumos, não-uniforme, pegajosa e que não forma filme. Após isto, temos o início de desenvolvimento ótimo do glúten com aspecto seco, resistente, sedoso, boa elasticidade e uniforme. Continuando o processo de mistura, observamos uma rede protéica destruída, com propriedades indesejáveis quanto à retenção de gases.

Os resultados obtidos no SFA e no SFAI, chamados de farinogramas, para farinha de trigo com e sem sorgo para níveis de 0, 5, 10, 15, 20 e 30%, estão apresentados nas Tabelas XVII e XVIII e Figuras 8 e 9.

Examinando tais resultados, pode-se facilmente observar que ao nível

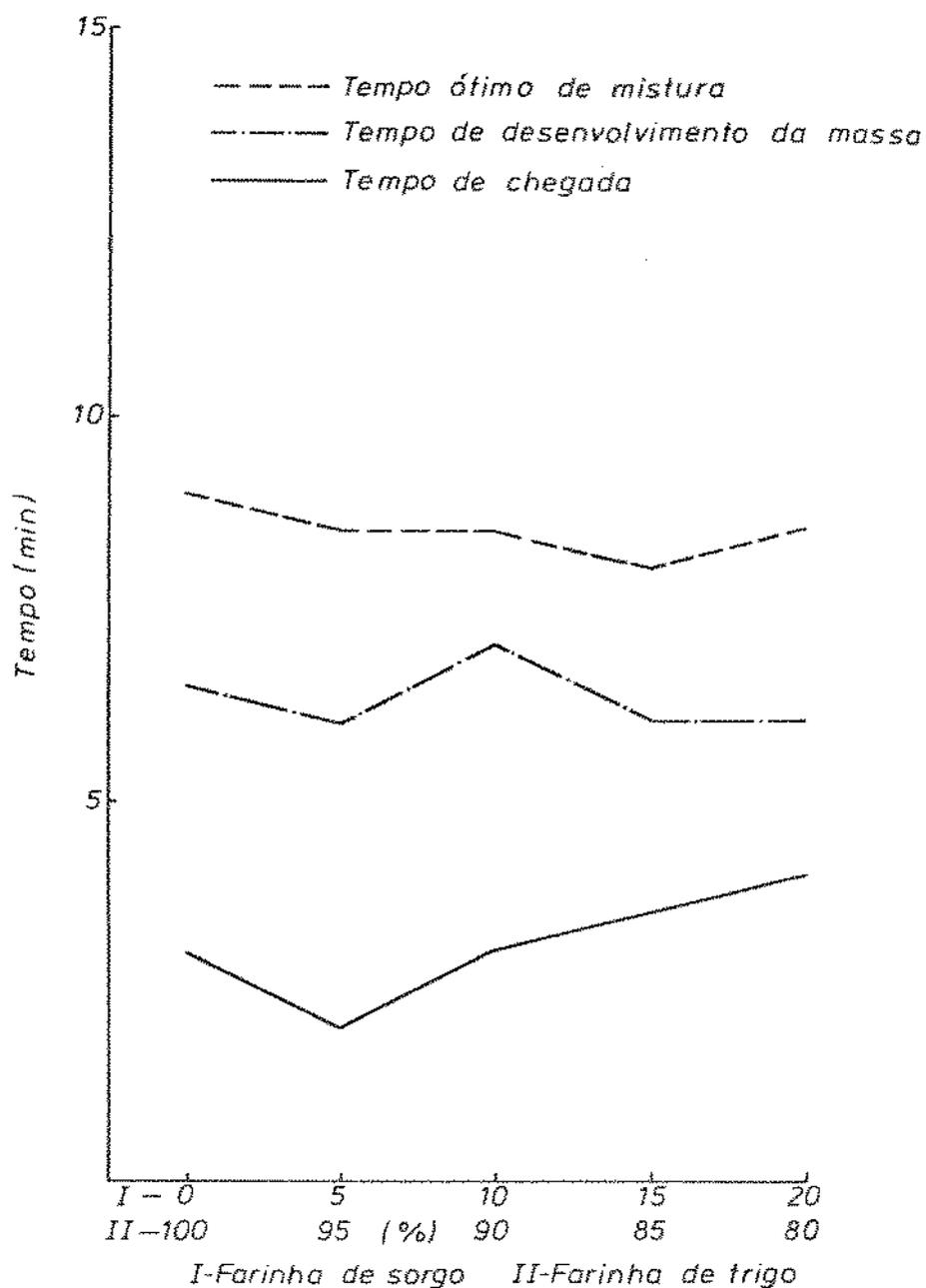


Figura 5. Efeito da adição da farinha de sorgo na farinha de trigo sobre o tempo de chegada, tempo de desenvolvimento e tempo ótimo de mistura no sistema farinha-água-ingredientes (SFAI).

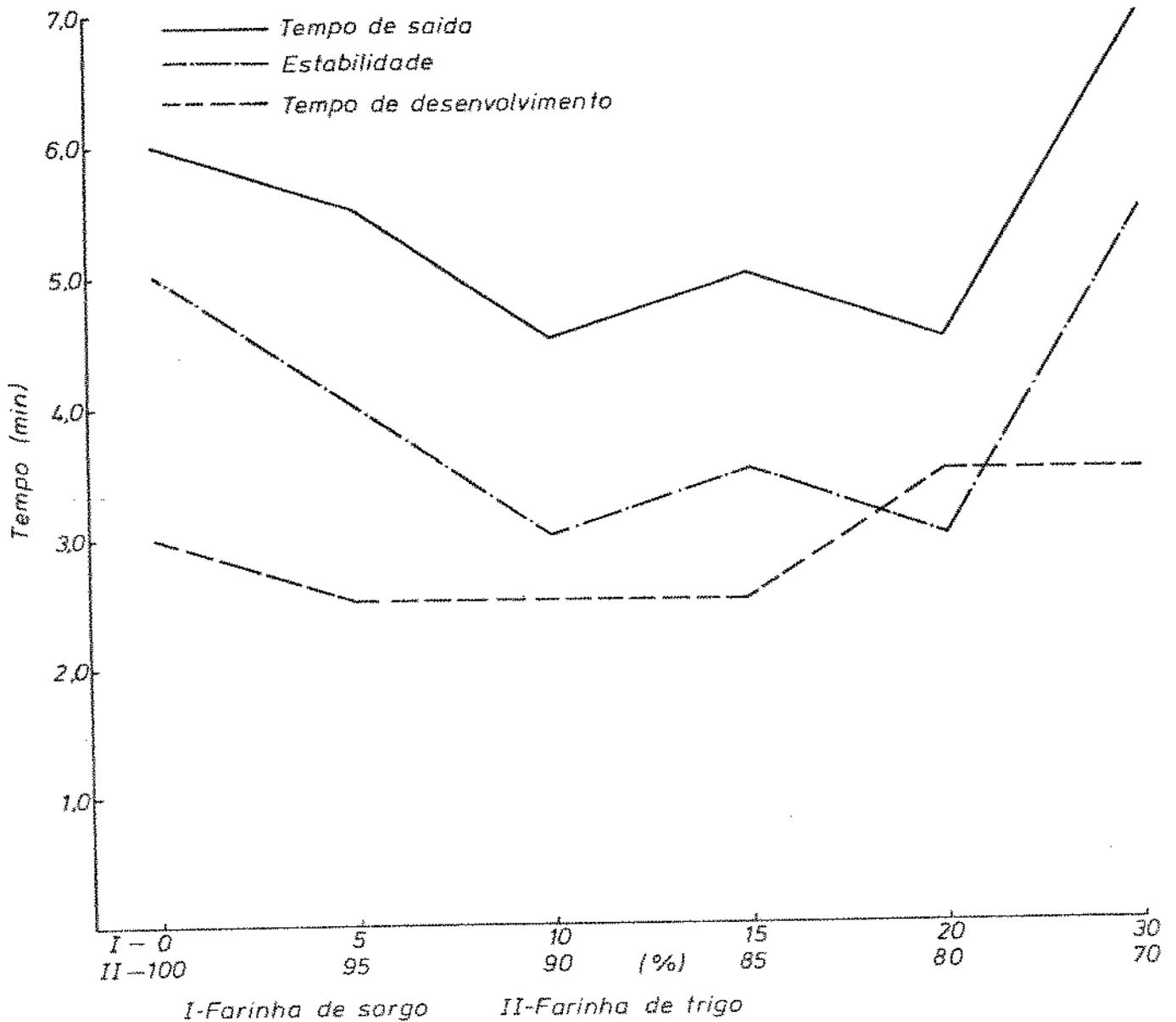


Figura 9. Efeito da adição da farinha de sorgo na estabilidade, tempo de saída e tempo de desenvolvimento da farinha de trigo no sistema farinha-água (SFA).

Tabela XVII - Efeito da adição de farinha de sorgo à farinha de trigo sobre as características dos farinogramas no sistema farinha-água (SFA)

Características	F a r i n h a d e s o r g o (%)					
	0	5	10	15	20	30
Tempo de chegada (min)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Tempo de desenvolvimento da massa (min)	3,0	2,5	2,5	2,5	3,5	3,5
Estabilidade (min)	5,0	4,0	3,0	3,5	3,0	5,5
Tempo de saída (min)	6,0	5,5	4,5	5,0	4,5	7,0
Tempo de quebra (min)	5,0	5,0	4,5	3,0	4,5	5,5
Índice de tolerância (U.F.)	65	65	100	90	90	90

vel de 5% o tempo de chegada, que é o tempo em minutos decorridos a partir da adição de água até o topo da curva alcançar a linha das 500 U.F., demonstrou um leve incremento, indicando uma pequena influência na energia necessária para construir a rede protéica.

Observa-se ainda que nos níveis subsequentes não ocorreu nenhum incremento, permanecendo constante o nível de absorção.

A estabilidade, que é indicada pela diferença entre o tempo de saída e o tempo de chegada, isto é, o tempo em minutos que leva para a linha superior do farinograma permanecer na altura de 500 U.F., mostrou uma queda com incremento de farinha de sorgo, como mostra a Figura 8. Menor estabilidade indica menor resistência à mistura e, portanto, inferior qualidade com relação às proteínas que constituem as farinhas e que irão contribuir para a formação da estrutura protéica.

O tempo de saída, que se compõe do tempo a partir da adição de água até o ponto em que o topo da curva deixa a linha de 500 U.F., isto é, o tempo em minutos obtido desde o início da adição de água até a saída da linha de 500 U.F., mostrou resultados similares, com decréscimo nos valores à medida que se elevou a porcentagem de farinha de sorgo (Figura 8).

Quanto aos efeitos dos ingredientes no sistema farinha-água-ingredientes (SFAI) no tempo de chegada, tempo de desenvolvimento máximo da massa e tempo de desenvolvimento ótimo de mistura, estão apresentados na Tabela XVIII.

Tabela XVIII - Efeito da adição de farinha de sorgo à farinha de trigo sobre as características dos farinogramas no sistema farinha-água-ingredientes (SFAI)

Características	(% F a r i n h a d e s o r g o				
	0	5	10	15	20
Tempo de chegada (min)	3,0	2,0	3,0	3,5	4,0
Tempo de desenvolvimento máximo da massa (min)	6,0	6,0	7,0	6,0	6,0
Tempo de desenvolvimento ótimo da massa (min)	9,0	8,5	8,5	7,0	7,5

Tanto para o tempo de chegada, como para o tempo de desenvolvimento máximo da massa não ocorreu variação à medida que a porcentagem de farinha de sorgo foi aumentada, o mesmo não ocorrendo com o tempo de desenvolvimento ótimo da massa, onde se observou uma queda, (Figura 9). O índice de tolerância aumentou (Figura 10). Os farinogramas são apresentados na Figura 11.

E - Efeito da adição de farinha de sorgo nas propriedades de extensão da massa

O extensôgrafo foi introduzido para suplementar as informações fornecidas pelo farinôgrafo. Tal aparelho mede as características de elasticidade e extensibilidade da massa; a partir disso, pode-se determinar uma área sob a curva e acima da linha-base (UE), que indica a força total usada no estirante da massa até sua ruptura.

Sabe-se que ao misturar água com farinha de trigo provoca-se a formação de um grande número de ligações cruzadas entre moléculas de proteínas e que irão originar uma estrutura denominada glúten, cujas propriedades dependem de maneira acentuada do número e natureza dessas ligações químicas envolvidas (45).

Um pão de boa qualidade pode ser obtido quando no seu processamento alguns fatores de grande importância são considerados. Um deles é a produção de gás, proveniente da atividade de certas enzimas presentes no fermento, na farinha ou em aditivos, os quais irão contribuir em conjunto para a produção de gás carbônico (CO₂).

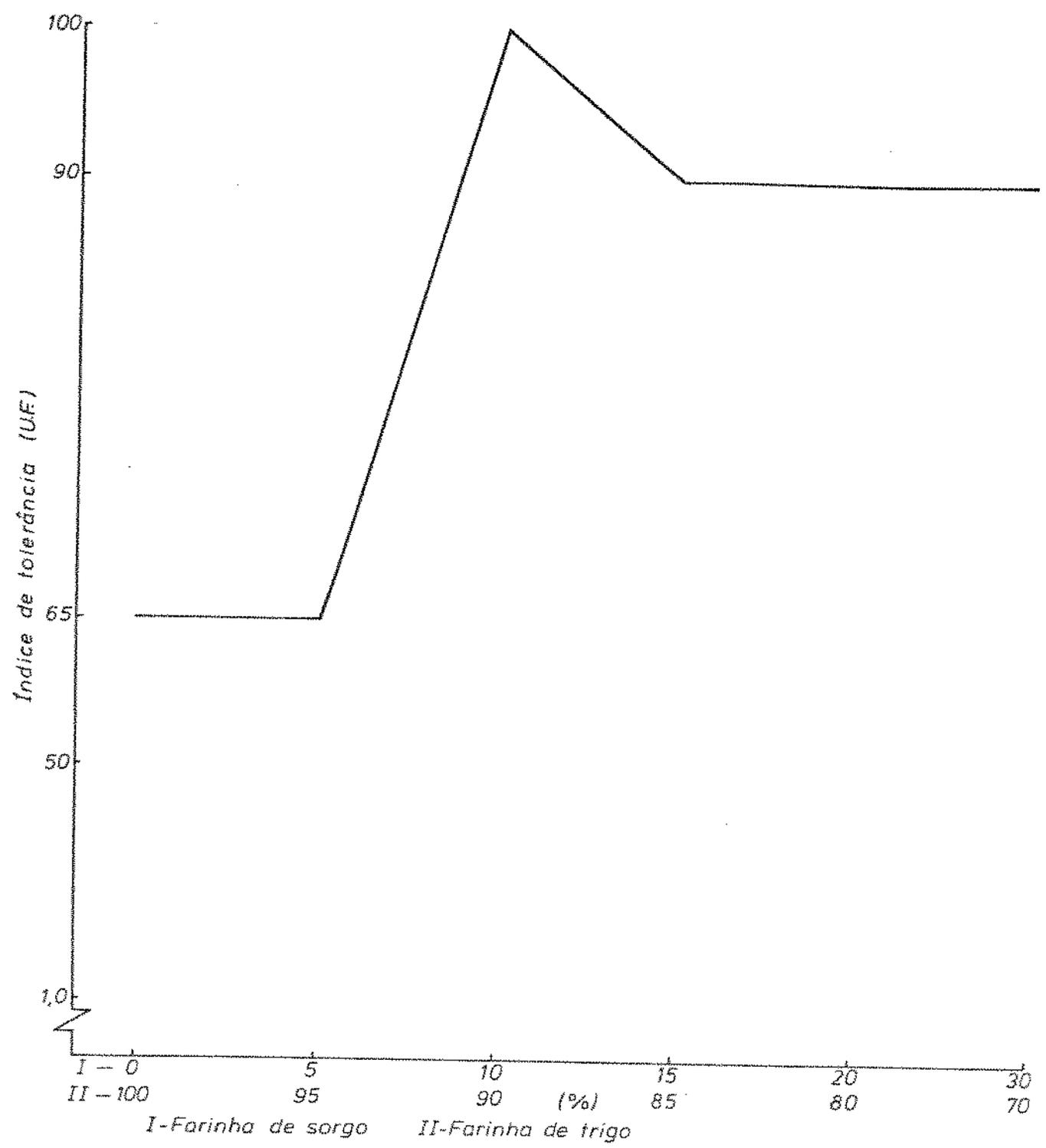


Figura 10. Efeito da adição de farinha de sorgo no índice de tolerância da farinha de trigo no sistema farinha-água (SFA).

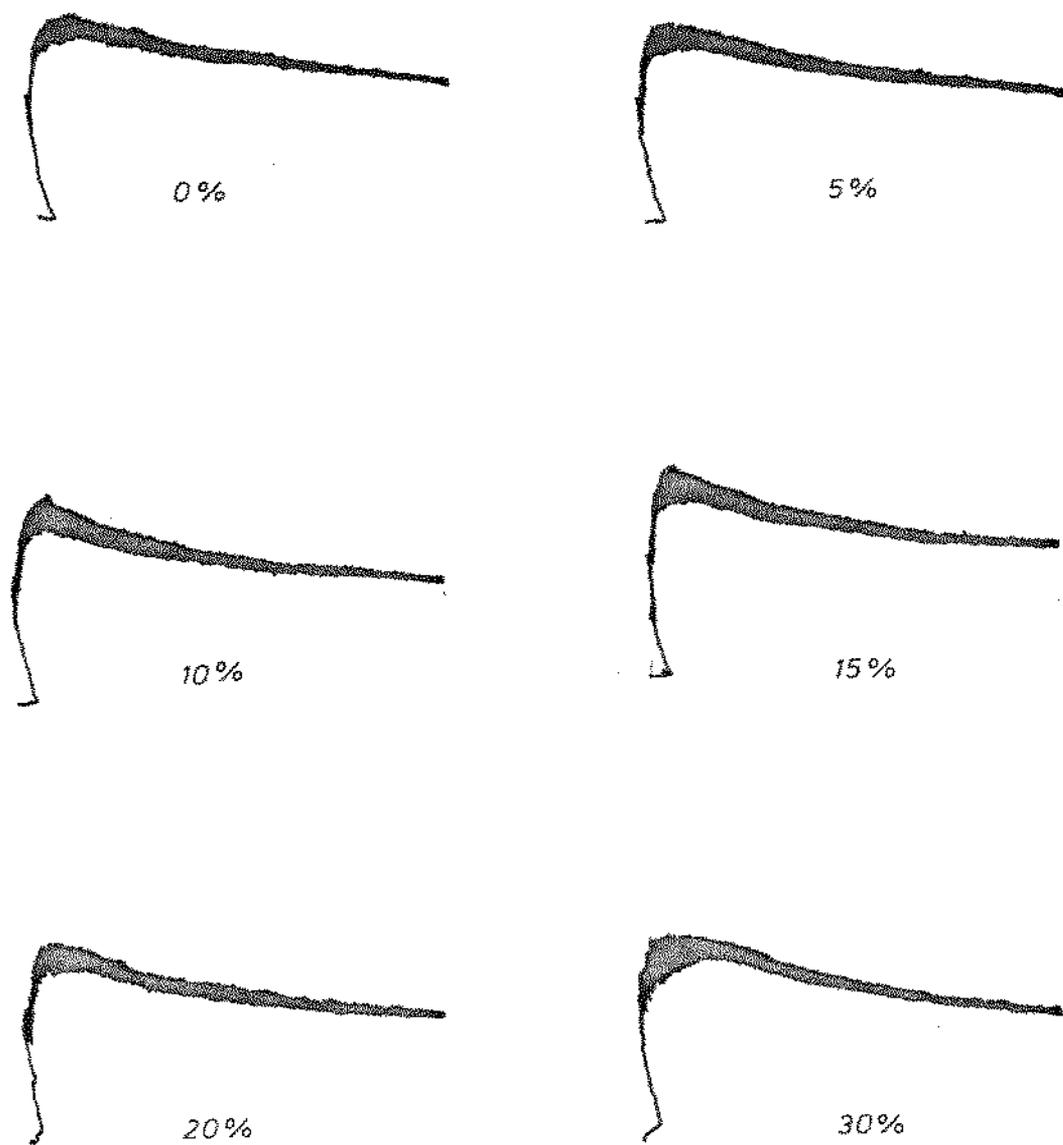


Figura 11. Farinogramas de farinha de trigo pura e das misturas com farinha de sorgo

Esse processo tem início imediatamente após a adição de água no misturador e se prolonga até a inativação das enzimas a elevadas temperaturas no interior do forno, por ocasião do assamento do pão. Neste intervalo, não apenas o fermento, que é um complexo enzimático, como também enzimas presentes na própria farinha irão contribuir para a formação dos mais diferentes produtos de reação, como gás carbônico, álcoois e aldeídos, que influem na acidez, sabor e aroma do pão. A produção de aminoácidos livres nesta etapa é de alta importância, cuja função por ocasião do assamento do pão contribui de modo acentuado no sabor e aroma do pão.

Outro fenômeno que ocorre é o desenvolvimento do glúten, que tem início logo no processo de mistura, indo continuar durante o processo de fermentação da massa. Certas enzimas, como proteases existentes na farinha, fermento ou melhoradores de massa, ajudam o condicionamento do glúten por ocasião da fase de fermentação.

A capacidade de retenção do gás, que é uma outra fase do processamento da massa, depende de um apropriado desenvolvimento do glúten durante a fermentação, o que é ajudado, em certos casos, por compostos químicos incorporados ao mesmo por certas reações químicas envolvidas durante a fase de fermentação.

Com farinha de boa resistência à extensão, para que a mesma possa reter os gases e obter correta extensibilidade, a fim de permitir um aumento no volume da massa durante a fermentação, teremos, então, um pão de boa qualidade.

Isto justifica ainda o estudo dos efeitos causados pela substitui

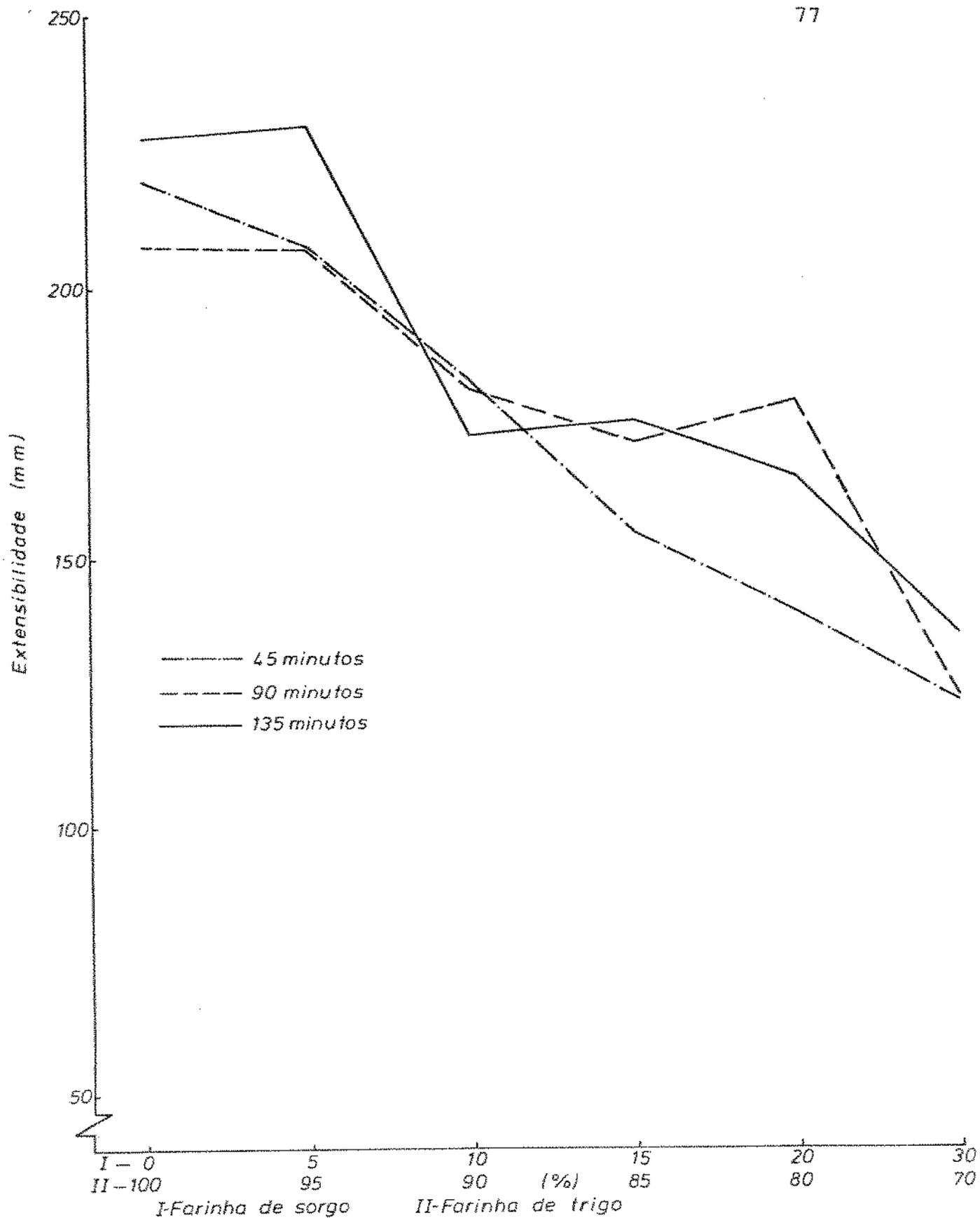


Figura 12. Efeito da adição de farinha de sorgo à farinha de trigo nas características de extensibilidade da massa no sistema farinha-água (SFA).

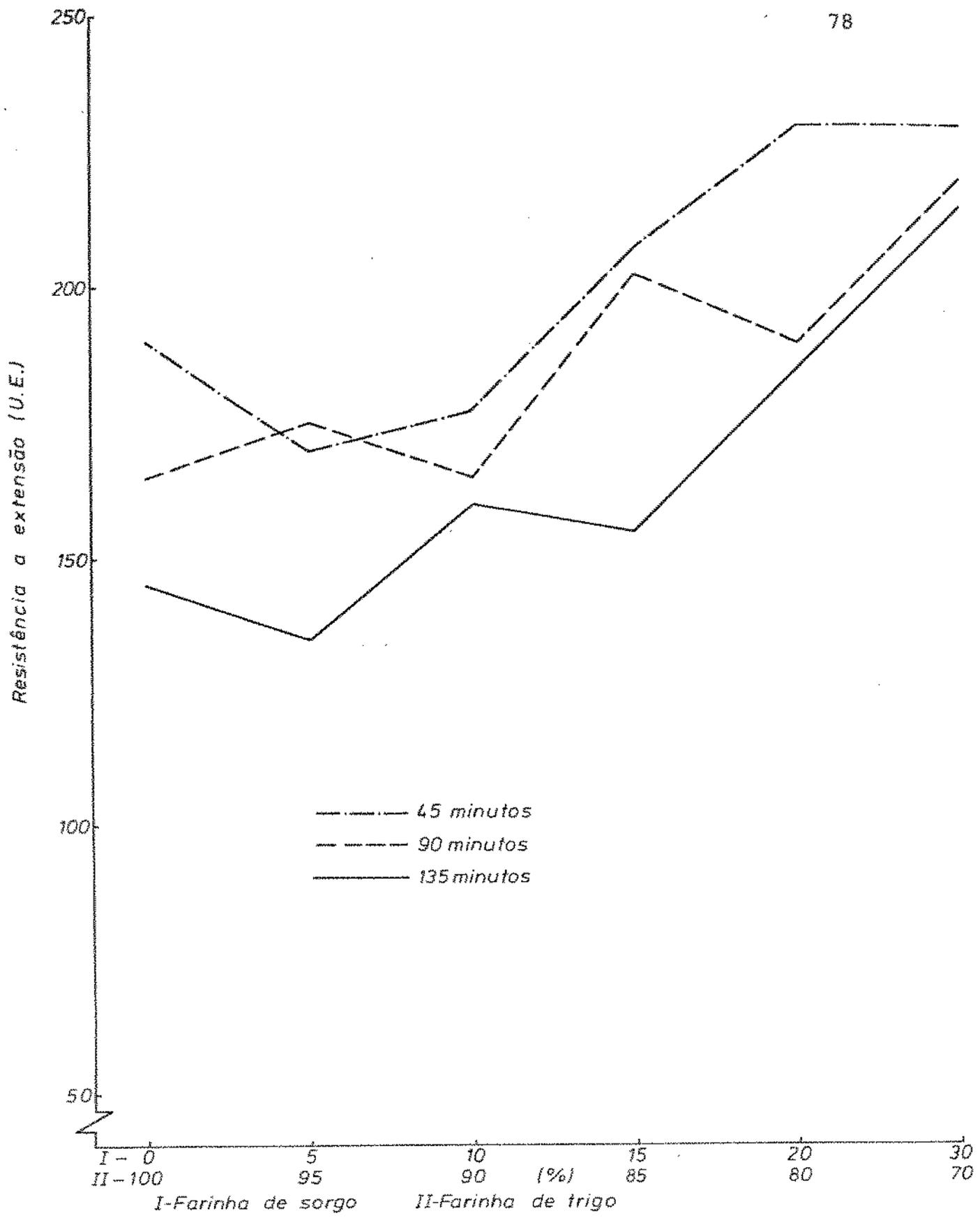


Figura 13. Efeito da adição de farinha de sorgo à farinha de trigo na resistência à extensão da massa no sistema farinha-água (SFA).

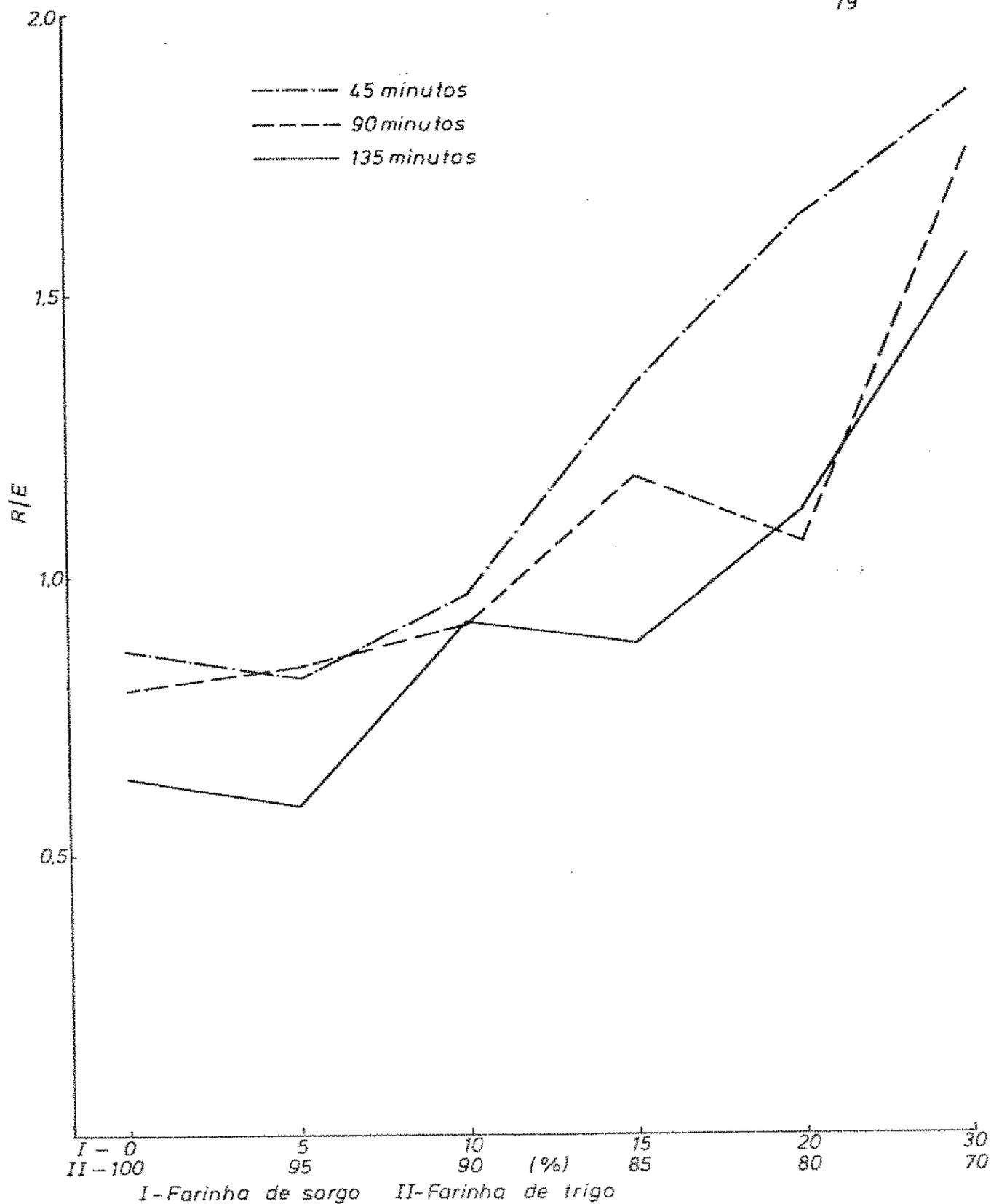


Figura 14. Efeito da adição de farinha de sorgo à farinha de trigo no número proporcional no sistema farinha-água (SFA).

ção parcial da farinha de trigo por sorgo nas características extensigráficas.

Os resultados obtidos após a substituição da farinha de trigo por farinha de sorgo no SFA estão analisados e apresentados na Tabela XIX. Por outro lado, os efeitos decorrentes destas adições na extensibilidade da massa são apresentados na Figura 12.

Ao observar esses dados, constatou-se que nos três tempos consecutivos (45, 90 e 135 minutos) a incorporação de farinha de sorgo em níveis crescentes fez com que houvesse uma queda nos valores de extensibilidade, devido ao aumento do tempo de descanso da massa.

Conforme mostra a Figura 13, notamos um aumento na resistência à extensão quando se incorpora de modo crescente a farinha de sorgo à farinha de trigo, constatando-se um ligeiro decréscimo da resistência à extensão nos respectivos tempos de descanso.

A possível presença de um agente oxidante nas farinhas tem sido comprovada, em decorrência do aumento no número proporcional, como é demonstrado na Figura 14.

Certos autores, estudando a incorporação de farinha de sorgo (56), obtiveram resultados coerentes com os apresentados aqui, mas nenhuma interpretação foi fornecida.

Verificou-se que nos respectivos tempos de descanso (45, 90 e 135 minutos) a incorporação de farinha de sorgo em níveis crescentes, correspondeu a um decréscimo no número proporcional.

Contrariamente ao número proporcional, os valores da área diminuí

Tabela XIX - Adição de farinha de sorgo à farinha de trigo nacional e seu efeito sobre as características do extensigrama da farinha de trigo no sistema farinha-água (SFA)

Parâmetros	Farinha de Sorgo (%)																	
	0			5			10			15			20			30		
	Tempo de Fermentação (min)																	
	45	90	135	45	90	135	45	90	135	45	90	135	45	90	135	45	90	135
Extensibilidade (E) min	213,5	207,5	227,5	207,5	207,5	230,0	182,5	182,5	181,5	155,0	155,0	171,5	140,0	179,0	165,5	123,5	124,5	136,0
Resistência à Extensão (R) U.E.	190,0	165,0	145,0	170,0	175,0	135,0	177,5	165,0	160,0	207,5	180,0	155,0	230,0	190,0	185,0	230,0	220,0	215,0
Resistência máxima (RM) U.E.	257,5	245,0	220,0	242,5	242,5	207,5	242,5	225,0	202,5	240,0	235,0	207,5	267,5	247,5	255,0	242,5	245,0	255,0
Área total (A) cm ²	73,15	65,35	67,95	65,55	63,75	61,35	57,80	53,05	46,35	49,90	51,30	47,35	49,75	56,75	53,90	42,00	40,10	49,00
Número proporcional (R/E)	0,87	0,80	0,64	0,82	0,84	0,59	0,97	0,91	0,92	1,34	1,18	0,88	1,64	1,06	1,12	1,86	1,77	1,58
Oxynumber (A.E/R)	84,51	82,18	106,61	80,01	75,59	104,52	59,43	58,36	50,12	37,27	43,45	53,61	30,28	53,45	48,22	22,55	22,69	31,00

ram à medida que se elevou o teor de farinha de sorgo na farinha de trigo, demonstrando ter havido um enfraquecimento na estrutura protéica, conforme Figura 15.

Se uma massa nos mostra maiores valores da área total dos extensigramas, normalmente indicam que a mesma possui uma melhor qualidade. Contrariamente, se a massa produz menor área, indica o efeito enfraquecedor da farinha de sorgo em suas propriedades extensigráficas. Comportamento semelhante apresentou o Oxynumber (Figura 16).

F - Efeito da adição de farinha de sorgo à farinha de trigo sobre a cor

As coordenadas K_x , K_y e valores tristimulus (X, Y, Z) estão apresentados na Tabela XX. Os efeitos das adições no grau de brancura (WB) e a diferença total de cor (DE) estão apresentados na Tabela XXI.

A Figura 17 mostra os efeitos das adições no grau de brancura (WB), ao passo que a posição dessas farinhas numa área do diagrama de cromaticidade é mostrada em gráfico e em fotografia colorida, nas Figuras 18 e 19, respectivamente.

Observou-se que nos crescentes níveis de farinha de sorgo incorporados houve um acréscimo, tornando essas diferenças cada vez maiores em relação ao controle (100% de farinha de trigo).

Com relação ao grau de brancura (WB) houve um decréscimo nos cres

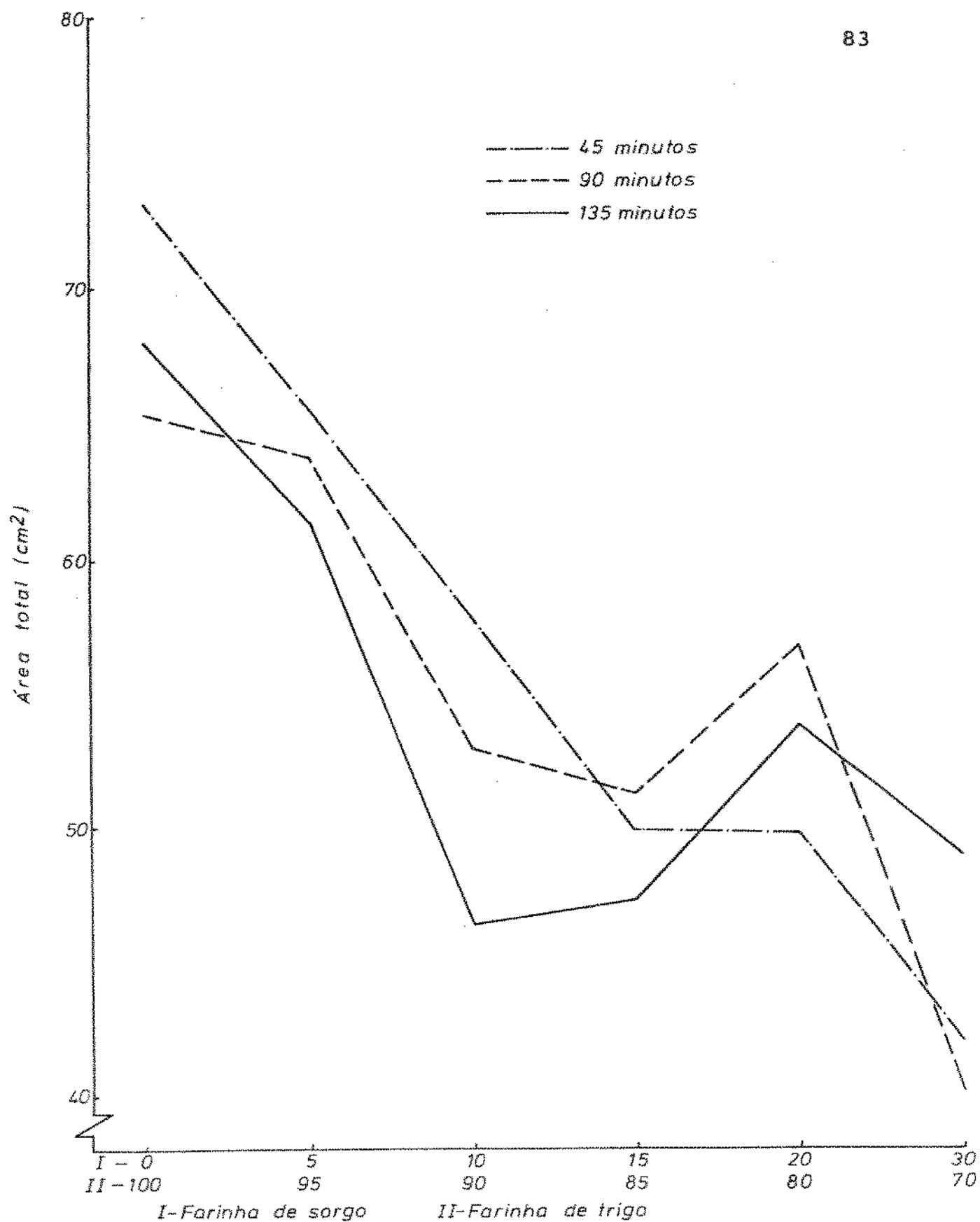


Figura 15. Efeito da adição de farinha de sorgo na área total da farinha de trigo no sistema farinha-água (SFA).

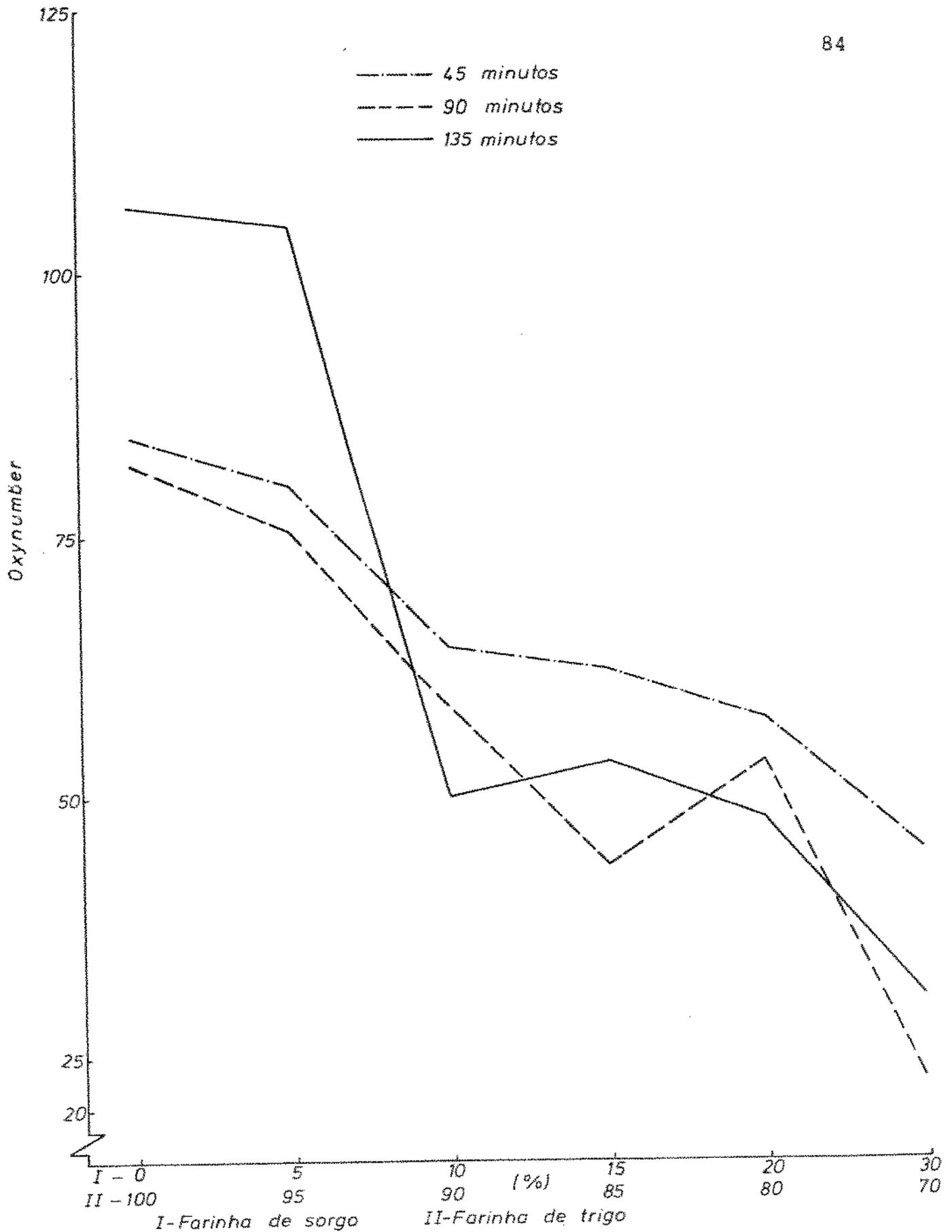


Figura 16. Efeito da adição de farinha de sorgo  farinha de trigo no Oxy-number no sistema farinha-gua (SFA).

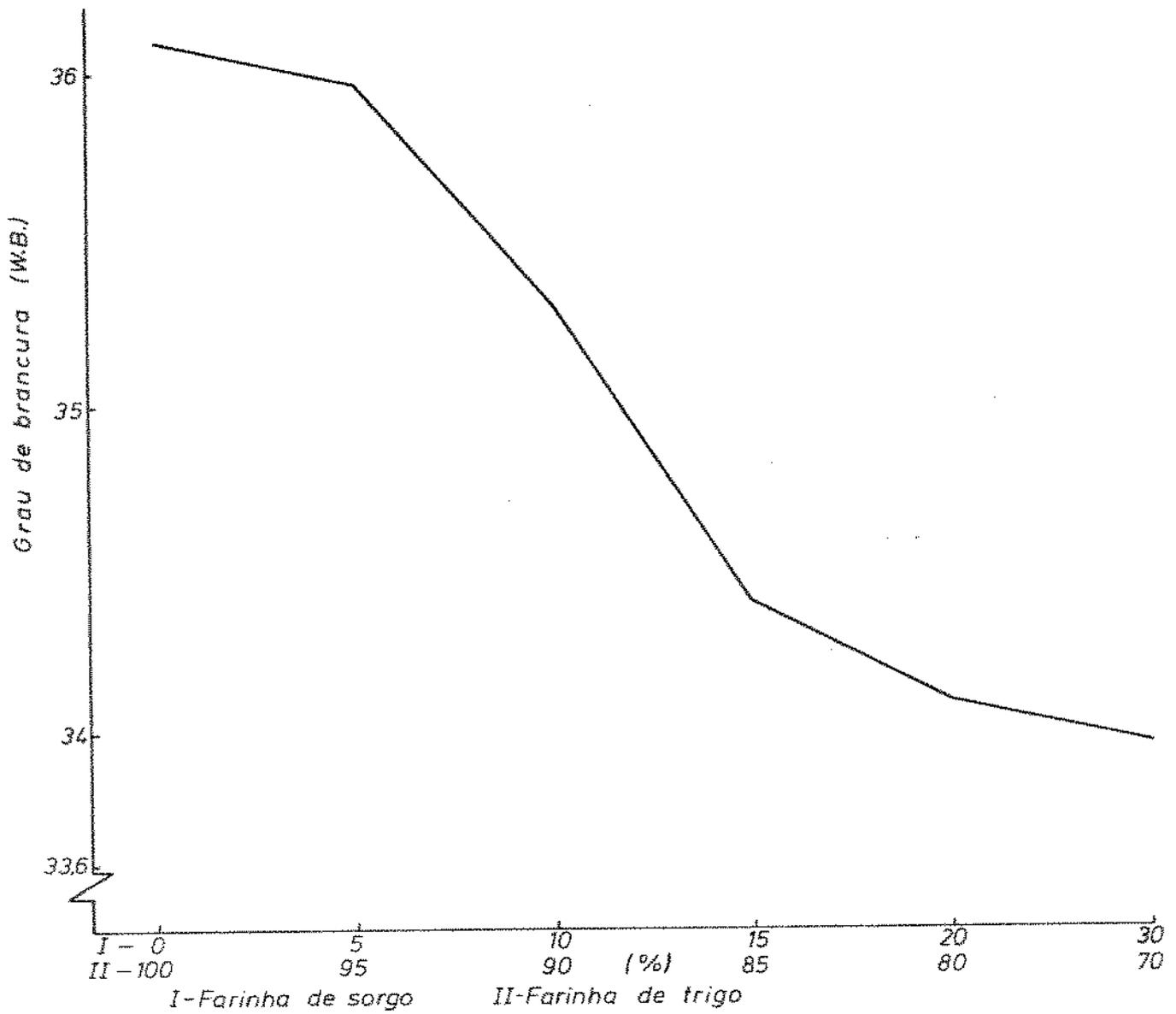


Figura 17. Efeito da adiçãõ de farinha de sorgo no grau de brancura (WB) da farinha de trigo.

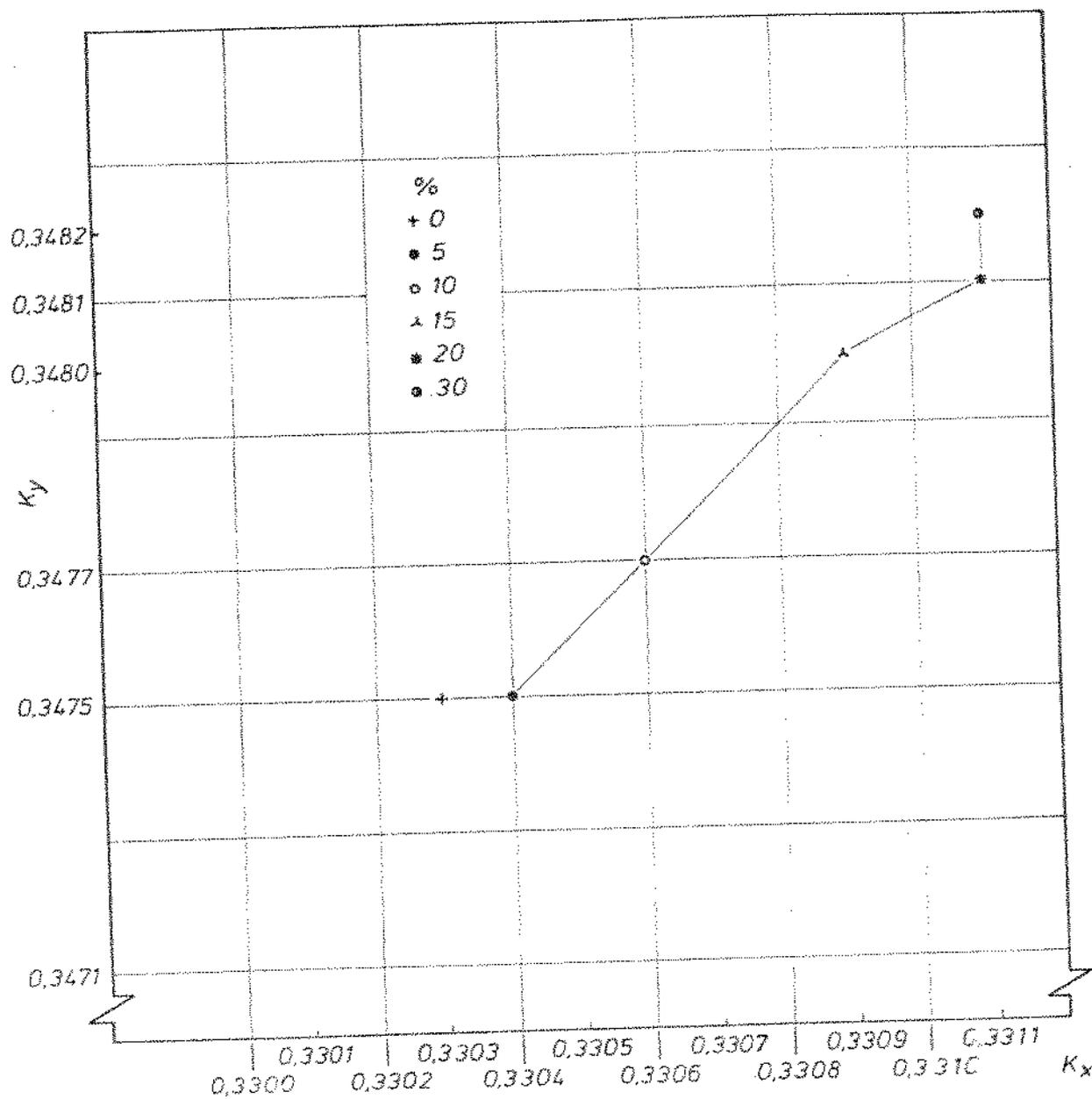


Figura 18. Efeito da adição de farinha de sorgo nas coordenadas de cor das farinhas.

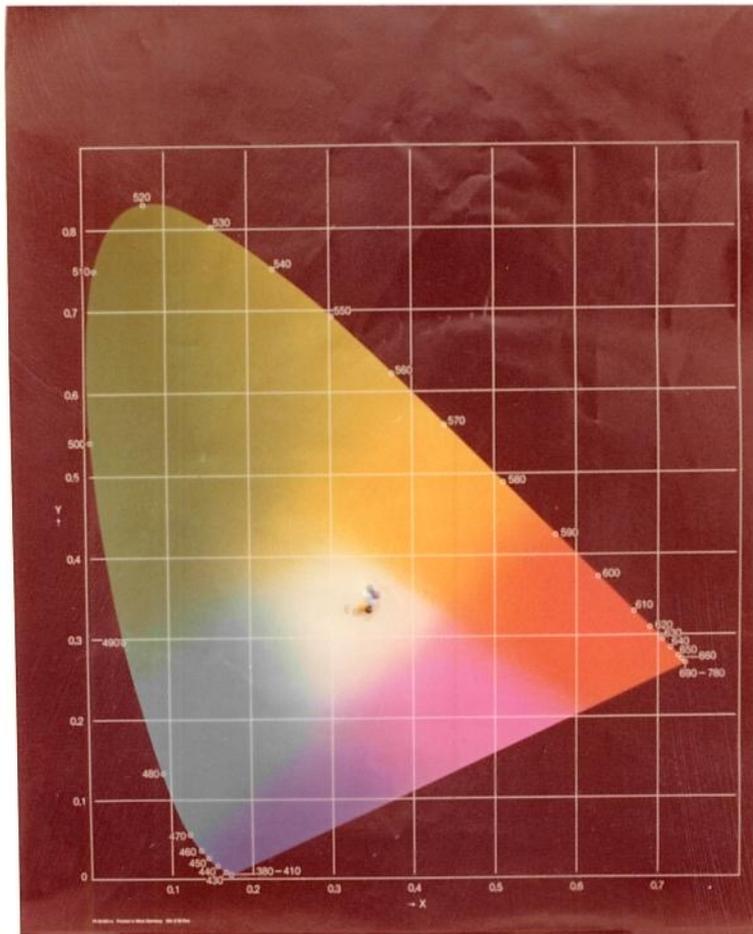


Figura 19. Localização das amostras no diagrama de cromaticidade: 0%, amarelo; 5%, verde; 10%, azul; 15%, branco; 20%, roxo; 30%, lilás.

Tabela XX - Efeito da adição de farinha de sorgo à farinha de trigo nacional sobre as coordenadas características dos valores tristimulus

Farinha de sorgo (%)	C o o r d e n a d a s				
	X	Y	Z	K _x	K _y
0	69,67	73,29	67,96	0,3303	0,3475
5	69,60	73,20	67,87	0,3304	0,3475
10	69,40	72,99	67,51	0,3306	0,3477
15	68,81	72,36	66,78	0,3309	0,3480
20	68,78	72,33	66,65	0,3311	0,3482
30	68,68	72,22	66,53	0,3311	0,3482
100	60,54	63,50	41,53	0,3333	0,3503

Tabela XXI - Determinação da cor das misturas de farinha de trigo e de sor-
go em diferentes porcentagens

Farinha de sorgo (%)	Grau de brancura (WB)	Diferença total de cor (DE)
0	36,09	13,50
5	35,97	13,60
10	35,28	13,70
15	34,44	14,00
20	34,08	14,10
30	33,97	14,10

centes níveis de farinha de sorgo incorporados.

Os resultados vêm concordar com nossas previsões, desde que a farinha de trigo, sendo mais clara como se observa pelos dados da Tabela XX, torna essas diferenças cada vez maiores em relação ao controle (100% de farinha de trigo) e ao padrão sulfato de bário ($BaSO_4$).

G - Efeito da adição de farinha de sorgo à farinha de trigo nas características de reflectância das farinhas

Com relação às características de reflectância (R_x , R_y , R_z), houve um decréscimo nos seus valores à medida que se elevou o teor de farinha de sorgo na farinha de trigo, como se observa na Tabela XXII.

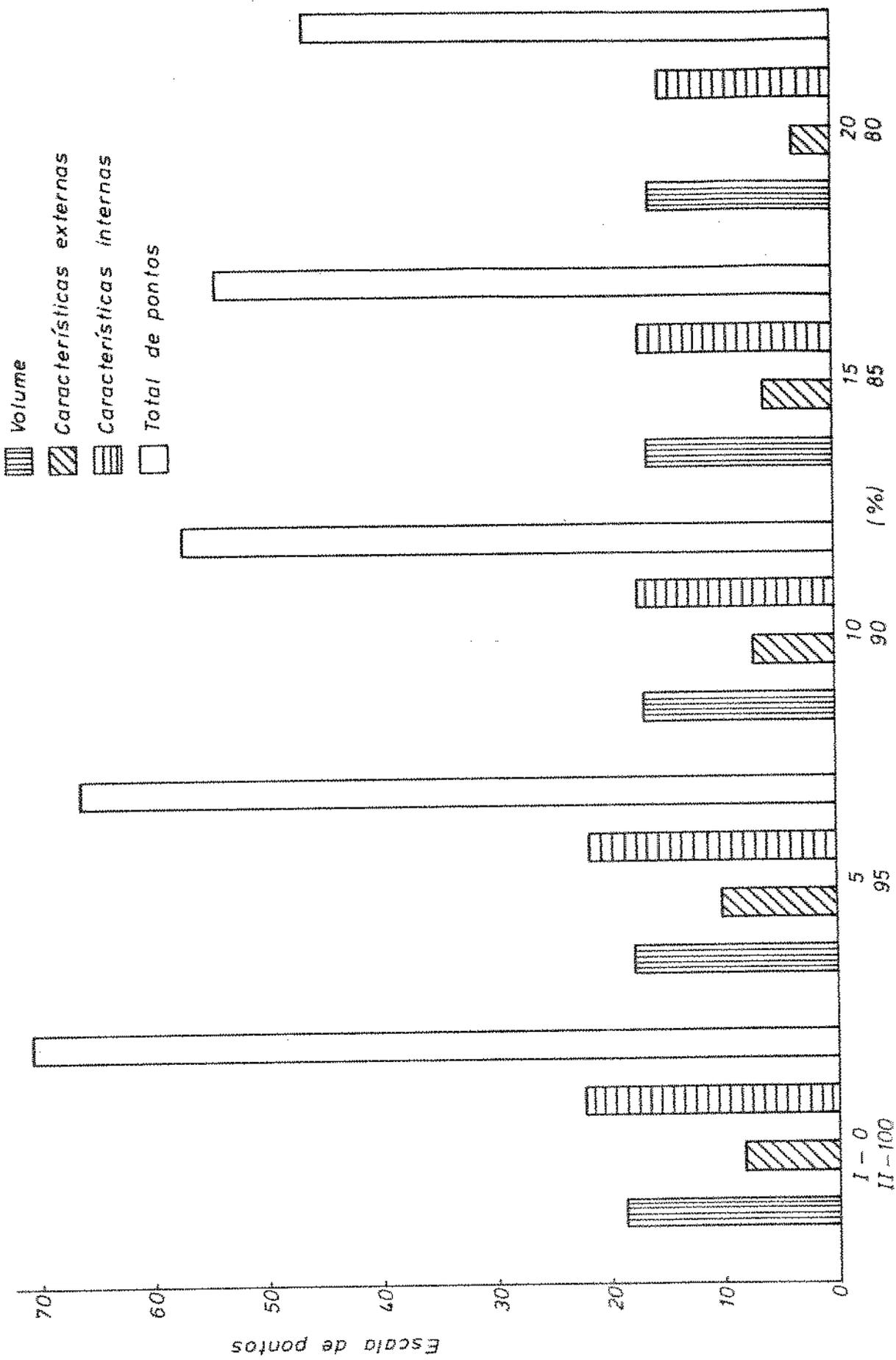
H - Efeito da adição de farinha de sorgo à farinha de trigo sobre a qualidade do pão

Para se realizar uma avaliação de pão, normalmente se utiliza um sistema em que se consideram as características externas, internas, sabor e aroma do produto, havendo um limite para cada um desses parâmetros.

As características externas foram: volume, cor da crosta, quebra, simetria e características da crosta.

Tabela XXII- Efeito da adição de farinha de sorgo à farinha de trigo nas características de reflectância das farinhas

Farinha de sorgo (%)	R e f l e c t â n c i a s		
	Rx	Ry	Rz
0	75,72	73,29	63,32
5	75,65	73,20	63,24
10	75,47	72,99	62,90
15	74,86	72,36	62,22
20	74,85	72,33	62,10
30	74,74	72,22	61,99



I-Farinha de sorgo II-Farinha de trigo

Figura 20. Efeito da adição de farinha de sorgo à farinha de trigo nas características e qualidade do pão. 92

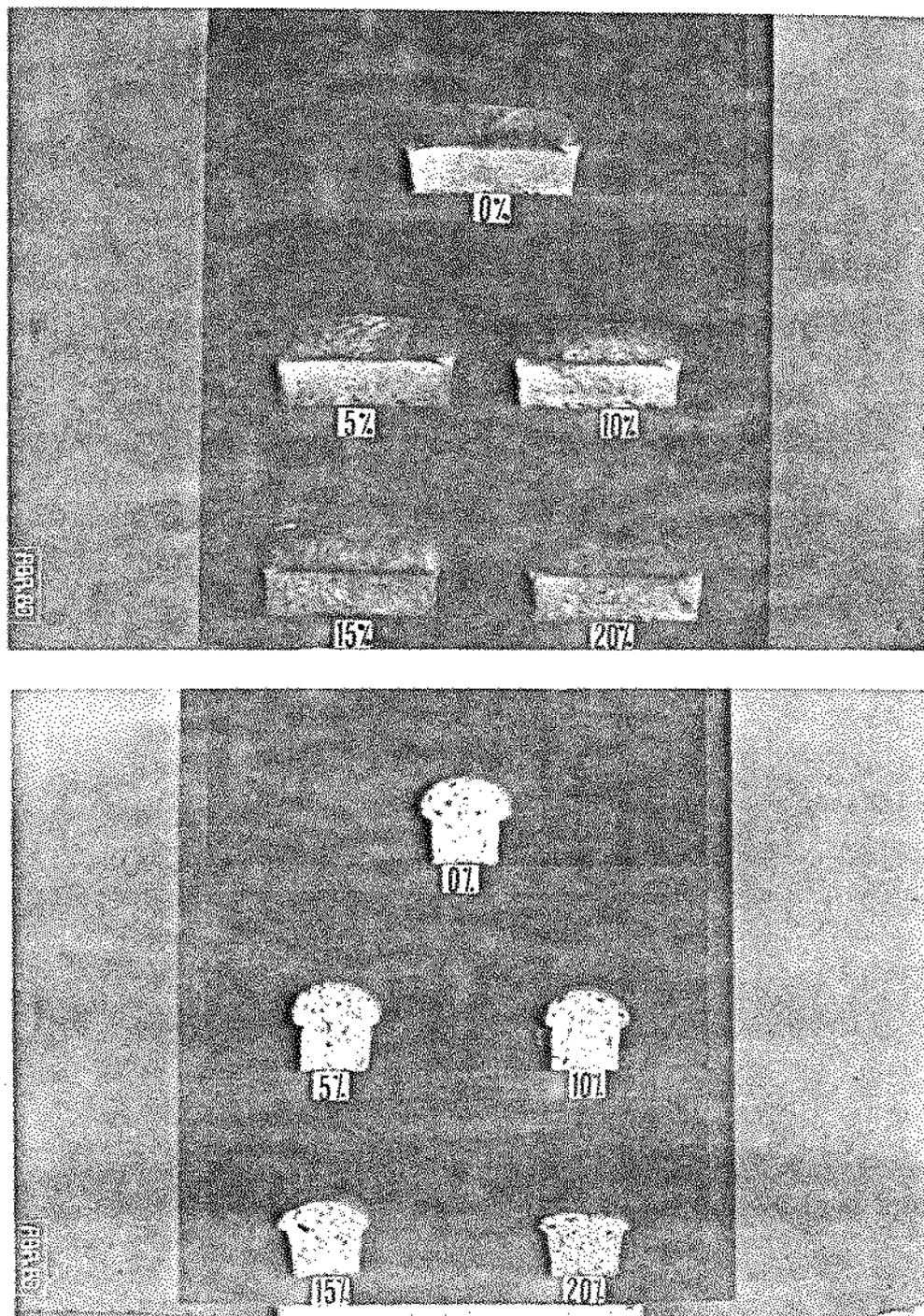


Figura 21. Efeito da farinha de sorgo na qualidade do pão.

As características internas foram: cor do miolo, estrutura da célula do miolo e textura.

O volume do pão é de grande importância, uma vez que é afetado por vários fatores, como qualidade da farinha e tratamentos utilizados no decorrer do processamento.

Como o teste de panificação teve todas as variáveis criteriosamente controladas, isto é, tempo ótimo de mistura, consistência, tempo e temperatura de fermentação da massa, as variações que surgiram em termos de qualidade do produto foram devidas à presença da farinha de sorgo na massa. Os resultados deste ensaio são apresentados na Tabela XXIII.

Para melhor aquilatar os resultados obtidos nessa avaliação, as características internas e externas são mostradas na Figura 20.

A qualidade do pão sem mistura (100% de farinha de trigo) e com 5% de farinha de sorgo foram praticamente iguais, com exceção de uma mínima redução em volume. Com 5% de farinha de sorgo houve um decréscimo de 1,1, passando de 18,8 para 17,7 pontos.

Em níveis de 10, 15 e 20% houve uma série de efeitos indesejáveis na qualidade do pão, conforme se pode observar na Figura 21.

O resultado da análise sensorial foi obtido através da aplicação do teste Triangular (modelo apresentado no Anexo B) e teste de preferência (modelo apresentado no Anexo C), em pães de 15, 10, 7, 6 e 5% de farinha de sorgo, de modo a determinar, respectivamente, diferença e a preferência através de escala hedônica, consideran

Tabela XXIII - Características da qualidade do pão obtido com misturas de farinha de trigo e de sorgo em diferentes porcentagens

Características de Qualidade	Valor Máximo	Porcentagem de farinha de sorgo				
		0	5	10	15	20
Características externas Volume (sp x 3,33)	20	18,8	17,7	16,6	16,6	15,9
Outras características externas	20	10,5	10,0	7,0	6,0	3,5
Características internas	35	22,5	21,5	17,5	17,0	14,5
Gosto de aroma	25	17,5	17,0	16,0	14,5	12,6
T O T A L	100	69,3	66,2	57,1	54,1	46,5

do apenas o sabor. O teste de preferência indicou que até 6% de farinha de sorgo, nenhuma diferença significativa a nível de 5% foi observada, concluindo-se que existe a possibilidade de se utilizar até 6% de farinha de sorgo na farinha de trigo, sem que nenhuma diferença significativa seja notada ($p < 0,05$) no sabor e a roma do pão.

Os níveis de farinha de sorgo que se pode adicionar à farinha de trigo sem deterioração da qualidade do pão foram relativamente menores em comparação com os obtidos por outros autores. Alguns trabalhos mostraram que é possível obter pão de alta qualidade com 10% de farinha de sorgo (6). Foi também obtido pão com qualidades aceitáveis com farinha de sorgo em níveis de 20 a 25% de farinha de sorgo (12). Entretanto, nesses trabalhos foram usados trigos do tipo duro vermelho de inverno. A farinha obtida desses tipos de trigo contém elevado teor de proteína e são de alta qualidade tecnológica, o que justifica melhor a tolerância à presença de maiores níveis de farinha de sorgo. A farinha de trigo mole tem apenas capacidade média e não permite o uso de farinha de sorgo em níveis superiores a 5%, conforme os resultados obtidos no presente trabalho.

I - Importância do uso de farinha de sorgo no pão

A adição de farinha de sorgo no pão pode resultar em vantagens do ponto de vista econômico, como também pode despertar interesse

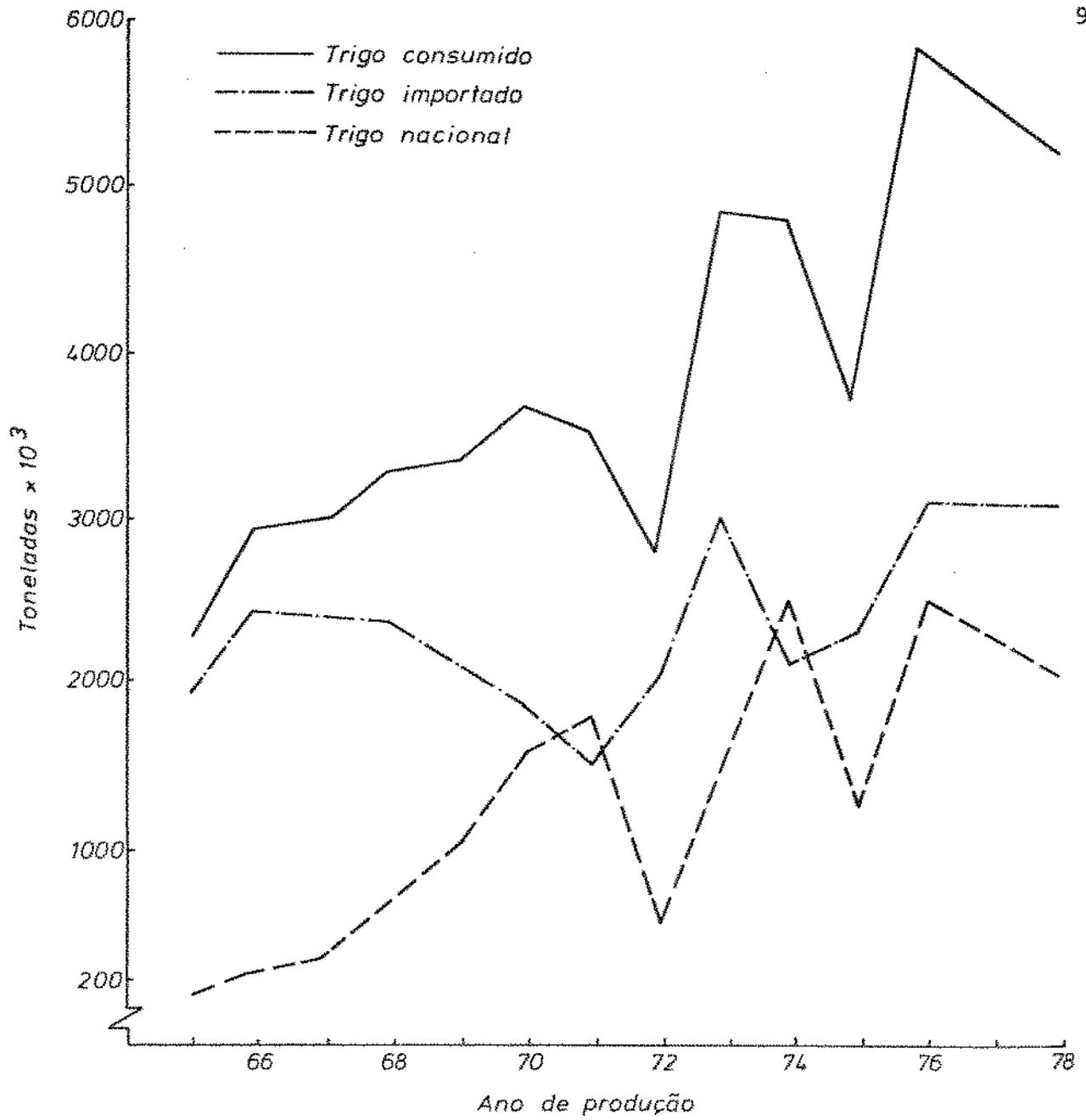


Figura 22. Quantidade, em toneladas, de trigo importado, nacional e consumido no período de 1966 a 1978.

por parte dos agricultores pelo plantio do cereal sorgo.

J - Economia de importação

Apesar da produção nacional de trigo ter aumentado de 220 mil toneladas em 1965 para cerca de 2 milhões de toneladas em 1977 (Quadro II), a importação desse cereal foi também aumentada de 2 milhões de toneladas para cerca de 2,3 milhões, nesse mesmo período. A quantidade de trigo importada, sua procedência e ano, são apresentadas no Quadro III.

O aumento de produção e da importação do trigo no decorrer dos anos mostra que o consumo foi praticamente triplicado em 12 anos (Figura 22). Entretanto, é previsto que essa tendência em relação ao aumentado consumo deve continuar nos próximos anos. Como pode ser observado, o aumento da produção de trigo tem sido inferior ao seu consumo, o que tem acarretado o aumento das importações.

O preço do trigo importado aumentou, principalmente entre 1973 e 1974 (Quadro VI), tendo seu valor médio por tonelada em dólares, passado de 128 para 218. O custo do trigo importado no ano de 1965 foi de cerca de 113 milhões de dólares e em 1977 foi de aproximadamente 300 milhões de dólares.

Em 1977 o Brasil consumiu cerca de 6 milhões de toneladas de trigo e com a adição de 5% de farinha de sorgo haveria uma redução de cerca de 300 mil toneladas na importação de trigo que, ao preçomē

Quadro VI. Importação de trigo em grão pelo Brasil, 1967 a 1977
(4)

Anos	Quantidade (t)	Valor CIF		% do Valor Total		Valor médio (US\$/t)
		Cr\$1000	US\$1000	Cr\$1000	US\$1000	
1967	2.428.872	458.623	178.107	10,69	10,68	73
1968	2.614.303	576.378	181.678	8,44	8,52	69
1969	2.355.599	645.666	161.963	7,19	7,18	69
1970	1.957.827	578.078	127.236	4,48	4,47	65
1971	1.710.521	646.523	124.450	3,36	3,36	73
1972	1.796.757	827.745	141.168	2,95	2,95	79
1973	2.944.628	2.299.843	376.658	5,57	5,38	128
1974	2.399.175	3.483.737	522.344	3,68	3,69	218
1975	2.097.927	2.921.908	356.951	2,71	2,63	170
1976	3.428.106	5.538.048	547.513	3,90	3,99	160
1977	2.264.118	3.999.988	295.327	2,20	2,23	130

dio de 130 dólares por tonelada, acarretaria numa economia em divisas de aproximadamente 40 milhões de dólares.

CONCLUSÕES

É possível utilizar-se equipamento bastante difundido no Brasil, como a beneficiadora de arroz, para a operação de descascamento do sorgo.

Comparando os teores de gordura, fibra e cinzas do sorgo com e sem casca notou-se um acentuado decréscimo nos valores dos dois primeiros, enquanto que para o último o efeito de descascamento foi bem menos observado.

Os resultados reológicos, em termos de viscosidade máxima, obtidos da incorporação de farinha de sorgo a níveis de 5, 10, 15, 20 e 30%, mostram um certo aumento no pico de viscosidade. O aumento da viscosidade máxima com o incremento de farinha de sorgo na mistura foi devido ao aumento de amido e também devido à diluição de alfa-amilase presente em grande quantidade na farinha de trigo nacional. Em nosso caso, como o objetivo foi usar farinha de trigo brasileiro, o padrão de viscosidade de Pratt (37) não foi bem obedecido como recomendado pelo critério de qualidade em termos de viscosidade determinada pelo visco-amilógrafo.

Os resultados de absorção de água aumentaram no sistema farinha-água (SFA) e sistema farinha-água-ingredientes (SFAI). A farinha de trigo sem sorgo (100% de farinha de trigo) apresentou menor nível de absorção quando comparada com as misturas, isto é, 5, 10, 15, 20 e 30% de farinha de sorgo.

Comparando os dois sistemas, aquele com ingredientes demonstrou uma inibição quanto à capacidade de absorção, em virtude da presença dos próprios ingredientes.

Contrariamente aos valores de absorção, o tempo ótimo de mistura e desenvolvimento diminuiu, indicando que a farinha de sorgo diminui a energia de mistura necessária para desenvolver a estrutura do glúten, o mesmo não acontecendo com o tempo de chegada, onde foi constatado um aumento. Isto pode ser atribuído ao aumento da quantidade das proteínas de sorgo na massa.

A extensibilidade da massa decresceu à medida que se incorporou farinha de sorgo à farinha de trigo. Este decréscimo também foi observado para os tempos de descanso (45, 90 e 135 minutos), no sistema farinha-água (SFA).

Contrariamente aos valores de extensibilidade, a resistência à extensão aumentou à medida que se elevou a porcentagem de farinha de sorgo na farinha de trigo. Para menores tempos de descanso obteve-se uma maior resistência, o que significa dizer que se comportou de modo contrário aos valores da extensibilidade.

O número proporcional diminuiu com o aumento do tempo de descanso e aumentou com a elevação do teor de farinha de sorgo na farinha de trigo.

Em termos de área total, seus valores diminuíram com o aumento da farinha de sorgo na massa e com o tempo de descanso (45, 90 e 135 minutos) mostrou um comportamento inverso. Isto demonstra que a farinha de sorgo tem efeito diluidor do glúten, como indicam os re-

sultados.

O oxynumber diminuiu com o tempo de descanso e com o aumento do teor de farinha de sorgo na massa. Isto indica que nos níveis crescentes de farinha de sorgo, a oxidação não se comporta favoravelmente.

Pelo teste de panificação concluiu-se que a qualidade do pão sem farinha de sorgo (escore de volume: 18,8) e pão com 5% de farinha de sorgo (escore de volume: 17,7) foi semelhante. No entanto, nos níveis de 10, 15 e 20% de farinha de sorgo no pão, houve um efeito depreciativo em sua qualidade.

A adição de farinha de sorgo à farinha de trigo provocou um decréscimo no seu grau de brancura. Isto mostrou que a farinha de sorgo tem um efeito de escurecimento na farinha de trigo. A adição de 5% de farinha de sorgo praticamente não provocou nenhum efeito de escurecimento na farinha de trigo.

A adição de 5% de farinha de sorgo no pão poderia trazer ao país uma economia de divisas superior a 15 milhões de dólares. De acordo com nossos estudos, além de fornecer ao país uma substancial economia em termos financeiros, apresenta mais uma nova alternativa em termos da alimentação humana.

Com este estudo ficaria aberto um campo para podermos produzir pão de boa qualidade usando trigo nacional sem ou com outros sucedâneos que não a soja, farinha de carã, batata-doce e outros cereais que, eventualmente, poderiam ser considerados. Com isto teríamos mais um motivo para que as autoridades se voltassem para o proble

ma de nosso trigo, em busca de um gradual aumento da nossa produção até alcançar a auto-suficiência ou desestimular o consumo, con seguindo assim um equilíbrio com a produção interna. Sabemos que há possibilidade de selecionar para as diversas regiões do país, variedades de boa qualidade tecnológica e que ofereçam uma larga faixa de tolerância em relação à sua época de semeadura, permitin do, eventualmente, duas safras anuais, especialmente quando plantadas em extremos regionais. Com tudo isso, o nosso país passará a não estimular a produção de trigo de outros países, para estimu lar a nossa própria produção de trigo, o que é bastante aconselhã vel.

ANEXO A

TESTE DE PANIFICAÇÃO

Amostra _____	Data _____
Valor Máximo	
Características Externas	
Volume: (vol. = $\text{cm}^3/\text{g} \times 3.33$)	20
peso: vol.: cm^3/g :	
Cor da crosta:	10
(fatores indesejáveis: não-uniforme, opaco, muito claro ou muito escuro)	
Quebra:	5
(fatores indesejáveis: muito pequena, áspera, desigual)	
Simetria:	5
(fatores indesejáveis: laterais, pontas e parte superior desiguais)	
Total	40
Características Internas	
Características da crosta:	5
(fatores indesejáveis: borrachenta, quebra- diça, dura, muito grossa, muito fina)	
Cor do miolo:	10
(fatores indesejáveis: cinza, opaco, desi- gual, escuro)	
Estrutura da célula do miolo:	10
(fatores indesejáveis: falta de uniformida- de, buracos muito abertos ou compacto)	
Textura do miolo:	10
(fatores indesejáveis: falta de uniformida- de, desigualdade, áspera, compacta, seca)	
Total	35
Aroma e Gosto	
Aroma:	10
(fatores indesejáveis: falta de aroma, aroma desagradável, estranho, muito fraco ou forte)	
Gosto:	15
(fatores indesejáveis: ácido, estranho, goma, massa, gosto remanescente)	
Total	25
Contagem total	100

Ficha usada no teste de panificação da Análise Sensorial

ANEXO BTESTE TRIANGULAR

Nome _____ Data _____

Em cada prova, duas das três amostras são iguais e uma é diferente. Faça um círculo em torno do número da amostra diferente.

1a. prova _____

2a. prova _____

3a. prova _____

Ficha para teste triangular, utilizada na Análise Sensorial

ANEXO CPREFERÊNCIA

Produto _____

Nome _____ Data _____

Instruções: Você vai receber 2 amostras para provar e deverá dar sua preferência, usando as escalas abaixo, considerando apenas o sabor. Ignore outras diferenças. Lave a boca entre uma amostra e outra. Se desejar, faça comentários

Amostra nº

Amostra nº

Gostei muitíssimo



Desgostei muitíssimo

Gostei muitíssimo



Desgostei muitíssimo

Comentários:

Ficha para teste de preferência utilizada na Análise Sensorial

ANEXO D

Mínimo de julgamentos corretos para estabelecer diferenciação significativa (teste monocaudal)

Nº de tentativas (n)	Níveis de probabilidade						
	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	0,005	0,001
7	7	7	7	7	7		
8	7	7	8	8	8	8	
9	8	8	8	8	9	9	
10	9	9	9	9	10	10	10
11	9	9	10	10	10	11	11
12	10	10	10	10	11	11	12
13	10	11	11	11	12	12	13
14	11	11	11	12	12	13	13
15	12	12	12	12	13	13	14
16	12	12	13	13	14	14	15
17	13	13	13	14	14	15	16
18	13	14	14	14	15	15	16
19	14	14	15	15	15	16	17
20	15	15	15	15	16	17	18
21	15	15	16	16	17	17	18
22	16	16	16	17	17	18	19
23	16	17	17	17	18	19	20
24	17	17	18	18	19	19	20
25	18	18	18	19	19	20	21
26	18	18	19	19	20	20	22
27	19	19	19	20	20	21	22
28	19	20	20	20	21	22	23
29	20	20	21	21	22	22	24
30	20	21	21	22	22	23	24
31	21	21	22	22	23	24	25
32	22	22	22	23	24	24	26
33	22	23	23	23	24	25	26
34	23	23	23	24	25	25	27
35	23	24	24	25	25	26	27
36	24	24	25	25	26	27	28
37	24	25	25	26	26	27	29
38	25	25	26	26	27	28	29
39	26	26	26	27	28	28	30
40	26	27	27	27	28	29	30
41	27	27	27	28	29	30	31
42	27	28	28	29	29	30	32
43	28	28	29	29	30	31	32
44	28	29	29	30	31	31	33
45	29	29	30	30	31	32	34
46	30	30	30	31	32	33	34
47	30	30	31	31	32	33	35
48	31	31	31	32	33	34	36
49	31	32	32	33	34	34	36
50	32	32	33	33	34	35	37
60	37	38	38	39	40	41	43
70	43	43	44	45	46	47	49
80	48	49	49	50	51	52	55
90	54	54	55	56	57	58	61
100	59	60	60	61	63	64	66

ANEXO E

Mínimo de julgamentos corretos para estabelecer diferenciação significativa (teste bicaudal)

Nº de tentativas (n)	Níveis de Probabilidade						
	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	0,005	0,001
7	7	7	7	7			
8	8	8	8	8	8		
9	8	8	9	9	9	9	
10	9	9	9	10	10	10	
11	10	10	10	10	11	11	11
12	10	10	11	11	11	12	12
13	11	11	11	12	12	12	13
14	12	12	12	12	13	13	14
15	12	12	13	13	13	14	14
16	13	13	13	14	14	14	15
17	13	14	14	14	15	15	16
18	14	14	15	15	15	16	17
19	15	15	15	15	16	16	17
20	15	16	16	16	17	17	18
21	16	16	16	17	17	18	19
22	17	17	17	17	18	18	19
23	17	17	18	18	19	19	20
24	18	18	18	19	19	20	21
25	18	19	19	19	20	20	21
26	19	19	19	20	20	21	22
27	20	20	20	20	21	22	23
28	20	20	21	21	22	22	23
29	21	21	21	22	22	23	24
30	21	22	22	22	23	24	25
31	22	22	22	23	24	24	25
32	23	23	23	23	24	25	26
33	23	23	24	24	25	25	27
34	24	24	24	25	25	26	27
35	24	25	25	25	26	27	28
36	25	25	25	26	27	27	29
37	25	26	26	26	27	28	29
38	26	26	27	27	28	29	30
39	27	27	27	28	28	29	31
40	27	27	28	28	29	30	31
41	28	28	28	29	30	30	32
42	28	29	29	29	30	31	32
43	29	29	30	30	31	32	33
44	29	30	30	30	31	32	34
45	30	30	31	31	32	33	34
46	31	31	31	32	33	33	35
47	31	31	32	32	33	34	36
48	32	32	32	33	34	35	36
49	32	33	33	34	34	35	37
50	33	33	34	34	35	36	37
60	39	39	39	40	41	42	44
70	44	45	45	46	47	48	50
80	50	50	51	51	52	53	56
90	55	56	56	57	58	59	61
100	61	61	62	63	64	65	67

BIBLIOGRAFIA

1. AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS (AACC). "Approved methods of AACC". 7a. Ed., 1969.
2. ANDERSON, R.A.; MONTGOMERY, R.R. & BURBRIDGE, J.H. Low-fat endosperm fractions from grain sorghum. *Cereal Sci. Today*, 14(11):388, 1969.
3. ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL - 1978. b- Produção Vegetal, capítulo 25 - Agricultura, p.374.
4. ANUÁRIO ECONÔMICO FISCAL - 1978. Secretaria da Receita Federal. Coordenação do Sistema de Informações Econômico-Fiscais, p.745.
5. BANZATO, N.V. Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo. Instituto Agrônomo, Boletim nº190. Instruções para a cultura do sorgo. Secção de Genética. Divisão de Biologia e Fitotécnica, fevereiro, p.3, 1969.
6. BUSHUK, W. & HULSE, J.H. Dough development by sheeting and its application to bread production from composite flours. *Cereal Sci. Today*, 19(9):424, 1974.
7. CAMARGO, C.R.O. O enriquecimento protéico do pão com farinha desengordurada de soja: o efeito nas propriedades reológicas da massa e na qualidade do pão. Tese de Mestrado, Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola. UNICAMP, SP, 1977.
8. CAMPOS, J.E. O efeito da adição de farinha de tremço doce (*Lupinus albus*) nas propriedades reológicas da massa e na qualidade do pão. Tese de Mestrado, Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola, UNICAMP, SP, 1977.
9. COMÉRCIO EXTERIOR DO BRASIL, 1977.
10. DALTON, J.L. & MITCHELL, H.L. Grain wax components fraction

- ation of grain wax. *J. Agric. Food Chem.*, 7(8):570, 1959.
11. DENDY, A.V.; CLARK, P.A. & JAMES, A.W. The use of blends of wheat and non-wheat flours in bread making. *Tropical Sci.* 12(2):131, 1970.
 12. DOGGET, H. Sorghum. The utilization of grain sorghum, p.223, 1970.
 13. EL-DASH, A.A. Standartized mixing and fermentation procedure for experimental baking test. *Cereal Chem.*, 55(4):436, 1978.
 14. _____. Qualidade tecnológica do trigo nacional brasileiro. I. O problema da presença de α -1,4-glucan-4-glucano hidrolase (alfa-amilase). *Ciência e Cultura*, 29(6) 684, 1977.
 15. FAO - Production Yearbook, vol.27, 1973.
 16. _____, vol.29, 1975.
 17. _____, vol.31, 1977.
 18. _____, vol.32, 1978.
 19. FINNEY, K. Loaf volume potentialities, buffering capacity and other baking properties of soy flour in blends spring wheat flour. *Cereal Chem.*, 23(1):96, 1946.
 20. GARCIA, C.J.; RUAS, G.G.D. & FILHO, F.A. *Informe Agropecuário*, 5(56):5, 1979.
 21. HAIKERWAL, M. & MATHIESON, A.R. The protein content and amino acid composition of sorghum grain. *Cereal Chem.*, 48(6): 690, 1971.
 22. HAMED, M.G.E.; REFAY, F.Y.; HUSSEIN, M.F. & EL-SAMAKY, S.K. Effect of adding sweet potato flour to wheat flour on physical dough properties and baking. *Cereal Chem.*, 50(2):140, 1973.
 23. HELM, E. & TROLE, B. Selection of a taste panel. *Wallerstein Lab. Commun.*, 9:181, 1946.

24. JUNTA DELIBERATIVA DO TRIGO DA SUNAB. Boletim Mensal, 1976.
25. KENT-JONES, D.W. & AMOS, A.J. Modern cereal chemistry. Food Trade Press, 6a. Ed., p.692, 1967.
26. KNEEN, E. & SANDSTEDT, R.M. Distribution and general properties on an amylase inhibitor in cereals. *Arch. Biochem.*, 9(2):235, 1946.
27. MAGNAVACA, R. Anais do I Simpósio Brasileiro de Sorgo, p.3, 1977.
28. MARNETT, L.F.; TENNEY, R.J. & BARRY, V.D. Methods of producing soy-fortified breads. *Cereal Sci. Today*, 18(2):38, 1973.
29. MATZ, S.A. The chemistry and technology of cereals as food and feed. Westport, Conn., The AVI Publishing Co., INC., 1959.
30. MATTHEWS, R.H.; SAIARPE, E.J. & CLARK, W.M. The use of oil-seed flours in bread. *Cereal Chem.*, 47(2):181, 1970.
31. MOURA, P.A.de M.; PIRES, E.T. & LIMA, M.L.P. Condições econômicas e estatísticas sobre o trigo. *Inf. Agropec.*, Belo Horizonte, 5(5):3, 1979.
32. MORAES, de ITAMAR, J.B. Demanda e comercialização do sorgo no sul do Brasil. Anais do I Simpósio Brasileiro de Sorgo, p.151, 1977.
33. NORMAN, F.D. Sucessive peripheral layers milled from wheat, barley, grain sorghum and glutinous rice by tangential abrasion. *Cereal Chem.*, 42(4):359, 1965.
34. OLANTUJI, O. & AKINRELE, I.A. Comparative rheological properties and bread qualities of wheat flour diluted with tropical tuber and breadfruit flours. *Cereal Chem.*, 55(1):1, 1978.
35. PERYAM, R. & PILGRIM, F.J. Hedonic scale method of measuring food preferences. *Food Technol.*, 11(9):9, 1957.
36. PINGLE, W.; WILLIAMS, A. & HULSE, J.H. Mechanically develop-

- ed doughs from composite flours. *Cereal Sci. Today*, 14(3): 114, 1969.
37. PRATT, Jr., D.B. Criteria of quality. Cap. V - Wheat Chemistry and Technology. Ed. by Pomeranz, Y. A.A.C.C., St. Paul, Minn., 1971.
38. RACHIE, K.O. Sorghum grain: its worldwide significance and potential. *Cereal Sci Today*, 14(8):272, 1969.
39. RAO, N.G.P. & HOUSE, L.R. Sorghum in seventies. p.503, New Delhi, Oxford, 1971.
40. REICHERT, R.D. & YOUNGS, C.G. Dehulling cereal grains and grain legumes for developing countries. I. Quantitative comparison between attrition and abrasive type mills. *Cereal Chem.*, 53(6):829, 1976
41. _____ & _____. Dehulling cereal grains and mechanically dehulled sorghum and millet. *Cereal Chem.*, 54(1):174, 1977.
42. ROONEY, L.W. & CLARK, L.E. The chemistry and processing of sorghum grain. *Cereal Sci. Today*, 13(7):258, 1968.
43. _____; FRYAR, W.B. & CATER, C.M. Protein and amino acid contents of successive layers removed by abrasive milling of sorghum grain. *Cereal Chem.*, 49(4):399, 1972.
44. _____. A review of physical properties, composition, and structure of sorghum grain as related to utilization, 1973. Pomeranz, Y. Industrial uses of cereals, Symposium Proceedings, held in conjunction with the 58th Annual Meeting of the American Association of Cereal Chemists.
45. SULLIVAN, B. Review of the physical characteristics of gluten and reactive groups involved in change in oxidation. *J. Agric. Food Chem.*, 2(24):1231, 1954.
46. SHUEY, W.C. Interpretation of farinogram. The farinograph handbook. Ed. by William C. Shuey, AACC.

47. TARDIN, A.C. Demanda de sorgo. Fatores que afetam a estimativa do potencial. Anais do I Simpósio Brasileiro de Sorgo, Brasília, 1977.
48. THIPATHI, B.D. & DATE, W.B. Partial substitution of wheat flour for bread preparation. I. Use of cereal flours. *FSTA*, 8(7): 111, 1976.
49. TSEN, C.C. & TANG, R.T. K-state process for making high protein breads. I. Soy-flour bread. *Baker's Digest*, 45(5):26, 1971.
50. VAN KRAMER, J.H. & GINKEL, L. Rapid determination of crude fiber in cereals. *Cereal Chem.*, 29(4):239, 1952.
51. VITTI, P.; LEITÃO, R.F.F.; PIZZINATO, A. & BAR, W.R. O uso de farinhas mistas em pão, biscoito e macarrão. Farinhas compostas. Instituto de Tecnologia de Alimentos - ITAL, p.38, 1979.
52. WALL, J.S. & BLESSIN, C.W. Composition and structure of sorghum grains. *Cereal Sci. Today*, 14(8):264, 1969.
53. WATSON, S.A. & HIRATA, Y. The wet milling properties of grain sorghum. *Agron. J.*, 47(1):11, 1955.
54. _____. In Starch chemistry and technology, WHISTLER, R. and PASCHALL, E. ed., vol. II, Industrial Aspects, p.1, Academic Press, New York, 1967.
55. ZEISS - Automatisches Farbmessgerät RFC-3. Operating Instructions, West Germany.
56. ZHUMABEKOVA, Z.Zh. & OSTROVSKAYA, L.K. Effect of adding sorghum flour to wheat flour on bread quality. *FSTA*, 8(8): 127, 1976.