

EFEITO DA ADIÇÃO DE FARINHA DE CARÁ (DIOSCOREA ALATA L.) NA
QUALIDADE TECNOLÓGICA DA FARINHA DE TRIGO DE ALTA EXTRAÇÃO

Por

MADELEINE MATOSSIAN

Química; UFRJ, 1971

Tese apresentada à
Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola
da
Universidade Estadual de Campinas
para obtenção do título de
Mestre


Prof. Dr. Ahmed A. El-Dash
Orientador

março de 1979

Campinas, SP, Brasil

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

ÍNDICE

	Página
Índice de Tabelas	i
Índice de Figuras	ii
Agradecimento	iv
Resumo	v
Summary	viii
I. - Introdução	1
II. - Revisão bibliográfica	3
A. Produção e consumo de trigo no Brasil	3
B. Farinhas compostas	3
1. Farinhas proteicas	5
2. Farinhas amiláceas	6
C. Condições gerais sobre o tubérculo de cará.	7
1. Definição botânica	7
2. Origem do cará	8
3. Necessidades agrícolas	8
4. Forma de ingestão do cará	9
D. Produção de cará	10
E. Características e composição do cará	10
1. Composição geral	10
2. Amido	11
3. Proteína e aminoácidos	11
4. Minerais	12
5. Vitaminas	13
F. Produção de farinha de cará	13

III. - Materiais e métodos	15
A. Materiais	15
1. Matéria-prima	15
2. Ingredientes e reativos	15
3. Aparelhos e equipamentos	15
B. Métodos	16
1. Preparação da farinha de carã	16
2. Análise química	17
3. Determinação da viscosidade de farinhas	18
4. Determinação das propriedades reológicas da massa no Sistema Farinha-Água (SFA)	19
5. Determinação das propriedades reológicas da massa no Sistema Farinha-Água-Ingredientes (SFAI)	21
6. Teste experimental de panificação e avaliação da qualidade do pão	21
7. Produção do pão pelo processo Chorleywood	21
8. Avaliação sensorial do pão tipo francês	25
IV. - Resultados e discussão	27
A. Composição das farinhas	27
B. Características de viscosidade das farinhas de trigo e de carã	27
1. Características de viscosidade da farinha de trigo	29
2. Características de viscosidade da farinha de carã	31
3. Influência da farinha de carã na vis cosidade da farinha de trigo	34

C.	Efeito da farinha de cará na absorção de água	37
D.	Efeito da farinha de cará nas propriedades de mistura da massa	39
E.	Efeito da farinha de cará nas propriedades de extensão da massa	45
F.	Efeito da farinha de cará na qualidade do pão.	58
G.	Produção de pão de cará pelo processo Chorleywood	65
H.	Avaliação sensorial do pão francês	66
V.	- Conclusões	67
VI.	- Bibliografia	70
VII.	- Apêndice	76

C.	Efeito da farinha de carã na absorção de água	37
D.	Efeito da farinha de carã nas propriedades de mistura da massa	39
E.	Efeito da farinha de carã nas propriedades de extensão da massa	45
F.	Efeito da farinha de carã na qualidade do pão.	58
G.	Produção de pão de carã pelo processo Chorleywood	65
H.	Avaliação sensorial do pão francês	66
V.	- Conclusões	67
VI.	- Bibliografia	70
VII.	- Apêndice	76

ÍNDICE DE TABELAS

I.	-	Análises químicas das farinhas utilizadas	28
II.	-	Características amilográficas das farinhas de trigo utilizadas.....	30
III.	-	Efeito da concentração de farinha de cará nas características de viscosidade	32
IV.	-	Efeito da adição de farinha de cará nas propriedades de viscosidade da farinha de trigo	36
V.	-	Efeito da farinha de cará na absorção de água da farinha de trigo no Sistema Farinha-Água e no Sistema Farinha-Ingredientes	38
VI.	-	Efeito da adição de farinha de cará nas propriedades de mistura da farinha de trigo, no Sistema Farinha-Água	43
VII.	-	Efeito da adição de farinha de cará na farinha de trigo, nas propriedades de mistura no Sistema Farinha-Água-Ingredientes	47
VIII.	-	Efeito da adição de farinha de cará nas características do extensigrama da farinha de trigo 78% de extração, no Sistema Farinha-Água	50
IX.	-	Efeito da adição de farinha de cará nas características do extensigrama da farinha de trigo 78% de extração, no Sistema Farinha-Água-Ingredientes	55
X.	-	Efeito da adição de 5 a 30% de farinha de cará à farinha de trigo 78% de extração, na qualidade do pão	62
XI.	-	Efeito da adição de 16, 18 e 20% de farinha de cará à farinha de trigo 78% de extração, com e sem adição de E.L.L.C., na qualidade do pão	63

ÍNDICE DE FIGURAS

1.	Quantidade em toneladas da produção nacional, importação e consumo de trigo de 1971 a 1978 .	4
2.	Amilogramas das diversas concentrações de farinha de cará	33
3.	Efeito da adição de farinha de cará nas propriedades de viscosidade da farinha de trigo 78 % de extração	35
4.	Efeito da farinha de cará na absorção de água no S.F.A. e no S.F.A.I.	40
5.	Efeito da adição de 5 a 30% de farinha de cará nos parâmetros do farinograma da farinha de trigo 78% de extração	42
6.	Efeito da adição da farinha de cará na estabilidade e no tempo de saída da farinha de trigo (SFA)	44
7.	Efeito da farinha de cará no valor valométrico da farinha de trigo (SFA)	46
8.	Efeito da adição de farinha de cará na farinha de trigo, no tempo de desenvolvimento da massa e no tempo ótimo de mistura	48
9.	Efeito da adição de farinha de cará na farinha de trigo, nas características de extensibilidade da massa no S.F.A.	51
10.	Efeito da farinha de cará na resistência à extensão da massa de farinha de trigo 78% de extração no S.F.A.	52
11.	Efeito da adição de farinha de cará no número proporcional da farinha de trigo 78% de extração no S.F.A.	53

12.	Efeito da adição de farinha de cará na resistência à extensão da farinha de trigo 78% de extração no S.F.A.I.	56
13.	Efeito da adição da farinha de cará no número proporcional da farinha de trigo no S.F.A.I. ...	57
14.	Características externas e internas dos pães elaborados com farinha de trigo 78% e com adições de 5 a 30% de farinha de cará na massa	59
15.	Efeito da adição de 0 a 30% de farinha de cará na qualidade do pão de farinha de trigo 78% de extração	61
16.	Efeito da adição de 16, 18 e 20% de farinha de cará na qualidade do pão de farinha de trigo 78% de extração, com e sem incorporação de E.L.L.C..	64

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao professor Ahmed A. El-Dash pela sua valiosa orientação e dedicação à esse trabalho.

A Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola da Universidade Estadual de Campinas, em especial, ao pessoal do Laboratório de Análise Sensorial, de Tecnologia de Alimentos e o de Matérias-primas, pela colaboração prestada.

Ao setor de agroindústria da Secretaria de Tecnologia Industrial, destacando os técnicos Adriano Braga de Melo e Joseph Brais, pela oportunidade fornecida para a elaboração desse trabalho.

A professora Celina R. de Oliveira Camargo pela cooperação e pelo incentivo dedicado à execução desse trabalho.

A equipe de bioquímica da Universidade Federal do Rio de Janeiro por sua colaboração e estímulo.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq, pela ajuda financeira prestada, para a execução desse trabalho.

Aos amigos e colegas de Campinas, por todo o apoio e o incentivo fornecido.

RESUMO

A incorporação de farinha de cará (Dioscorea alata L.) na farinha de trigo, tem como principal objetivo, diminuir a importação de trigo, utilizando matérias primas nacionais. O cará, de fácil produção, não é ainda explorado industrialmente no Brasil.

Foi estudado o efeito da adição de níveis crescentes de farinha de cará na farinha de trigo mais utilizada no país, -78% de extração, no sistema farinha-água (SFA) e no sistema farinha-água-ingredientes (SFAI). Pesquisou-se também a influência dessa mistura na qualidade tecnológica dos pães obtidos.

As características viscosigráficas da farinha de cará indicaram fortes ligações micelares nos grãos de amido, alta resistência à fricção mecânica e possível semelhança de ligações em grande número de grãos. A mistura de 5 a 30% de farinha de cará na farinha de trigo indicou que possivelmente a temperaturas elevadas, os grãos de amido de cará possuem alta suscetibilidade à enzima alfa-amilase presente na farinha de trigo.

No SFA, a absorção específica da farinha de cará foi superior à absorção específica da farinha de trigo, fornecendo um aumento da absorção de água com a incorporação de maiores percentagens de farinha de cará na massa. Em presença de ingredientes (SFAI), houve uma redução na quantidade de absorção de água tanto pela farinha de trigo pura quanto pelas misturas das farinhas. Esses resultados demonstraram a importância de se avaliar a quantidade de absorção de água nos dois sistemas.

Nas características de mistura, o tempo de desenvolvimento da massa teve ligeira diminuição, indicando que a adição de farinha de carã praticamente não alterou a energia necessária para desenvolver o glúten. Além disso, o aumento da percentagem de farinha de carã diminuiu a estabilidade, o tempo de saída e o valor valorimétrico, indicando enfraquecimento da massa. No SFAI o tempo ótimo de mistura da massa possuiu valores mais elevados, mas o aumento da quantidade de farinha de carã acarretou diminuições mais acentuadas do que o sistema farinha-água.

A extensibilidade diminuiu com a incorporação de farinha de carã e com os maiores tempos de descanso, sendo que no SFAI essa diminuição foi mais acentuada. A resistência à extensão, até 15% de adição de farinha de carã, obteve valores bem mais altos na presença de ingredientes, sofrendo uma diminuição lenta, enquanto que no SFA a resistência à extensão aumentou com as adições crescentes de farinha de carã. Também no SFA, o maior tempo de descanso forneceu valores mais elevados de resistência à extensão. Os resultados obtidos acusam a provável presença de um fator oxidante na farinha de carã.

A resistência máxima diminuiu com aumento da farinha de carã, no SFAI. O número proporcional forneceu resultados bem mais altos no SFAI, mantendo-se numa faixa praticamente constante com as adições dos diversos níveis de farinha de carã. Os valores mais altos foram obtidos com 135min. de descanso. Isso pode indicar uma força de ligação maior na rede de proteínas do glúten, nos tempos mais longos de descanso e em presença de ingredientes.

Tanto no SFA quanto no SFAI, as áreas dos extensigramas

foram decrescendo conforme o aumento da percentagem de farinha de cará na massa, indicando deterioração na rede do glúten.

No teste experimental de panificação, os pães feitos com até 16% de farinha de cará, forneceram uma qualidade semelhante ao pão elaborado com farinha de trigo pura. Nas adições subsequentes, houve queda na qualidade do pão. Entretanto, 0,25% de E.L.L.C. causou melhora no peso específico dos pães, fornecendo um pão similar ao de farinha de trigo pura, com 18% de farinha de cará.

Utilizando o processo Chorleywood, o pão de forma com 18% da farinha de cará e 0,25% de E.L.L.C., apresentou ótima qualidade, igual ao de farinha de trigo pura.

A avaliação sensorial do pão francês, o mais consumido no Brasil, indicou a preferência do pão sem farinha de cará, mas não houve rejeição. Por isso, concluiu-se preliminarmente a possibilidade da produção comercial do pão com 18% de farinha de cará desde que se habitue o consumidor brasileiro, a ingeri-lo.

SUMMARY

The importation of wheat to satisfy a continually growing consumption creates an economic burden, not only in Brazil, but in many other developing nations as well. The partial substitution of a locally-produced flour for part of the wheat can help in alleviating such a strain on the national economy.

In the present study, the potentiality of the use of the local water yam (Dioscorea alata) as a wheat substitute was examined. The water yam is easily grown in various areas of Brazil with a fairly high yield. Its flour, although basically starchy, is relatively rich in protein (7%).

Water yam flour was prepared and added in increasing increments to the most commonly used wheat flour of 78% extraction. Its effect on dough rheological properties in the conventional flour-water system (SFA) and in the newly developed flour-water ingredient system (SFAI) was evaluated. Its influence on the bread technological quality was also examined.

Water yam flour was found to be fairly resistant to mechanical shear, but quite susceptible to the action of alpha-amylase enzyme at high temperatures of the level generally used in baking. Increasing the percentage of water yam flour in wheat flour increased the water absorption of the mixture; however, the presence of the baking ingredients (yeast, salt, sugar, and fat) inhibited this behavior.

The energy required to develop the dough to its optimum structure, as well as its stability, were reduced upon increasing the quantity of water yam flour when tested with SFA. With SFAI

the dough development time was much higher than that obtained with SFA, but increasing the yam flour caused a more pronounced drop than with SFA.

A reduction in dough extensibility and an increase in its resistance to extension were observed with increasing quantities of yam flour, leading to the conclusion that a dough improving factor exists in water yam flour.

With the SFAI the maximum resistance to extension was reduced, while the proportional number remained essentially constant with increasing quantities of the water yam flour, with values much higher than those obtained with SFA; this indicated the vital role of the bread ingredients in increasing the binding forces during the formation of the gluten network.

The experimental baking test indicated that up to 16% water yam flour could be added to national wheat flour of 78% extraction without deterioration in quality. The addition of 0.25% ELLC, however, resulted in increasing this limit to 18%. These results were confirmed by pilotplant scale production of bread using the Chorleywood method. Organoleptic evaluation of French bread made with 18% water yam flour indicated the necessity of accustoming the consumers to this type of bread.

I. INTRODUÇÃO

O Brasil consome por ano aproximadamente 5 milhões de toneladas de trigo, dos quais a metade é importada. Isso cria, anualmente, uma evasão de divisas em torno de US\$ 400 milhões, ou seja, aproximadamente Cr\$8 bilhões, pesando consideravelmente no balanço econômico do país.

Esta necessidade de importação se faz presente, uma vez que o esforço dispendido pelo país nos últimos anos para adquirir a auto-suficiência depara-se com condições político-econômicas, climáticas e de solo, desfavoráveis à obtenção rápida de resultados.

Uma das formas empregadas para minimizar esses custos de importação é a utilização da farinha de trigo de alta extração (78%). Além disso, vários estudos propõem a substituição parcial da farinha de trigo, principalmente a importada, por farinhas de outros cereais e tubérculos, criando uma nova fonte econômica para o país e, valorizando os produtos nacionais. Contudo, a maior parte das pesquisas existentes foram efetuadas com farinha de trigo duro, com baixa extração, cujas características não correspondem às condições do Brasil, que produz farinha de trigo mole de alta extração (78%). Devido a esse fator existem limitações na aplicação desses dados, a níveis nacionais.

O Brasil é rico em plantas alimentares que, devido a condições ecológicas favoráveis, podem ser exploradas economicamente. Dentre os tubérculos temos o cará, da família das Dioscoreas spp. A espécie mais cultivada, Dioscorea alata L., é produzida principalmente na região Sudeste do país, sendo também conhecida como inhame ou inhame d'água. O cultivo é relativa

mente fácil e adaptável a variações climáticas, não sendo necessárias fortes adubações.

Esse estudo se propõe então, a analisar as características reológicas da massa da farinha de trigo de 78% de extração e da sua mistura com farinha de carã em diversas proporções, visando a obtenção de pão com substituição máxima da referida farinha de trigo pela de carã, minimizando seu prejuízo na qualidade tecnológica e degustativa.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A. PRODUÇÃO E CONSUMO DE TRIGO NO BRASIL

No Brasil, como na maioria dos países em desenvolvimento, o trigo é uma das matérias-primas mais importantes, constituindo uma base alimentar. Entretanto, as safras nacionais não apresentam estabilidade produtiva, sendo também insuficientes ao seu mercado interno.

A figura 1 compara a quantidade de trigo consumido no Brasil, a produção nacional e a quantidade importada, nos anos de 1971 a 1978 (3). O aumento do consumo de trigo é evidente, mesmo sofrendo quedas nos anos de 1972, 1975 e 1977, demonstrando a crescente importância desse cereal. Ainda pela figura 1, notamos que o aumento anual do consumo de trigo também se estende à sua produção nacional e à quantidade importada desse cereal. O baixo rendimento da produção de trigo no Brasil é devido principalmente à existência de vários problemas culturais, ainda não totalmente controlados. Com exceção do ano de 1971, a importação de trigo foi sempre superior à produção nacional, acarretando grandes gastos ao país, em divisas externas.

B. FARINHAS COMPOSTAS

A substituição parcial do trigo por matérias primas nacionais, tem sido uma das alternativas sugeridas por diversos pesquisadores para solucionar o problema acima referido. São várias as pesquisas efetuadas mundialmente utilizando diversas matérias primas para a fabricação de farinhas que, misturadas com farinha de trigo, podem fornecer farinhas compostas proteicas e amiláceas.

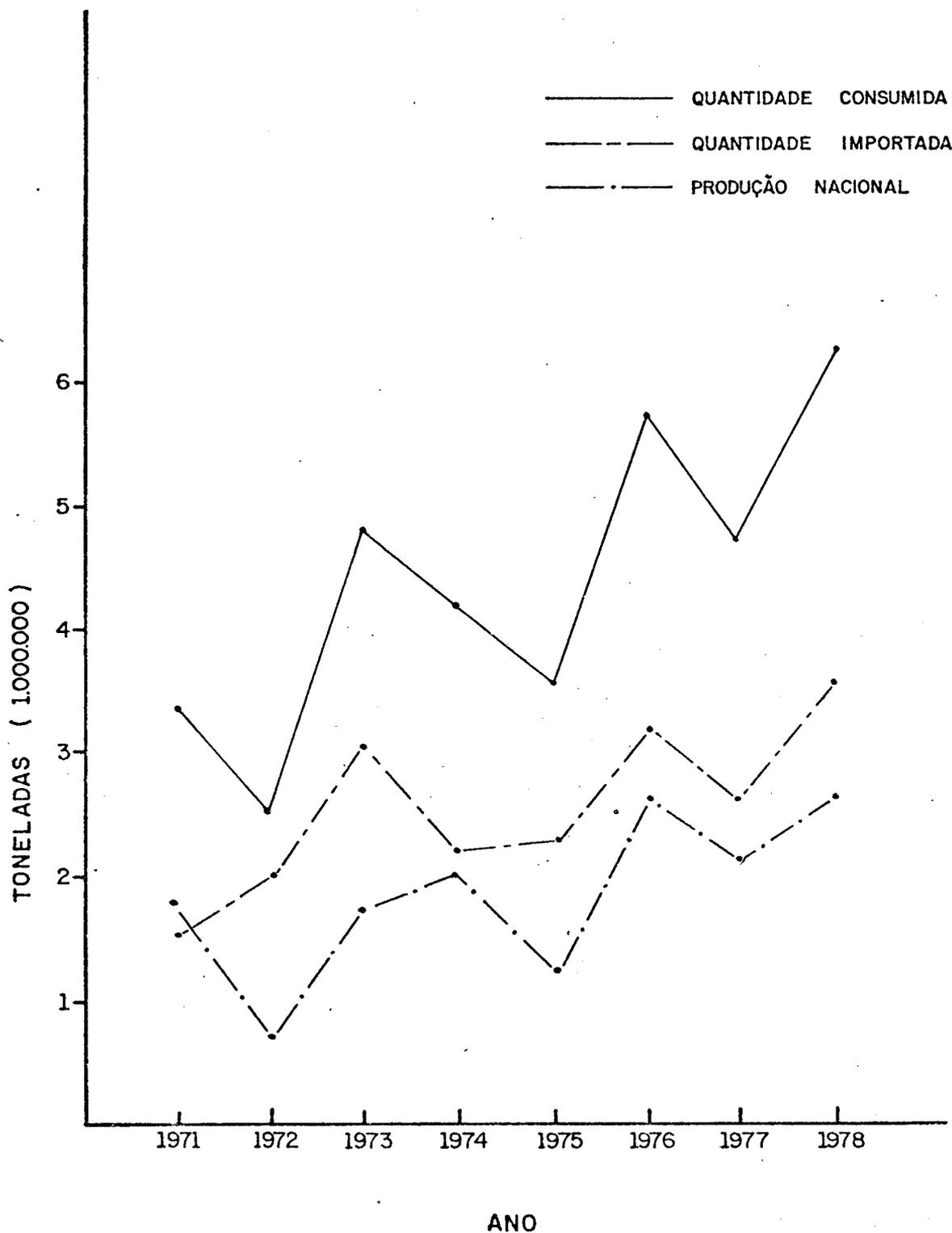


Figura 1. Quantidade em toneladas da produção nacional, importação e consumo de trigo de 1971 a 1978.

1. Farinhas Proteicas

Dentre as farinhas proteicas foram estudadas principalmente as farinhas de leguminosas como soja, fava e tremoço doce e também as farinhas de semente de algodão, amendoim, gergelim e girassol. As farinhas de soja integral e desengordurada são as mais estudadas nos últimos anos em panificação, devido ao seu alto conteúdo proteico e sua riqueza em lisina, aminoácido limitante na farinha de trigo. Matz (33) mencionou que acima de 8% de farinha de soja integral, são notadas pequenas mudanças na textura, aparência e sabor dos pães, mesmo em presença de oxidantes. Outros pesquisadores como Tsen e Tang (49), Finney (22) e Marnett e colaboradores (30), estabeleceram condições ótimas de processamento para a fabricação de pães contendo até 12% de farinha de soja em farinha de trigo duro. Recentemente, trabalhando com farinha de trigo nacional, Camargo (7) achou que para a farinha de trigo de 72% de extração, com até 5% de incorporação de farinha de soja desengordurada, o pão mantinha as características similares ao de farinha de trigo pura. Já para a farinha de trigo de 78% de extração, manteve-se uma mesma tendência, apresentando entretanto, um escore de qualidade um pouco inferior. Em ambos os casos, o uso de aditivos mostrou melhora da qualidade final do pão, principalmente com relação ao estearoil-lactil lactato de cálcio (E.L.L.C.).

Conforme Patel e Johnson (36,37), a farinha de fava adicionada à farinha de trigo aumenta os teores de lisina, histidina, arginina e tirosina. Entretanto, em níveis acima de 10% de substituição foi observada queda no tempo de mistura e no tempo de tolerância à mistura, produzindo massas com baixa elasticidade e resultando pães de qualidade inferior. D'Appolonia (15), substituindo 5, 10 e 20% de farinha de trigo por farinha de diversas leguminosas, encontrou que, com o aumento da percentagem de substituição, os tempos de desenvolvimento e as estabilidades da massa diminuíram. Mas, com a incorporação de estea

roil-lactil lactado de sódio (E.L.L.S.), produziu-se pão aceitável até os níveis de 5 e 10% de substituição.

Mathews et al (32) estudaram as propriedades da massa e a qualidade dos pães produzidos por mistura de farinha de trigo com farinhas, de semente de algodão, de amendoim, de gergelim e de girassol. Foi concluído pelos autores que nos níveis acima de 25% de substituição houve aumento na absorção de água e diminuição no tempo de tolerância à mistura e no volume dos pães produzidos.

Campos (8) estudou a adição da farinha de tremçoço doce, integral e desengordurada, à farinha de trigo nacional, obtendo diminuição da tolerância à mistura da massa, aumento da absorção de água e queda dos valores de extensibilidade e da área total. A substituição de 5% de farinha de trigo de 78% de extração por farinha integral de tremçoço doce, produziu um pão similar ao controle.

2. Farinhas Amiláceas

Nas farinhas amiláceas destacam-se os estudos efetuados em farinha de batata-doce, inhame, mandioca e fruta-pão.

Conforme Hamed e colaboradores (26), a adição de 10, 15, 20, 25 e 30% de farinha de batata-doce à farinha de trigo, mostrou diminuição do tempo de desenvolvimento, da estabilidade da massa, e da extensibilidade e aumento do número proporcional. Não houve diminuição significativa no volume dos pães com 10 e 15% de substituição de farinha de trigo por farinha de batata-doce.

Olatunji e Akinrele (35) estudaram a adição de 10, 20 e 30% de farinha de inhame, mandioca e fruta-pão na farinha de trigo. Conforme o aumento da percentagem de substituição, usando

as referidas farinhas, foi notado aumento da capacidade de absorção de água e do índice de tolerância à mistura e diminuição do tempo de desenvolvimento da massa, da estabilidade, da extensibilidade e da área total. Todas as misturas com 10% de substituição forneceram resultados semelhantes aos obtidos para a farinha de trigo pura, inclusive quanto às características do pão final. Ciacco e d'Appolonia (10), estudando a farinha de mandioca, o amido de mandioca e a farinha de cará em substituição à farinha de trigo duro, relataram que, com o aumento do nível de substituição, o tempo de desenvolvimento da massa e a estabilidade diminuíram, notando uma melhora com a adição de E.L.L.S. à massa. Para a produção do pão francês, os melhores resultados foram obtidos com a incorporação de até 10% de farinha de cará na farinha de trigo duro.

C. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE O TUBÉRCULO DE CARÁ

O tubérculo de cará é um alimento saudável, sendo principalmente uma excelente fonte energética complementar das proteínicas (44). Sua farinha, quando comparada a farinha de outros tubérculos, possui elevado teor proteico. O conhecimento das características do tubérculo de cará, poderá nos orientar quanto à capacidade de sua utilização em panificação, a nível nacional.

1. Definição Botânica

Os carás provêm de plantas monocotiledôneas, da família das Dioscoreaceas (25), existindo algumas centenas de espécies. Dentre os diversos tipos, temos o chamado cará inhame, comum às espécies D. adenocarpa M. e D. alata L. (12).

É difícil fazer a classificação botânica do cará, devido ao excesso de variedades existentes e à falta de material informativo disponível (25).

2. Origem do Carã

Roxburg foi citado (25) como um botanista que herborizou em diversos países e investigou sobre os nomes pelos quais, os inhames eram conhecidos, apresentando diversas Dioscoreáceas cultivadas na Índia, mas não encontrou espécie alguma, no estado selvagem. Outros botanistas também, não deixaram consignado qualquer nome sânscrito dessas plantas, donde se supõe que a respectiva cultura não é das mais antigas, ou pelo menos, foi pouco conhecida na antiguidade remota (25).

Algumas das antigas obras chinesas lembram certas espécies de inhame, e houve até quem escrevesse que a "dioscorea é indígena da China" (25).

As culturas de carã, em grande escala, são feitas em algumas regiões da África e em países asiáticos, como a Índia, China, Malásia e Japão. Também é cultivada na América intertropical. Na Oceania, temos um cultivo já antigo, mas não foram encontradas espécies no estado selvagem, podendo inclusive todas elas referirem-se à Dioscorea alata Linneu (25).

No Brasil, presume-se que as diversas espécies de carã existentes seja originárias da Ásia (principalmente China), África e América Central (41). As espécies comestíveis foram, em geral, advindas da África (41).

3. Necessidades Agrícolas

É grande a facilidade de propagação dos carãs e inhames. Fragmentos arrastados pelas águas vegetam nos locais úmidos, aclimatam-se e naturalizam-se nas diversas regiões (25).

São plantas típicas de países tropicais e subtropicais, com

temperatura em torno de 30°C, uma época de seca variando de 2 a 5 meses e uma totalidade de água de 150cm, ainda que distribuídos através do ano (13). Exigem solos fofos e frescos, de preferência, ricos em matéria orgânica e também, total ausência de água estagnada (25).

A cultura aproveita bem as calorias e a fertilidade deixada por outras culturas, sendo conveniente plantá-la conjuntamente ou fazê-la suceder a outros tipos de cultura, como grãos e leguminosas (25).

As produções, em ótimas condições, do cará ou do inhame, por unidade de área, são geralmente superiores às da batata doce e mandioca. Podem atingir facilmente cerca de 25 a 40 toneladas por hectare (44), com ciclo vegetativo variando de 5 a 8 meses aproximadamente (12).

4. Forma de Ingestão do Cará

Os tubérculos de cará se subdividem nas espécies comestíveis e não comestíveis. As não comestíveis são tóxicas, porque possuem alcalóides, esteróides e saponinas (21), enquanto que as comestíveis constituem a base alimentar de milhões de pessoas em países tropicais e subtropicais.

No Oeste da África, o cará faz parte da alimentação diária, em forma de uma pasta denominada "fou-fou", obtida pelo amassamento de fatias cozidas de cará (5).

Na Nigéria, os túberos são descascados, lavados, cortados em fatias, secados em forno a 85°C por 24hs, moídos e estocados e são denominados "elubo" (28).

No Brasil, o cará é normalmente ingerido na forma cozida,

como sopa ou em bolos com aspecto farináceo. Entretanto, a falta de industrialização e de método de conservação e a deficiência de divulgação das qualidades alimentícias do carã, reduzem sua importância entre nós, sendo o seu consumo limitado às áreas de produção, nas épocas de safra (44).

D. PRODUÇÃO DE CARÃ

Conforme dados emitidos pela FAO (23), a produção mundial de carã em 1974 foi da ordem de 20.188.000 toneladas. É interessante evidenciar que cerca de 19.500.000 toneladas são produzidas na África do Sul, e que apenas dois por cento são originários da América Latina.

Conforme o levantamento estatístico realizado pelo IBGE em 1970 (27), a produção de carã no Brasil foi de 6.736 toneladas, sendo cerca de 3.000 toneladas provenientes da região Sudeste do país, e 1.900 toneladas localizadas em São Paulo. A região Nordeste situou-se em segundo lugar, com uma produção de 1.619 toneladas, concentradas em Pernambuco. A região Norte também se destacou, com 1.326 toneladas produzidas principalmente no estado do Amazonas.

E. CARACTERÍSTICAS E COMPOSIÇÃO DO CARÃ

1. Composição Geral

Segundo análises feitas por Pio Corrêa (12) em túbero de D.alata, foi encontrado 65% de água, 24% de amido, 0,23% de matéria graxa e até 1% de proteína. Outra fonte (13), analisando diversas culturas de D.alata e D.rotundata, obteve em média, de 22 a 29% de carboidratos, 0,03 a 0,27% de gordura, 0,65 a 1,40% de fibra crua, 0,6 a 2,0% de cinzas e de 1,2 a 2,7% de proteína crua.

Como se pode notar, praticamente 2/3 do tubérculo é constituído de água. Os açúcares estão presentes em quantidades mínimas, normalmente inferiores à 1% (13). Rosenthal et al (41) observaram 0,69% de açúcares redutores na espécie D.alata L.

2. Amido

Podem ser obtidos amidos de carã nas tonalidades branca, vermelha e amarela, dependendo da cor dos túberos originais (13).

Analisando o amido de uma cultura de carã da Flórida, da espécie D.alata L., Cruz-Cay et al (14) obtiveram 34% de amilose, enquanto que outra cultura da mesma espécie, proveniente do Este da África, forneceu uma média de 21% de amilose (39). As análises de D.hispida e D.alata na região Este da África, apresentaram respectivamente 20 e 22% de amilose (15). Portanto a percentagem amilolítica das amostras de carã encontra-se na faixa média de outras raízes e tubérculos, como a batata e a mandioca (39).

O amido das dioscoreas é finamente granuloso e seus grãos medem de 20 a 40 micromilímetros (25). Microscopicamente, esses grãos são achatados e transparentes. Os da espécie D.alata são ovais, ligeiramente arredondados, possuindo de 7 a 26,5 microns de comprimento e de 7 a 22 microns de largura (41).

Entre várias espécies de carã individualmente estudadas, observou-se a presença dos grãos maiores de amido nas porções centrais do tubérculo, enquanto que os menores permaneciam nas extremidades, principalmente na parte do tubérculo ligada à trepadeira (24).

3. Proteína e Amino-ácidos

O tubérculo de inhame possui uma faixa média proteica de

1 a 2% em base úmida, que representa um teor apreciável entre os tubérculos, mas deficiente em relação à maior parte dos cereais (13), o que o torna incapaz de suprir as necessidades proteicas individuais (21).

Um estudo nutritivo feito por Splitstoesser et al (46) com diversas culturas de D.alata, D.bulbifera, D.esculenta, D.trifida e D.rotundata, indicou uma faixa proteica crua em base seca, variando de 6.34 a 13,41%, sendo que a maior parte se situou na faixa de 7 a 10% de proteína. É marcante a variação proteica entre as espécies de cará, inclusive entre diversas culturas da mesma espécie, sendo a D.alata a que apresenta a maior faixa de variação (46).

Vários pesquisadores (13,45,21) estudaram a formação proteica de diversas espécies de inhame, concluindo que sua proteína é pobre em amino ácidos sulfurados.

César e D'Appolonia (10) citam o ácido glutâmico, o ácido aspártico e a arginina, como os principais amino ácidos da proteína de farinha de cará. Conforme Splitstoesser e colaboradores (44), os amino ácidos leucina, fenilalanina e treonina, encontram-se presentes em quantidades suficientes, na proteína de diversas espécies de inhame, podendo servir como suplemento proteico de outras fontes.

4. Minerais

Em geral, o inhame é substancialmente provido de minerais. O cálcio, o principal deles, foi encontrado nas várias espécies numa média de 15mg/100g (13), sendo que o mais alto teor de 24mg de cálcio/100g foi encontrado nas espécies D. alata (13). A faixa de variação é ampla, dependendo da quantidade de cálcio do solo cultivado e da origem da espécie.

O cará possui também um conteúdo de ferro de 2,4 mg por 100g (13). Na espécie D.opposita foi encontrada 41mg/100g de fósforo (13). Na análise do amido da espécie D.alata encontrou-se 0,025% de fósforo (41).

5. Vitaminas

As vitaminas não se encontram presentes em grande quantidade, mas têm um papel importante (24). Existem alguns fatores do complexo B, havendo alta taxa de tiamina (em torno de 660mg/100g), Vit. B1, B2 e B6 (34). É uma boa fonte de vitamina C - média de 7,4mg/100g no cará fresco (24), perdendo a metade em poucas semanas de estocagem (13).

F. PRODUÇÃO DE FARINHA DE CARÁ

Mundialmente, é muito limitada a produção comercial da farinha de cará. As bibliografias existentes se referem à produção em laboratório, para fins de pesquisa.

Câmara Filho e colaboradores (6), extraíram farinha de cará por lavagem, descascamento, corte em raspas, secagem por circulação de ar (60 a 70°C) e moagem em moinho de disco e de bola, com um rendimento de 33,45% de farinha em relação ao tubérculo.

Sefa-Dedeh e colaboradores (43), no Canadá, prepararam farinha de cará das espécies D.rotundata, D.alata e D.cayenensis, utilizando o método de secagem dos tuberos ao sol, após descasque e corte em pedaços. Depois de secos, foram esmagados e moídos em laboratório.

Por outro lado, na Nigéria, os inhames foram descascados, lavados, cortados em pequenos pedaços, secados em túnel de ar

a 65°C por 24h e moídos num moinho Apex; considerou-se farinha o que passou nas peneiras de 80 mesh (28).

Martin e Ruberté (31), em Porto Rico, processaram amostras de carã com pouco tempo de armazenamento, fazendo sua limpeza, descascamento e corte em pedaços de 1 a 2mm de largura e colocando-os em bandejas para secar durante a noite, a 58° C. Os pedaços secos foram moídos, fornecendo uma farinha fina, que foi estocada em sacos plásticos bem fechados até o seu uso.

III. MATERIAIS E MÉTODOS

A. MATERIAIS

1. Matéria - prima

Utilizou-se farinha de trigo comercial com 78% de extração (12,8% de umidade), adquirida no Moinho São Paulo, farinha de trigo comercial com 72% de extração, obtida do Moinho Anhanguera, e tubérculos de cará inhame da espécie D.alata L. adquiridos na região de São Paulo.

As características reológicas que a farinha de trigo de 78% de extração apresentou através de seu farinograma e extensígrama, foram consideradas próximas à faixa ideal para a produção de pão, sendo então essa a farinha escolhida como padrão para os testes posteriores, a serem efetuados com o farinógrafo e o extensígrafo.

2. Ingredientes e Reativos

Os seguintes produtos comerciais foram utilizados: fermento biológico, sal com 99,5% de pureza, gordura hidrogenada vegetal, sacarose, estearoil lactil lactato de cálcio (E.L.L.C.) e ácido L - ascórbico. Do laboratório Okochi utilizou-se: lactopan e pancel-1. Todas as análises químicas foram procedidas com reagentes quimicamente puros.

3. Aparelhos e Equipamentos

Foram utilizados os seguintes aparelhos e equipamentos:

Moinho Brabender Quadrumat Senior

Farinógrafo Brabender

Amilógrafo Brabender com cartucho de sensibilidade de 700cmg

Extensígrafo Brabender

Forno Doméstico Alno

Misturadeira de Alta Rotação do tipo "Tweedy"SIAM-UTIL

Refrigerador de água SIAM-UTIL

Mesa especial para descarga dos pães das gavetas do carrinho de fermentação

Carrinho de fermentação com gavetas SIAM-UTIL

Carrinho para carga e descarga automática de pão do forno SIAM UTIL

Cortadeira de massa SIAM UTIL

Boleadeira de massa SIAM UTIL

Câmara de descanso com temperatura e umidade relativa controlada SIAM UTIL

Forno Super Vulcão SIAM UTIL

Formas de estanho 2 XX, com as seguintes dimensões:
21 x 11 x 1cm

Formas de estanho 2 XX, com as seguintes especificações:

Parte superior 14 x 6,8cm

Parte inferior 13 x 5,5cm

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 Goldfish

Digestor e Destilador de Kjehlidal, para proteínas

B. MÉTODOS

1. Preparação da Farinha de Cará

Os tubérculos de cará obtidos com umidade relativa de a proximadamente 80%, foram descascados em um tambor de madeira

rotativo. A velocidade do tambor foi ajustada de forma que a fricção entre os tubérculos e a parede interna do descascador fosse suficiente para remover eficientemente a casca, usando-se corrente de água contínua. Após o descascamento, os tubérculos foram lavados, cortados em fatias e secados em secador de túnel, com características internas de temperatura de ar de 75°C, umidade absoluta de 0,020g de água/g de ar seco, umidade relativa de 8% e fluxo de ar de 0,10m³/seg. A recirculação do ar foi substituída pela troca de posicionamento das bandejas. Após um tempo de secagem de 11hs, o produto final seco apresentou umidade relativa de 11,1%. As fatias secas foram então moídas em moinho Quadrumat Senior Brabender, obtendo-se então a farinha com 10,4% de umidade.

2. Análises Químicas

a. Umidade

As determinações de umidade da farinha de cará foram efetuadas em estufa atmosférica a 130°C ± 1 por 1h, segundo o método nº 44-15A de AACC (2).

b. Cinza

Foram determinados os teores de cinzas pelo método de queima em mufla a 550°C até o peso constante, conforme o método nº 08-01 da AACC (2).

c. Gordura

As determinações de gordura foram feitas por extração pelo éter de petróleo por 4hs, segundo o método 30-10 da AACC (2).

d. Proteína

As análises foram efetuadas de acordo com o método do Kjeldal, calculando-se a quantidade de nitrogênio proteico presente nos cereais e nos seus subprodutos (método nº 46-12

da AACC) (2), usando o fator 5,7 de conversão para a proteína da farinha de trigo e de cará.

3. Determinação da Viscosidade das Farinhas

A determinação da viscosidade foi feita com o uso do Amilógrafo Brabender. Para as farinhas de trigo de 78 e 72% de extração, foi utilizado 80g de farinha na base de 14% de umidade em 450ml de água destilada. Para a farinha de cará, utilizou-se 80,45 e 40g em 450ml de água destilada.

A temperatura inicial de 25°C foi aumentada de 1,5°C por minuto, até atingir o máximo de 95°C, permanecendo constante nessa temperatura, por 20 minutos.

As medidas utilizadas para interpretar o amilograma [gráfico da viscosidade (U.A.) X tempo (min.)], foram:

a. Temperatura Inicial de Gelatinização

É a temperatura em °C, calculada com base no tempo de funcionamento do amilógrafo, correspondente ao ponto onde se inicia o aumento de viscosidade da suspensão.

b. Temperatura de Viscosidade Máxima

É a temperatura em °C, calculada com base no tempo de funcionamento do amilógrafo e que corresponde ao ponto mais alto da curva do amilograma.

c. Faixa de Gelatinização

É a temperatura em °C, correspondente à diferença entre a temperatura de viscosidade máxima e a temperatura inicial de gelatinização.

d. Viscosidade Máxima

É o valor da viscosidade da curva, em unidades a milográficadas (U.A.).

e. Viscosidade Mínima à Temperatura Constante (95°C)

É o menor valor da viscosidade, após ter sido atingida a temperatura constante de 95°C.

4. Determinação das Propriedades Reológicas da Massa no Sistema Farinha-Água (SFA)

a. Propriedades de mistura: foram determinadas através do uso do farinógrafo, de acordo com o método nº 54-21 da AACC (2), usando 300g de farinha, na base de 14% de umidade.

As características do farinograma analisadas foram:

i. *Absorção de água*

A absorção de água é, por definição, a quantidade de água que centraliza a curva do farinograma no ponto ótimo de consistência, de 500 unidades farinográficas (U.F.).

ii. *Tempo de chegada*

É o valor da curva em minutos, desde a primeira gota de água adicionada à massa, até a curva atingir a linha das 500 U.F.

iii. *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, imediatamente antes da primeira indicação de enfraquecimento.

iv. Estabilidade da massa

É definida como a diferença em tempo, no mais próximo minuto, entre o ponto onde o topo da curva em primeiro interceptar a linha das 500 U.F. e o ponto onde o topo da curva deixa a linha das 500 U.F.

v. Tempo de saída

É o valor em minutos, contado do início da curva até ela abandonar a linha das 500 U.F.

vi. Índice de tolerância

É a diferença em U.F., cinco minutos após o ponto máximo de desenvolvimento da curva, do topo da curva no pico até o topo da curva nesse tempo estabelecido.

vii. Leitura do valorímetro

É um escore de qualidade empírico, obtido com um dispositivo especial que acompanha o farinógrafo Brabender.

b. Propriedades de Extensão da massa: foram determinadas através do uso do extensígrafo, de acordo com o método nº 54-10 da AACC (2).

Foram medidos os seguintes parâmetros:

i. Extensibilidade (E)

A extensibilidade de uma curva extensigráfica medida em milímetros, calcula quantas vezes a massa pode ser estirada em relação ao seu comprimento inicial.

ii. Resistência à extensão (R)

50mm após o início do estiramento da massa, a

curva fornece o valor da resistência à extensão, medido em termos de unidades extensigráficas (U.E).

iii. Resistência máxima (R_m)

É a medida em U.E. do início da curva até o ponto máximo.

iv. Número proporcional (D)

É a relação entre a resistência à extensão e a extensibilidade da massa.

v. Área total ou energia

A medida de uma curva extensigráfica por um planímetro, fornece o valor da área da curva.

5. Determinação das Propriedades Reológicas da Massa no Sistema-Farinha-Água-Ingredientes (SFAI)

a. Propriedades de mistura: determinados com o uso do farinógrafo, segundo El-Dash (17).

b. Propriedades de extensão da massa: determinados com o uso do extensígrafo, de acordo com El-Dash (17).

6. Teste Experimental de Panificação e Avaliação da Qualidade do Pão

O teste de panificação e a avaliação da qualidade do pão obtido, foram elaborados de acordo com o método descrito por El-Dash (19).

7. Produção do Pão pelo Processo Chorleywood

O processo Chorleywood é um método de desenvolvimen

to mecânico da massa para a produção de pão, que elimina a fase de fermentação, gastando aproximadamente apenas de 1/3 a 1/4 do tempo empregado no fabrico tradicional (5 a 7 horas). A massa foi desenvolvida mecanicamente pela misturadeira de alta rotação, tipo "Tweedy".

A seguinte seqüência de fabricação foi aplicada:

a. Processamento

i. *Mistura da massa*

Após ter calculado a percentagem de água necessária para a quantidade de farinha utilizada, jogou-se no "Tweedy" a farinha e o sal mais o açúcar, dissolvido numa quantidade medida de água mantida à temperatura de 5 a 6°C. Tampou se o misturador, mexendo por 10 segundos, calculados pelo controlador automático. A seguir, dissolvidos também em quantidade calculada de água (5 a 6°C), colocou-se o fermento, o ácido L-ascórbico e o E.L.L.C. completando então a quantidade de água necessária a essa mistura. Forneceu-se mais 10 segundos de mistura. Por último, colocou-se a gordura, submetendo a massa a mais alguns minutos de mistura, até ela atingir o seu ponto ótimo de desenvolvimento.

ii. *Divisão e Moldagem*

Imediatamente após a mistura, a massa foi automaticamente transferida da misturadeira à máquina divisora, regulada para cortar a massa em pedaços de aproximadamente 300 a 310g. A massa cortada foi diretamente para a unidade de arredondamento, onde cada pedaço foi transformado numa bola de massa.

iii. *Descanso intermediário*

As massas vindas da unidade divisora, automaticamente, foram colocadas em sacos individuais no descanso

intermediário, onde permaneceram aproximadamente 15 minutos.

iv. Moldagem

As massas na unidade modeladora foram transformadas em cilindros que, no caso do pão francês, são colocados em carrinhos especiais de fermentação da massa, e no caso do pão de forma, são colocados na forma correspondente, indo então, também para os carrinhos.

v. Fermentação final

Os carrinhos foram levados à câmara de fermentação por diferentes tempos de fermentação.

vi. Cozimento da massa

O forno foi regulado à temperatura de 220°C, durante um tempo previamente determinado.

b. Formulação da massa e condições de processamento

i. Pão de forma

Foi utilizada a seguinte formulação:

	Partes
Farinha	100
Fermento	3
Açúcar	5
Sal	2
Gordura	3
Ácido L-ascórbico	90p.p.m
E.L.L.C.	0,25

As condições para a fabricação do Pão de Forma, foram:

	<u>Massa sem farinha de carã</u>	<u>Massa com 18% de farinha de carã</u>
Absorção de água	53%	54%
Tempo de mistura	3min., 30 seg.	4min., 30seg.
Temperatura da água	5°C	5°C
Temperatura da massa, depois da mistura	30°C	34°C
Temperatura da cabine de fermentação	28°C	28°C
Umidade da cabine de fermentação	80%	80%
Tempo na cabine de fermentação	1,30hs; 1,45hs; 2,00hs ou 2,15hs	1,45hs; 2,00hs ou 2.15hs
Temperatura do forno	220°C	220°C
Tempo de cozimento no forno	25 min.	25 min.

ii. Pão tipo francês

Foi utilizada a seguinte formulação:

	Partes
Farinha	100
Fermento	4,5
Sal	1,75
Açúcar	2,00
Glicose	0,30
Pancel 1	0,06
Gordura	2,00
Ácido L-ascórbico	90 p.p.m
E.L.L.C	0,25

As condições para a fabricação do pão francês, foram:

	<u>Massa s/farinha de carã</u>	<u>Massa com 18% de farinha de carã</u>
Absorção de água	54,5%	51,6%
Tempo de mistura	3 min. 30 seg.	4 min. 30 seg.
Temperatura da água	5°C	5°C
Temperatura da massa após mistura	30°C	35°C
Temperatura da cabine de fermentação	28°C	28°C
Umidade da cabine de fermentação	80%	80%
Tempo na cabine de fermentação	1h	1h
Temperatura do forno	220°C	220°C
Tempo de cozimento no forno	30 min.	30 min.

Obs.: O tempo na cabine de fermentação para o pão francês foi de 1h, baseado na resposta obtida numa experiência anterior, usando a mesma formulação e variando o tempo de fermentação da massa.

8. Avaliação Sensorial do Pão Tipo Francês

As amostras de pão com 18% de farinha de carã e sem farinha de carã, foram cortadas em fatias similares, colocando-se uma fatia de cada amostra em pratos diferentes, devidamente codificados para controle e, para que houvesse um mínimo possível de diferença de cor, esses testes foram realizados sob luz vermelha. Cada provador realizou os testes em cabines individuais, perfeitamente separadas.

A análise sensorial foi realizada em duas etapas de produção. Em cada uma, realizou-se o teste sensorial com uma equipe de 20 pessoas de idades variadas, cada uma testando 4 amostras, totalizando 80 testes por produção de pão e 160 testes finais.

Essa avaliação sensorial foi efetuada no Laboratório de Análise Sensorial da Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola, utilizando o questionário apresentado no apêndice 1.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A quantidade de farinha de cará que se pode incorporar à massa do pão depende principalmente da qualidade das farinhas de trigo utilizadas, das características intrínsecas da massa e da qualidade final do pão. Esse estudo apresenta o efeito da adição de diversos níveis de farinha de cará na viscosidade, nas propriedades de absorção, de mistura e de extensão da massa da farinha de 78% de extração, além de estudar a qualidade dos pães produzidos pela mistura das farinhas.

A. COMPOSIÇÃO DAS FARINHAS

A composição química das farinhas de trigo e de cará está apresentada na Tabela I. A farinha de cará possui menor teor de gordura e maior quantidade de cinzas em relação às farinhas de trigo, sendo uma fonte energética e possuindo alto teor de carboidratos. Embora o seu teor proteico seja inferior ao das farinhas de trigo, quando comparado com a quantidade de proteína de outras raízes e tubérculos, é considerado elevado. Os dados levados à literatura indicam que o material seco de variedades de inhame mais consumidas, possui alto teor de proteínas, de 6 a 9% (13), enquanto que a mandioca possui de 1,47 a 5,78% e a batata-doce, de 2,13 a 2,69% (46).

B. CARACTERÍSTICAS DE VISCOSIDADE DAS FARINHAS DE TRIGO E DE CARÁ

O componente presente em maior proporção nas farinhas de cereais e tubérculos, é o amido. A quantidade relativa de amilose e amilopectina, os tipos de ligações existentes, a granulação do amido, a quantidade de amido danificado pela moagem e também a concentração e a temperatura de inativação da enzima

Tabela I
Análises Químicas das Farinhas Utilizadas

%	Farinha de Trigo		Farinha de Cará
	78% Extração	72% Extração	
Umidade	12,94	13,74	10,4
Gordura	1,60	1,57	0,46
Proteína	11,51	9,65	7,27
Carboidratos ^{1'}	73,31	73,89	79,26
Cinzas	0,64	0,55	2,61

1' - Calculado por diferença

alfa-amilase, influenciam nas características de viscosidade da suspensão aquosa.

1. Características de Viscosidade da Farinha de Trigo

Conforme Pratt (38), o padrão de viscosidade usado para o controle de qualidade da farinha no método convencional de produção de pão é de 475 a 625 U.A. para o pão de forma, e de 400 a 600 U.A. para o pão francês. Uma viscosidade máxima acima desse valor para a farinha de trigo, indica excesso de amido (farinha obtida pelo método de classificação pelo ar) ou carência de alfa-amilase (18). Por outro lado, uma viscosidade máxima muito baixa pode ser ocasionada por baixa concentração de amido ou, ainda, por excesso de enzima alfa-amilase (18).

Os resultados amilográficos obtidos para as diversas farinhas de trigo encontram-se na Tabela II. A farinha de trigo de 78% de extração atingiu apenas 360 U.A. de viscosidade máxima, fora dos limites estabelecidos por Pratt, indicando um excesso de alfa-amilase em sua composição. Como objetivamos estudar nas condições ideais, o efeito da farinha de cará nas características de viscosidade da farinha de trigo, criou-se a necessidade de misturar a farinha de trigo a uma outra com baixo conteúdo de alfa-amilase, para se obter uma farinha considerada padrão.

A farinha de trigo de 72% de extração forneceu 1.000 U.A. de viscosidade máxima. Misturando 50% de cada uma das farinhas de trigo, o valor de 420 U.A. de viscosidade máxima, ainda indicou excesso de alfa-amilase presente. A mistura de 75% da farinha de trigo de 72% da extração com 25% de farinha de trigo de 78% de extração apresentou 660 U.A. de viscosidade máxima, sendo utilizada como padrão nos estudos amilográficos posteriores.

Tabela II

Características Amilográficas das Farinhas de Trigo Utilizadas

	Farinha de Trigo 1'			
	78% Extração	72% Extração	50% + 72% Extração	75% + 72% Extr.
Temperatura Inicial de Gelatinização (°C)	59,5	59,5	58,75	59,5
Temperatura Viscosidade Máxima (°C)	83,5	91,0	88,0	93,00
Faixa de Gelatinização (°C)	24,0	31,5	29,25	32,5
Viscosidade Máxima (U.A.)	360	1000	420	660
Viscosidade Mínima à Temperatura constante (U.A.)	650	640	110	250

1' - 80g/450 mL de H₂O

2. Características de Viscosidade da Farinha de Cará

O efeito da concentração da farinha de cará nas características de viscosidade, é apresentado na Tabela III. A temperatura inicial de gelatinação é de $74,5^{\circ}\text{C}$. Comparando com a da farinha de trigo ($59,5^{\circ}\text{C}$), vemos o seu alto valor, indicando a existência de fortes ligações micelares nos grãos de amido de cará. Resultados semelhantes foram obtidos por Ciacco e D'Appolonia (9), usando o amido de cará.

Os amilogramas das diferentes concentrações de farinha de cará estão representados na figura 2. Na curva amilográfica de 80g de farinha de cará em 450ml de água, a viscosidade subiu bruscamente de zero para 1.000 U.A., em apenas 3 min. Isso pode indicar que um grande número de grãos de amido de cará possui forças de ligações muito semelhantes, permitindo uma gelatinização rápida, numa faixa de tempo bastante reduzido.

Por outro lado, os amilogramas da farinha de cará apresentam uma curva de gelatinização atípica. A viscosidade da suspensão foi aumentando com a elevação da temperatura. Depois que a temperatura alcançou o seu valor máximo de 95°C , de acordo com o método de análise, ela permaneceu constante, enquanto que a viscosidade da suspensão de farinha de cará continuou a aumentar até atingir o seu valor máximo. Após esse ponto, a curva manteve-se reta, não havendo queda da viscosidade por mais 30min. e conseqüentemente, não houve formação de pico na curva do amilograma. Os valores da viscosidade mínima à temperatura constante (95°C) foram respectivamente iguais aos da viscosidade máxima nas diferentes concentrações utilizadas para a farinha de cará. Esse resultado demonstra a alta resistência dos grãos de amido de cará à ação mecânica de fricção.

Tabela III

Efeito da Concentração de Farinha de Cará nas Características de Viscosidade

	Farinha de Cará		
	40	45	80
Temperatura Inicial de Gelatinização (°C)	74,5	74,5	74,5
Temperatura de Viscosidade Máxima (°C)	95	95	-
Viscosidade Máxima (U.A.)	400	560	> 1000
Viscosidade Mínima à 95° C (U.A.)	390	560	> 1000

1' - g/450ml de H₂O

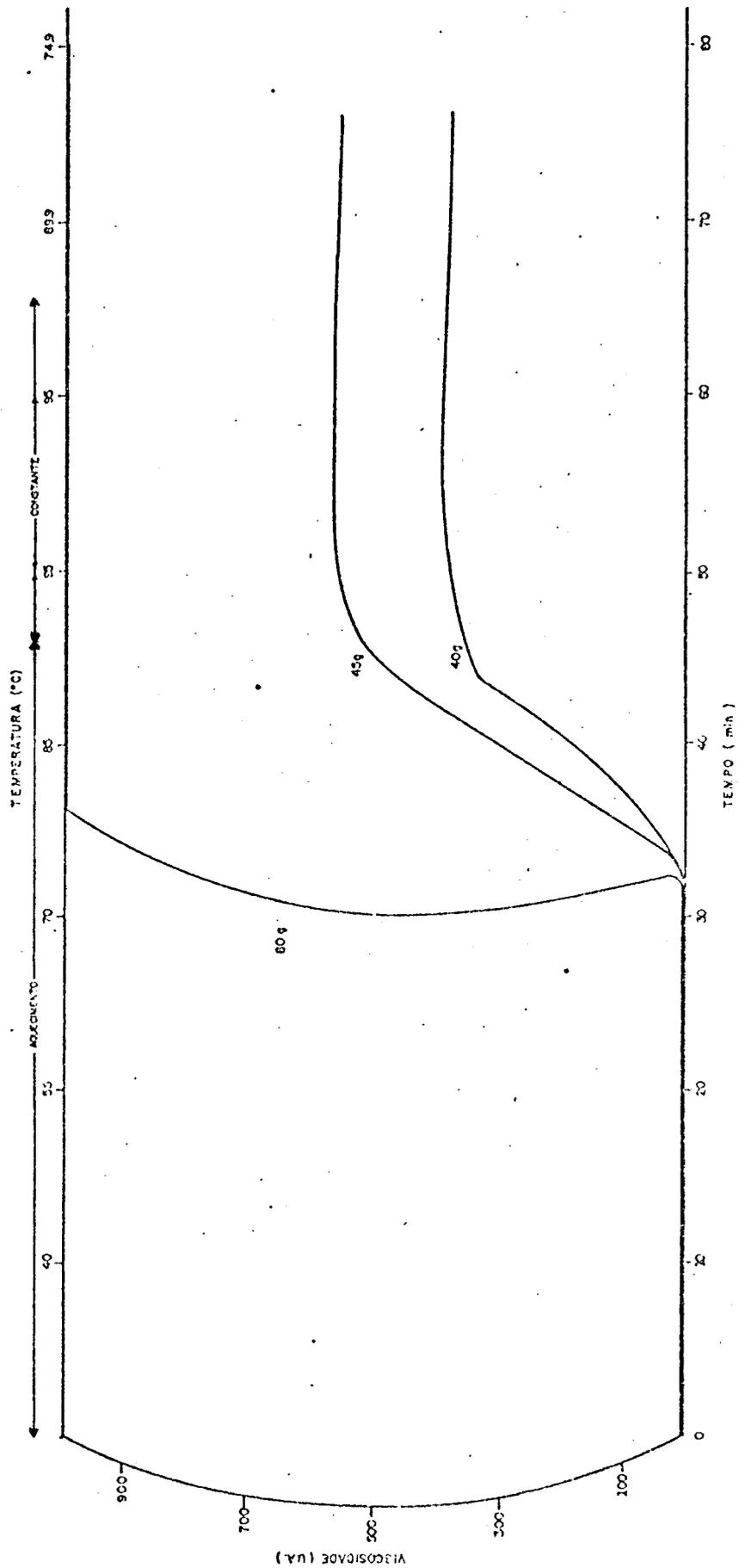


Figura 2. Anilogramas das diversas concentrações de farinha de cará

3. Influência da Farinha de Cará na Viscosidade da Farinha de Trigo

Os amilogramas obtidos com as diversas adições de farinha de cará na farinha de trigo encontram-se na figura 3. Os resultados de análise desses amilogramas estão apresentados na Tabela IV.

A temperatura inicial de gelatinização com 5% de farinha de cará manteve-se constante, enquanto que, a partir de 10% de adição de farinha de cará, sofreu ligeira diminuição, mantendo-se constante com as adições posteriores.

A temperatura de viscosidade máxima foi sofrendo diminuição com o aumento da farinha de cará na massa, mantendo-se constante desde os 15% de adição. A faixa de gelatinização apresentou a mesma variação.

As viscosidades máxima e mínima à temperatura constante (95°C) sofreram diminuição com o aumento da farinha de cará na suspensão. Esses resultados obtidos para a viscosidade máxima contrariam as expectativas, uma vez que a viscosidade máxima da farinha de cará foi bem superior à obtida pela farinha de trigo padrão (considerando para ambos, 80g/450ml de água). Logo, as misturas das farinhas deveriam possuir viscosidade máxima crescente, com o aumento da percentagem de farinha de cará. Em vez disso, os valores de viscosidade máxima das misturas foram inferiores ao da farinha de trigo pura, e decrescentes com o aumento da farinha de cará na suspensão. Isto pode demonstrar uma grande suscetibilidade dos grãos de amido de cará à enzima alfa-amilase, presente na farinha de trigo. Por outro lado, o abaixamento da temperatura inicial de gelatinização (Tabela IV) na presença da farinha de cará, reforça a idéia de enfraquecimento da estrutura micelar dos grânulos de amido de

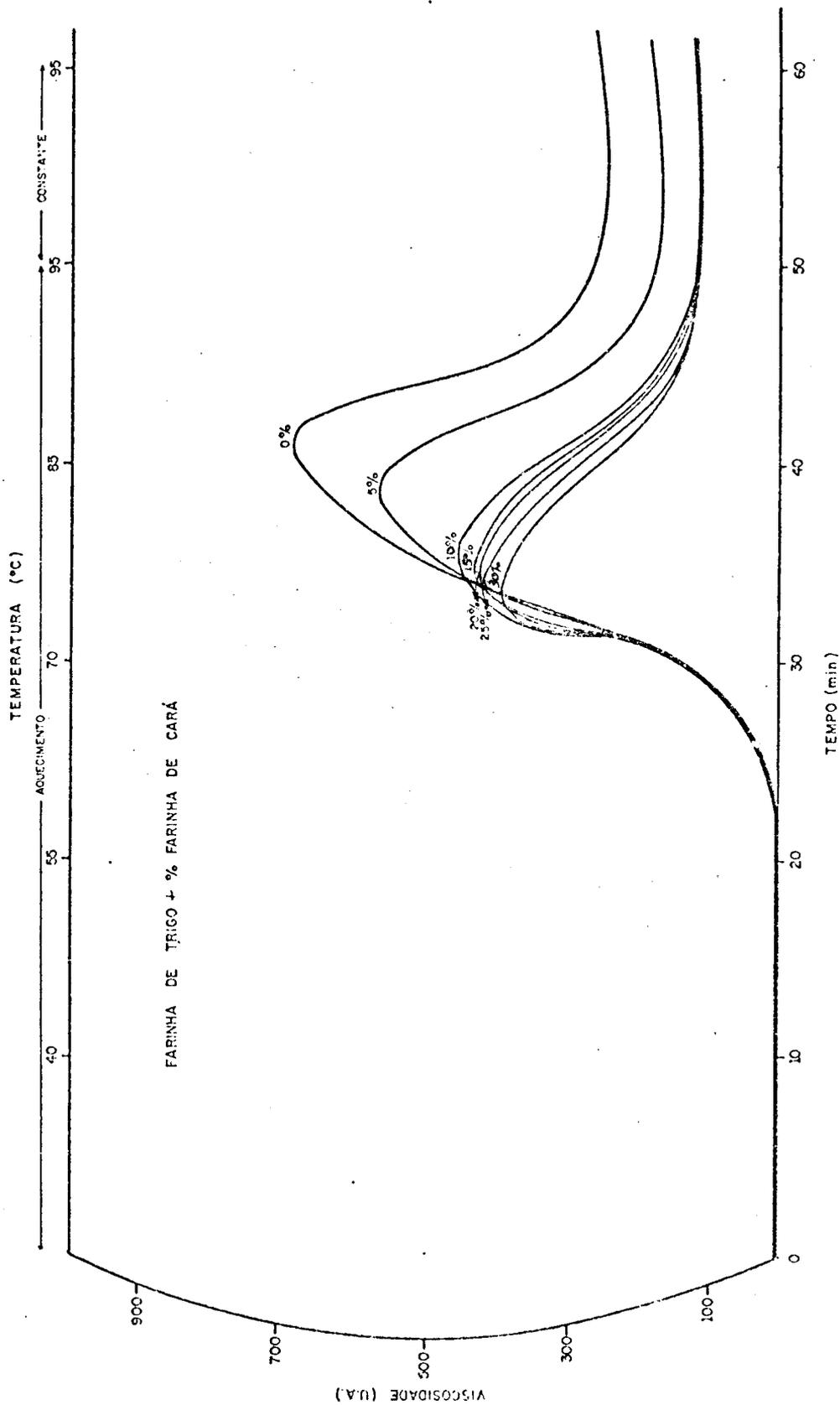


Figura 5. Efeito da adição de farinha de cará nas propriedades de viscosidade da farinha de trigo 78% de extração.

Tabela IV

Efeito da Adição de Farinha de Carã nas Propriedades de Viscosidade da Farinha de Trigo

	Farinha de Carã (%)						
	0	5	10	15	20	25	30
Temperatura Inicial de Gelatinização (°C)	59,5	59,5	58,0	58,0	58,0	58,0	58,0
Temperatura de Viscosidade Máxima (°C)	92,0	89,5	85,0	83,5	83,5	83,5	83,5
Faixa de Gelatinização (°C)	32,5	30,0	27,0	25,5	25,5	25,5	25,5
Viscosidade Máxima (U.A.)	660	550	460	430	420	420	400
Viscosidade Mínima à Temperatura constante (U.A.)	250	180	130	120	120	120	110

cará, pela ação enzimática.

Rasper e colaboradores (40) estudaram vários amidos de diferentes espécies de cará quanto à ação de enzima bacteriana e de malte, chegando à conclusão de que os grãos desses amidos, possuíam alta resistência à alfa-amilase. Entretanto, os estudos foram efetuados à temperatura de 30°C. Pode-se então concluir que provavelmente a susceptibilidade enzimática dos grãos de amido de cará reage de modo inverso a temperaturas mais elevadas.

C. EFEITOS DA FARINHA DE CARÁ NA ABSORÇÃO DE ÁGUA

É de grande importância a capacidade de absorção de água de uma farinha na produção de produtos panificáveis. Vários fatores determinam essa absorção. Segundo Sandstedt (42), o glúten da farinha tem a capacidade de absorção de 280% de seu peso em água, enquanto que o amido tem 35% de seu peso (42). Na massa, a proteína total costuma absorver cerca de 45,5% de água. Além desses fatores, a maior ou menor quantidade de amido quebrado na farinha também poderá influenciar na absorção. Segundo El-Dash (17), os ingredientes usados na massa também afetam na absorção de água e nas características reológicas, recomendando o estudo das propriedades físicas da massa no Sistema Farinha-Água-Ingredientes.

A partir desses dados, fez-se necessária a determinação da absorção de água no Sistema que utiliza apenas Água e Farinha (SFA) e a determinação no Sistema Farinha-Água-Ingredientes (SFAI), para fins comparativos.

A Tabela V apresenta os valores de absorção de água no SFA e no SFAI para a farinha de trigo, e para as substituições de 5 a 30% de farinha de trigo por farinha de cará. Acima de

Tabela V

Efeito da Farinha de Cará na Absorção de Água da Farinha de Trigo no Sistema Farinha-Água e no Sistema Farinha-Água-Ingredientes

Absorção de Água (%)	Farinha de Cará (%)						
	0	5	10	15	20	25	30
Sistema Farinha-Água	55,6	56,4	58,5	59,6	60,6	61,4	61,6
Sistema Farinha-Água-Ingredientes	53,0	53,2	54,0	55	55,2	55,2	55,2

30% de substituição, a massa formada não pôde ser manuseada, tornando-se excessivamente pegajosa. Conforme Stamberg (47), massas feitas de misturas farinha-amido com menos de 7% de proteína não possuem coesividade suficiente.

Na figura 4 vemos que, para o SFA, houve uma correlação praticamente linear entre a percentagem de absorção de água e a adição de até 20% de farinha de cará. Após essa adição, houve queda na percentagem de absorção de água. Nesse sistema, no valor máximo de absorção de água correspondente à substituição de 30% de farinha de trigo por farinha de cará, houve uma diferença de aproximadamente 6% de absorção em relação à absorção da farinha de trigo pura.

No SFAI, o teor de absorção de água sofreu um ligeiro aumento, nas substituições de 5, 10 e 15% de farinha de trigo, a partir da qual manteve-se praticamente constante. Nesse sistema, a variação máxima de absorção em relação à farinha de trigo pura foi somente em torno de 2%.

Comparando os dois sistemas, vemos que a absorção específica da farinha de trigo no SFA foi de 0,556 ml/g e de 0,53ml/g no SFAI. Além disso, a absorção específica de farinha de cará no SFA obteve 0,789ml/g, enquanto que no SFAI foi de 0,618ml/g. Logo, esses dados demonstram que há inibição da capacidade de absorção de água pela farinha, na presença dos ingredientes.

D. EFEITO DA FARINHA DE CARÁ NAS PROPRIEDADES DE MISTURA DA MASSA

Na mistura da farinha de trigo, há inicialmente a formação de uma massa de gumos com pequena coerência. Gradualmente a coerência vai aumentando e a massa vai desenvolvendo propriedades elásticas, até que fica macia e com uma aparência mais se-

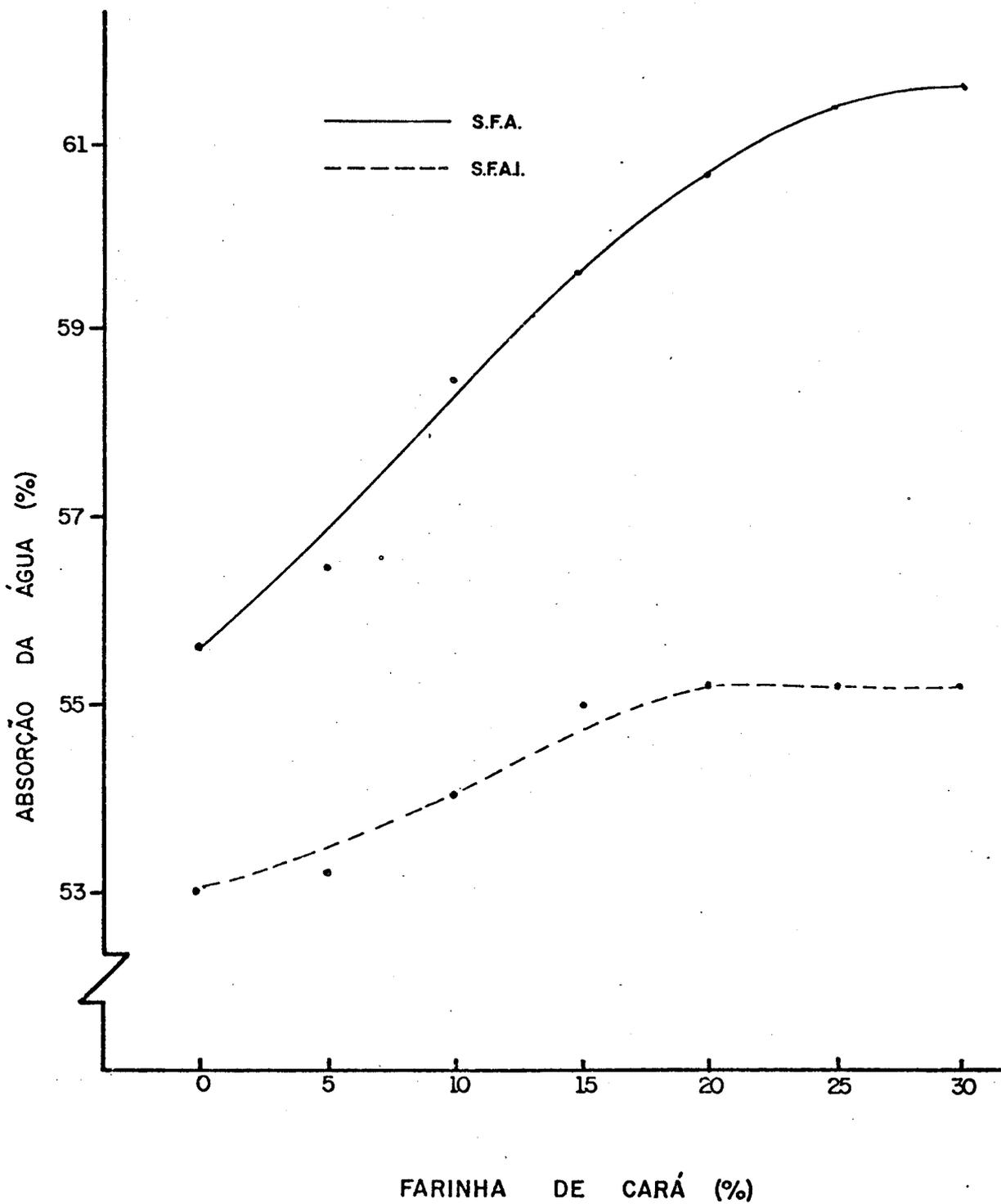


Figura 4. Efeito da farinha de cará na absorção de água no S.F.A. e no S.F.A.I.

ca. A aquisição dessas características desejáveis, dá-se a denominação de desenvolvimento da massa. Entretanto, continuando a mistura, a massa vai perdendo a elasticidade, tornando-se altamente extensível e pegajosa e adquirindo uma característica um tanto ou quanto fluida. Essa perda das características' desejáveis numa massa e, as características de desenvolvimento da massa, podem ser visualizadas através do farinógrafo (2).

As curvas farinográficas obtidas pela farinha de trigo e pelas misturas da farinha de trigo com 5 a 30% de farinha de cará estão apresentadas na figura 5.

Os resultados obtidos através desses farinogramas encontram-se na tabela VI. A adição de 5% de farinha de cará não influenciou no tempo de chegada, que sofreu um aumento nas adições posteriores, permanecendo constante até a substituição de 25% de farinha de trigo.

O tempo de desenvolvimento da massa teve uma ligeira queda com as adições de farinha de cará, indicando que a mesma causou apenas uma pequena influência na energia necessária para formar a rede de glúten.

A estabilidade de uma massa, está relacionada à qualidade proteica da farinha. Uma maior estabilidade indica maior resistência à mistura e melhor qualidade proteica. Na figura 5 vemos que, com o aumento da farinha de cará na farinha de trigo, a estabilidade diminuiu.

O tempo de saída teve resultados similares, mostrando diminuição dos valores, conforme o aumento da percentagem de farinha de cará (figura 6). Esses resultados indicaram um enfraquecimento da massa, reforçado ainda mais pelos valores obtidos para o índice de tolerância e também os valores valorimétricos

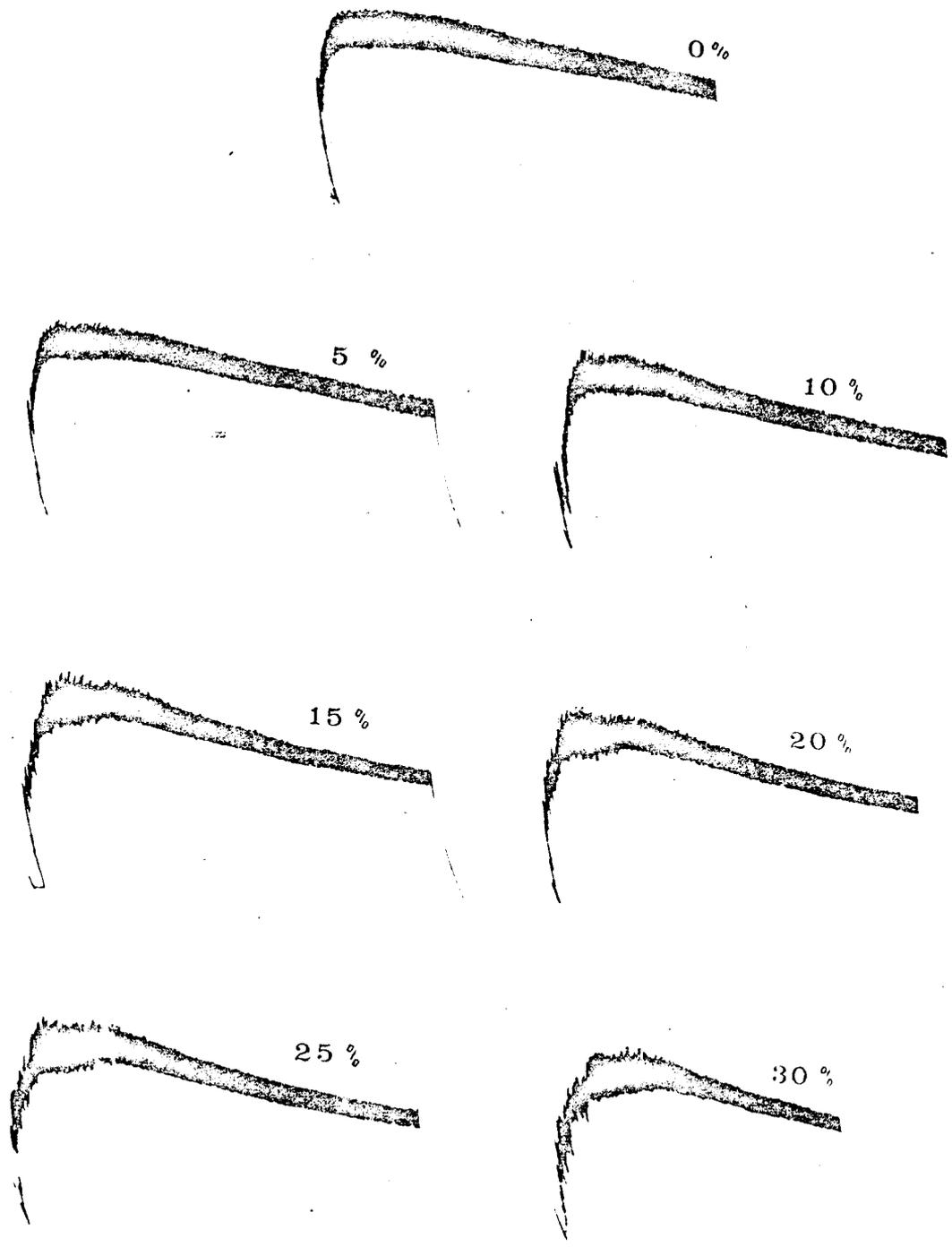


Figura 5. Efeito da adiç3o de 5 a 30% de farinha de car3a nos par4metros do farinograma da farinha de trigo 78% de extraç3o

Tabela VI

Efeito da Adição de Farinha de Carã nas Propriedades de Mistura da Farinha de Trigo no Sistema Farinha-Água

	Farinha de Carã (%)						
	0	5	10	15	20	25	30
Tempo de Chegada (min)	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	1,5	2,5
Tempo de Desenvolvimento (min)	5,5	4,5	4,5	4,5	5,0	5,0	5,0
Estabilidade (min)	9,5	8,0	6,5	7,0	6,5	6,5	5,5
Tempo de Saída (min)	10,5	9,0	8,0	8,0	8,0	8,0	7,5
Índice de Tolerância (U.F.)	30,0	40,0	60,0	70,0	70,0	80,0	82,0
Valor Valorimétrico (U.F.)	58,0	51,0	51,0	50,0	50,0	50,0	50,0

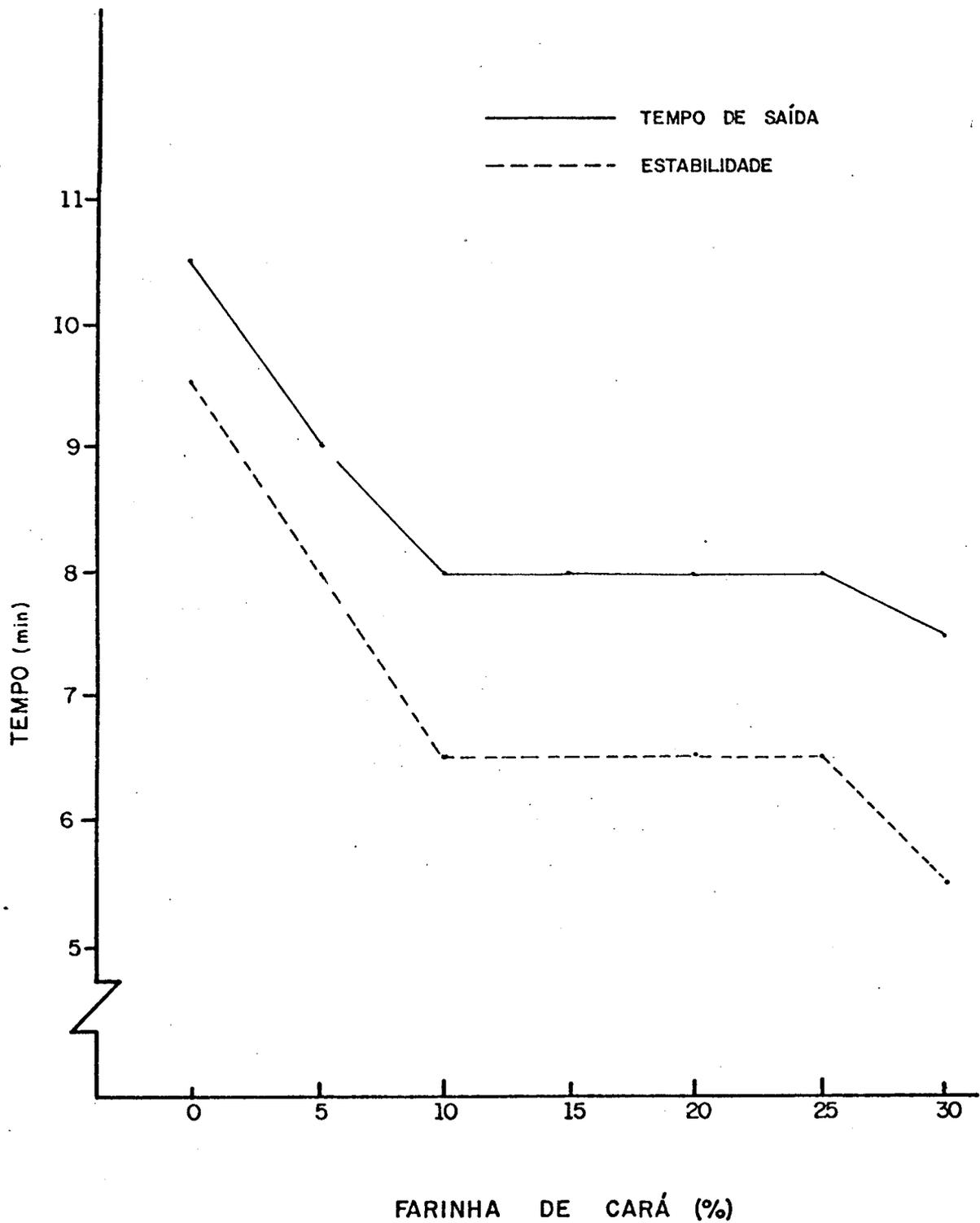


Figura 6. Efeito da adição da farinha de cará na estabilidade e no tempo de saída da farinha de trigo (SFA)

cos das misturas (figura 7). Estudos efetuados por Hamed e colaboradores apresentaram resultados semelhantes, usando farinha de batata-doce em substituição à farinha de trigo (26).

O efeito dos ingredientes (SFAI) nas características do tempo de chegada e do tempo ótimo de mistura da massa está representado na Tabela VII. O tempo de chegada sofreu diminuição com o aumento da percentagem de farinha de cará na massa. O tempo ótimo de mistura da massa mostrou uma mesma tendência com o aumento da farinha de cará.

Comparando os resultados obtidos no SFA e no SFAI, o tempo de chegada da farinha de trigo pura aumentou de 1,0 para 4,0 minutos e o tempo necessário para formar a rede de glúten aumentou significativamente no segundo sistema, conforme se pode visualizar na figura 8. Resultados similares foram obtidos por El-Dash (17). É também interessante frisar a queda mais acentuada nos valores do tempo de mistura da massa no SFAI, conforme o aumento da farinha de cará na massa (figura 8).

Tais resultados demonstram o efeito pronunciado dos ingredientes nas propriedades de mistura da farinha, mostrando como é necessário avaliar as características de mistura das farinhas mistas, no SFAI.

E. EFEITO DA FARINHA DE CARÁ NAS PROPRIEDADES DE EXTENSÃO DA MASSA

As farinhas com boa qualidade para a fabricação de pão devem ter adequada resistência à extensão, para a retenção de gases, e extensibilidade certa, para permitir o aumento do volume da massa durante a fermentação. A substituição parcial de uma farinha por outra altera consideravelmente essas características.

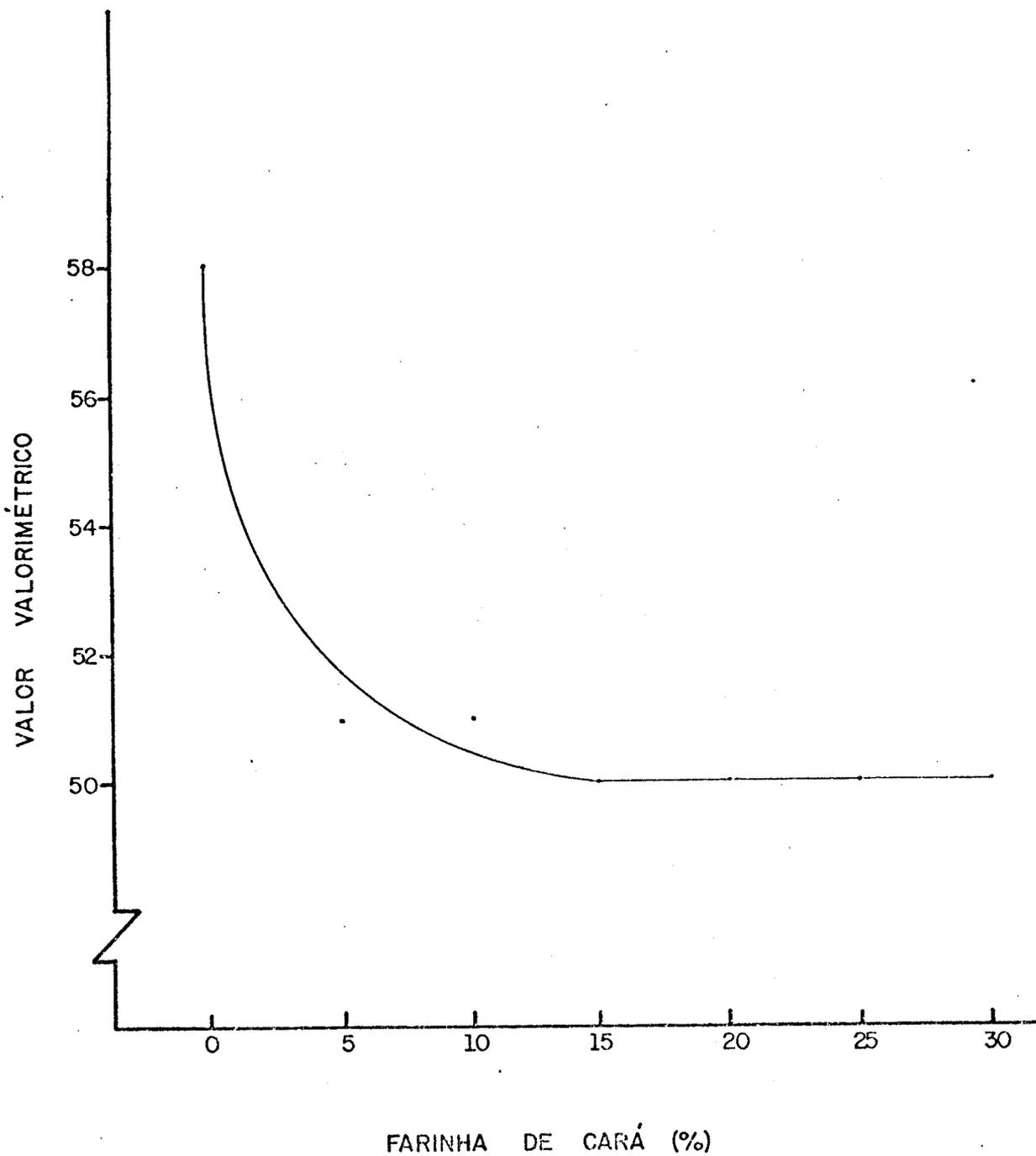


Figura 7. Efeito da farinha de cará no valor valorimétrico da farinha de trigo (SFA)

Tabela VII

Efeito da Adição de Farinha de Cará na Farinha de Trigo nas Propriedades da Mistura no Sistema Farinha-Água-
Ingredientes

	Farinha de Cará (%)						
	0	5	10	15	20	25	30
Tempo de Chegada (min)	4,0	3,5	3,0	3,0	3,0	2,5	3,0
Tempo Ótimo de Mistura ^{1'} (min)	13,5	12,0	11,5	11,0	11,0	11,0	10,5

1' - É o tempo em minutos necessário para misturar a massa com todos os ingredientes até uma queda de 10 U.F. ser observada, após um desenvolvimento máximo ().

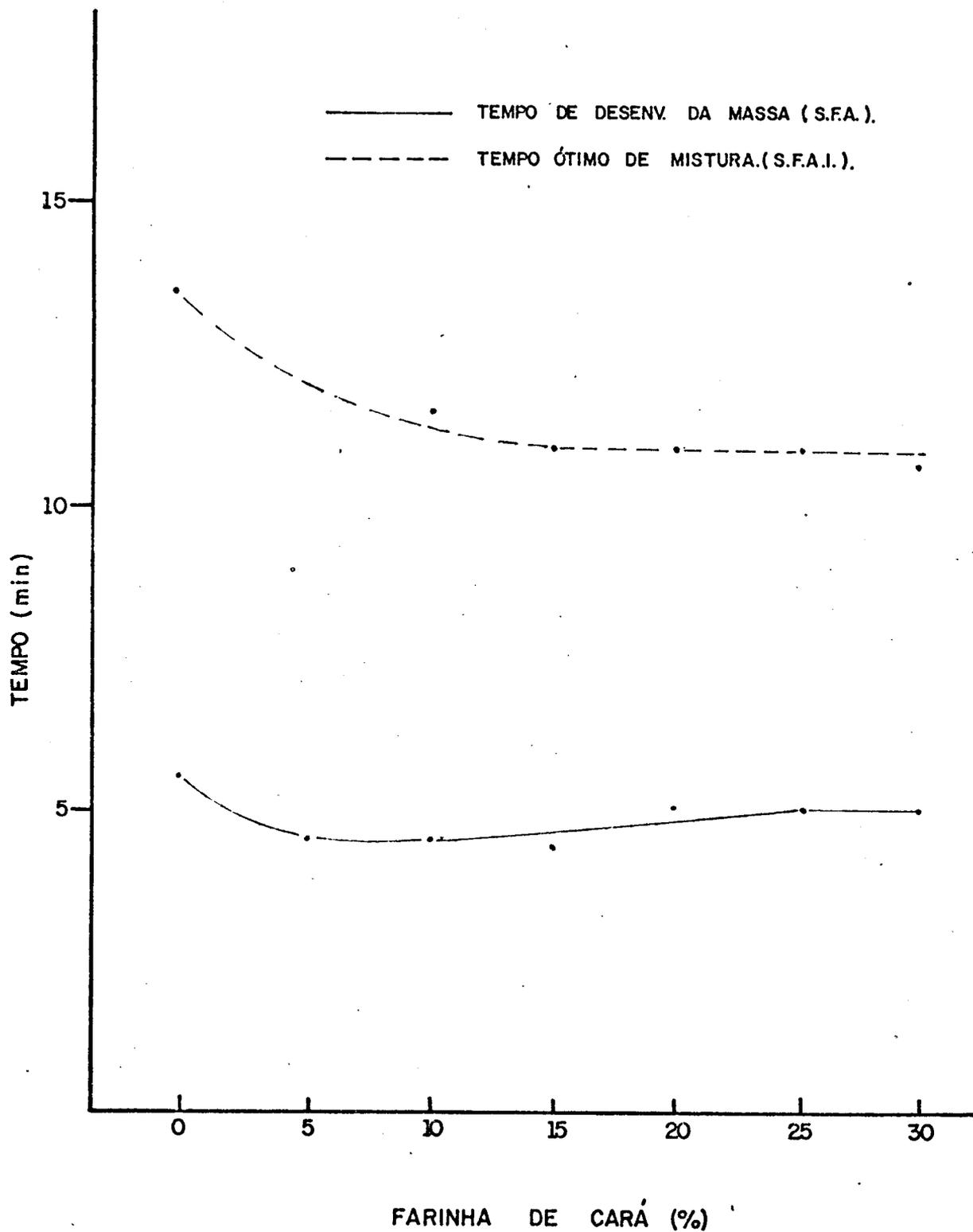


Figura 8. Efeito da adição de farinha de cará na farinha de trigo, no tempo de desenvolvimento da massa e no tempo ótimo de mistura

Os resultados extensigráficos das adições das diferentes substituições de farinha de cará na farinha de trigo no SFA são apresentados na Tabela VIII. O efeito dessas adições na extensibilidade da massa é mostrado na figura 9. Observou-se que, nos três tempos de descanso (45, 90 e 135min.), a presença de farinha de cará em níveis crescentes acarretou a queda dos valores da extensibilidade. Além disso, esses valores diminuíram com o aumento do tempo de descanso.

Na figura 10, vemos que a resistência à extensão foi aumentando, com a maior incorporação de farinha de cará. Notou-se também, o ligeiro aumento dos valores da resistência à extensão, nos tempos de descanso crescente.

Normalmente, quando adicionamos um agente oxidante a uma massa, ocorre diminuição nos valores da extensibilidade e aumento da resistência à extensão, com a elevação da proporção de oxidante. Fora isso, a massa apresenta as mesmas variações, nos diferentes tempos de descanso, que foram obtidos pelas massas com farinha de cará, nessas duas características. Pode-se então concluir a provável presença de um fator oxidante na farinha de cará. Conclusões semelhantes foram obtidas por El-Dash e colaboradores (20), estudando o efeito da farinha de cará pré-gelatinizada na farinha de trigo.

O aumento do número proporcional com o aumento da porcentagem de farinha de cará na farinha de trigo (figura 11) reforça a possível presença do oxidante na massa. Vários autores já observaram essa variação dos resultados do número proporcional, devido à incorporação de farinha de cará (11, 35) mas não forneceram nenhuma interpretação.

Os valores da área foram diminuindo, mesmo com o aumento do número proporcional, mostrando o enfraquecimento da rede de

Tabela VIII

Efeito da Adição de Farinha de Cara nas Características do Extensígrama da Farinha de Trigo 78% de extração no Sistema Farinha-Água

		Farinha de Cará (%)																						
		Tempo de Descanso (min)																						
		0			5			10			15			20			25			30				
		45	90	135	45	90	135	45	90	135	45	90	135	45	90	135	45	90	135	45	90	135		
Extensibilidade (mm)	200	195	187	180	160	160	155	145	145	155	145	130	137	120	117	120	105	97	120	105	97	107	90	100
Resistência à Extensão (U.E.)	290	395	420	350	470	440	420	500	480	520	545	580	470	560	600	570	670	685	570	670	685	530	760	690
Resistência Máxima (U.E.)	540	720	865	560	760	735	600	790	720	730	820	825	600	740	725	650	760	750	650	760	750	640	840	810
Número Proporcional	1,5	2,0	2,3	1,8	2,9	2,7	2,7	3,4	3,3	3,3	3,7	4,4	3,4	4,6	5,1	4,7	6,3	7,0	4,7	6,3	7,0	4,9	8,4	6,9
Área Total (cm ²)	138	182	199	138	165	151	125	153	133	145	144	140	112	111	112	103	102	96	103	102	96	87	87	82

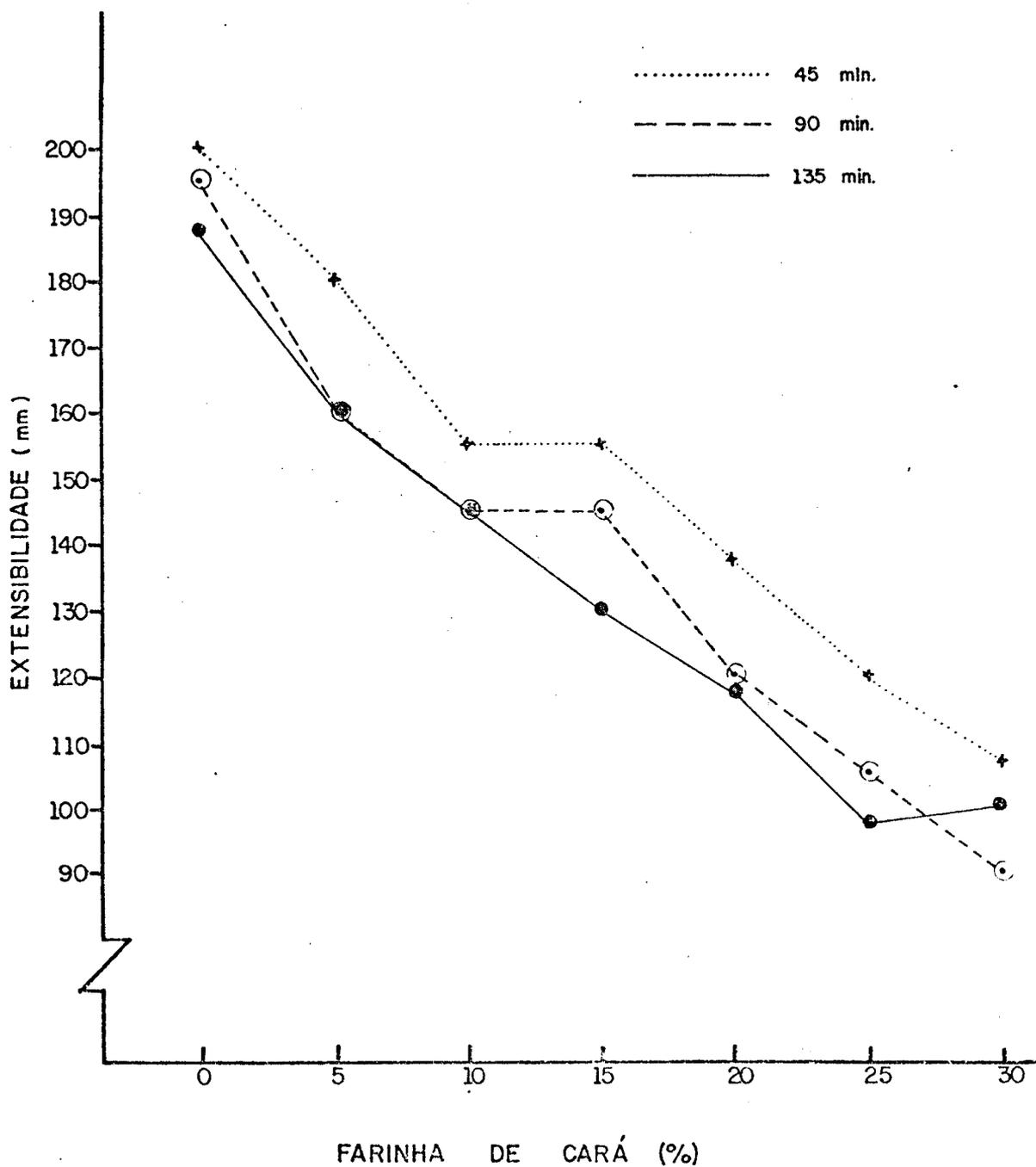


Figura 9. Efeito da adição de farinha de carã na farinha de trigo, nas características de extensibilidade da massa no S.F.A.

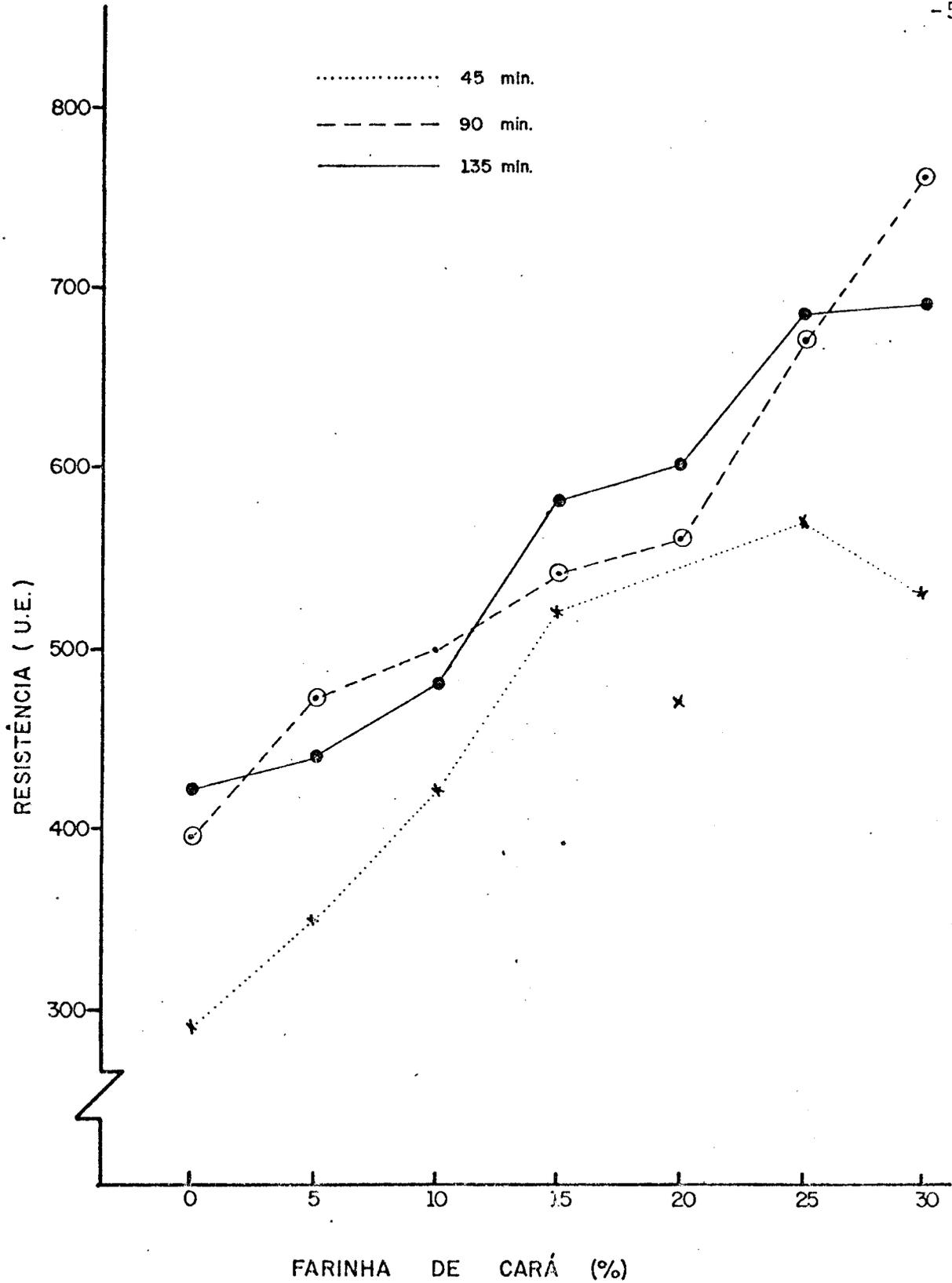


Figura 10. Efeito da farinha de cará na resistência à extensão da massa de farinha de trigo 78% de extração no S.F.A.

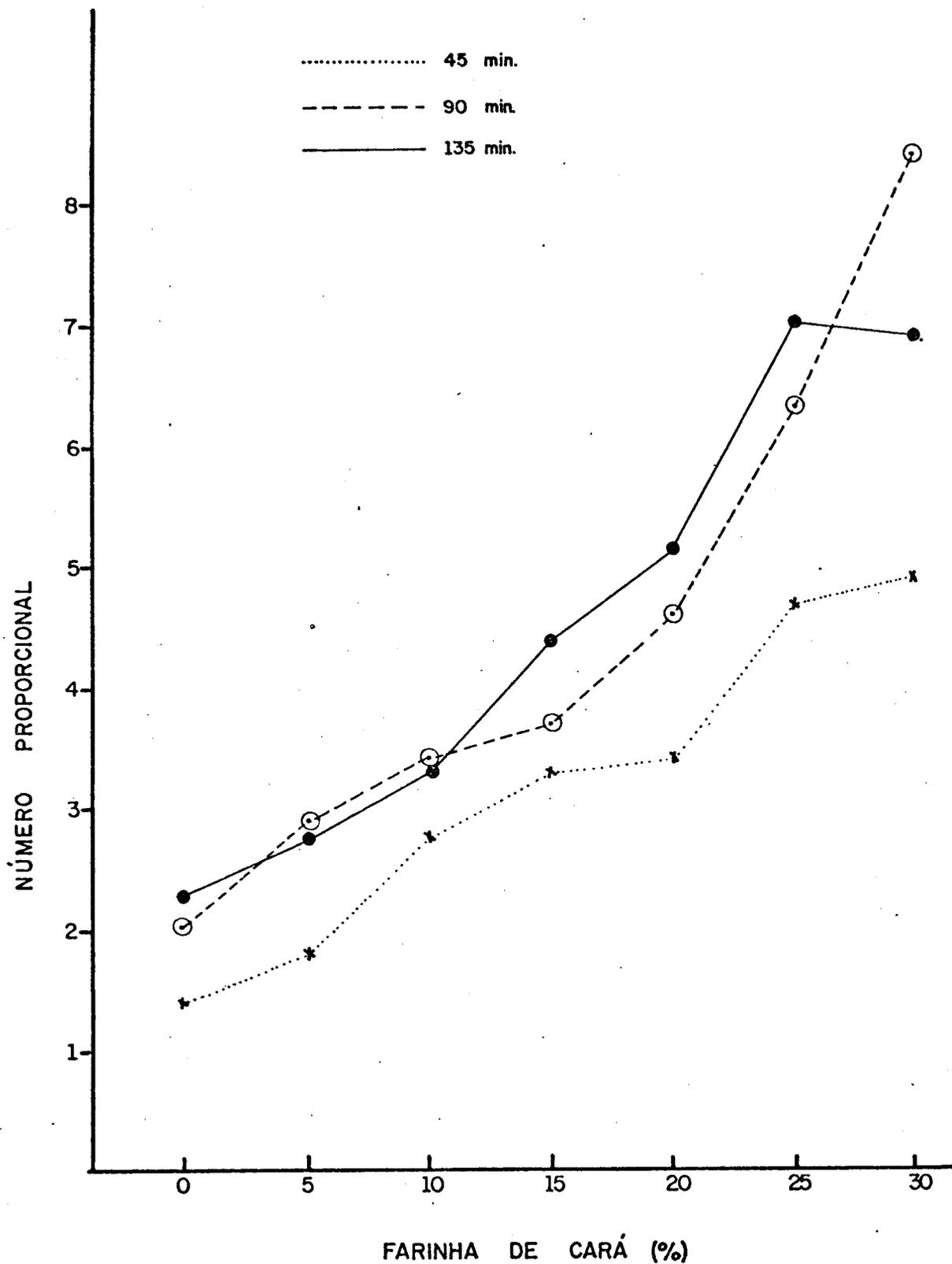


Figura 11. Efeito da adição de farinha de cará no número proporcional da farinha de trigo 78% de extração no S.F.A.

glúten com o aumento da percentagem de farinha de cará.

A Tabela IX apresenta os resultados extensigráficos da adição da farinha de cará na farinha de trigo, no SFAI. Nos baixos níveis de adição de farinha de cará, observou-se o aumento dos valores da extensibilidade, que foram diminuindo nos níveis mais elevados de incorporação de farinha de cará.

Comparando a variação da extensibilidade nos dois sistemas, observa-se que os valores obtidos no SFAI são bem inferiores aos do SFA, indicando a inibição dessa característica na presença de ingredientes. Tanto no SFA, quanto no SFAI, o valor da extensibilidade diminuiu com o aumento do tempo de descanso.

Na figura 12, temos a variação da resistência à extensão no SFAI. Ela praticamente não variou até o nível de 15% de adição de farinha de cará na massa. Após essa adição, começou uma ligeira queda nos resultados obtidos para a resistência à extensão. Comparativamente, os valores obtidos no SFAI até 15% de substituição, são bem superiores aos obtidos no SFA.

A variação do número proporcional no SFAI (figura 13) mostrou um efeito oposto aos resultados obtidos no SFA. Em todos os níveis de substituição de farinha de trigo pela farinha de cará, os valores do número proporcional foram inferiores aos da farinha de trigo puro, nos três tempos de descanso. Em compensação, é muito interessante frisar que no SFAI os valores do número proporcional obtidos para as diversas adições de farinha de cará, no tempo de descanso de 45 min., são bem inferiores aos obtidos nos tempos maiores de descanso. Além disso, os valores do número proporcional obtidos no SFAI são bem superiores ao SFA. Pode-se então concluir que, em presença de ingredientes, há um aumento da força de ligação na rede protei

Tabela IX

Efeito da Adição de Farinha de Cará nas Características de Extensigrama da Farinha de Trigo 78% de extração no Sistema Farinha-Água-Ingredientes

		Farinha de Cará (%)																											
		0				5				10				15				20				25				30			
		45	90	135	45	90	135	45	90	135	45	90	135	45	90	135	45	90	135	45	90	135	45	90	135	45	90	135	
		Tempo de Descanso (min)																											
Extensibilidade (mm)		132	92	82	157	95	90	155	100	87	150	88	75	137	90	83	137	90	85	115	85	77	135	90	85	115	85	77	
Resistência à Extensão (U.E.)		440	640	590	440	580	580	420	650	580	430	600	580	390	600	550	320	560	520	490	540	510	510	540	510	540	510	510	
Resistência Máxima (U.E.)		470	680	595	520	620	605	470	670	590	460	640	595	440	610	560	330	570	520	500	540	510	510	540	510	540	510	510	
Número Proporcional		3,3	6,9	7,1	2,8	6,1	6,4	2,8	6,5	6,6	2,9	6,8	7,7	2,8	6,6	6,6	2,3	6,2	6,1	4,2	6,3	6,5	6,5	6,3	6,5	6,3	6,5	6,5	
Área Total (cm ²)		94	91	66	115	83	77	110	95	66	97	82	64	92	72	63	63	73	65	75	62	57	62	57	62	57	57	57	

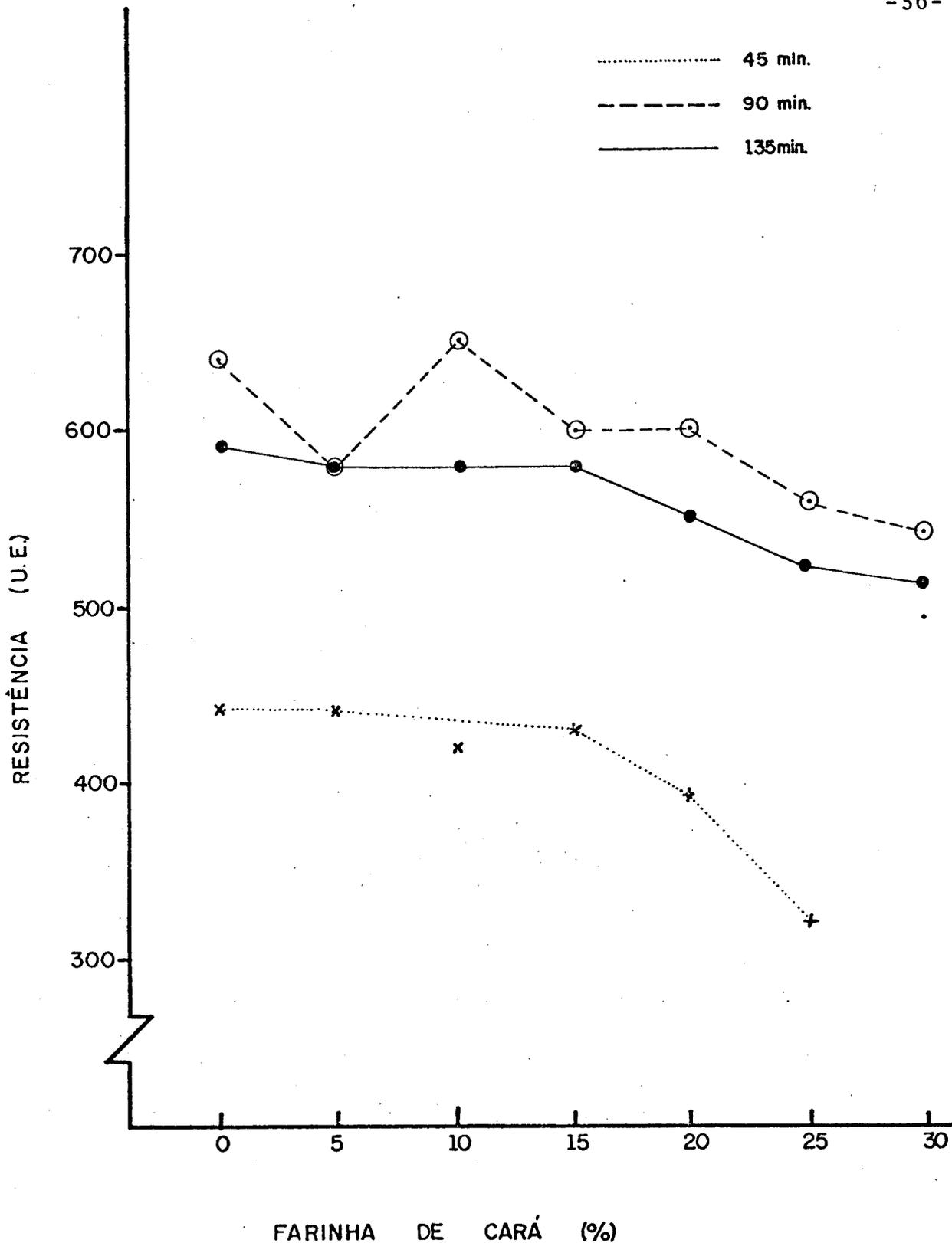


Figura 12. Efeito da adição de farinha de cará na resistência à extensão da farinha de trigo 78% de extração no S.F.A.I.

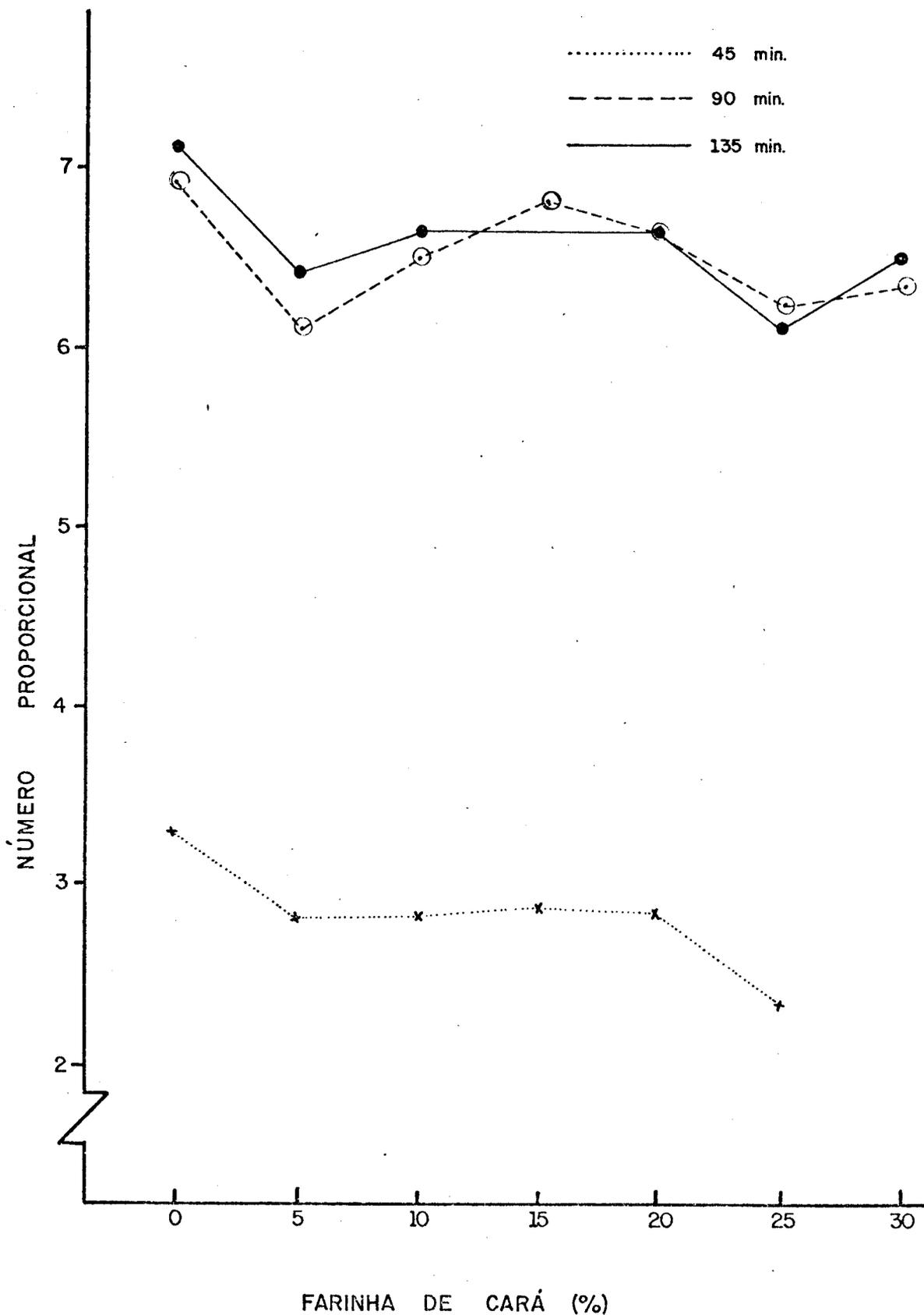


Figura 13. Efeito da adição da farinha de carã no número proporcional da farinha de trigo no S.F.A.I.

ca do glúten que fica ainda maior, com maiores tempos de descanso.

Juntando os resultados extensigráficos obtidos nos dois sistemas (Tabelas VIII, IX), vemos que as variações obtidas mostram o acentuado efeito dos ingredientes na massa. Por isso, recomenda-se a determinação das características das farinhas compostas, também no SFAI.

F. EFEITO DA FARINHA DE CARÁ NA QUALIDADE DO PÃO

A avaliação da qualidade é normalmente feita através de um esquema de características internas e externas, aroma e gosto, do pão produzido, havendo um limite máximo de pontos determinados para cada item. O volume é um dos mais importantes, devido à sua variação pela qualidade dos ingredientes ou dos tipos de processamento aplicados, sendo, por isso, bem mais objetivo que as outras características. No processamento do teste de panificação utilizado, a consistência da massa foi mantida em 500 U.F., o tempo de fermentação foi de 105 minutos e as massas foram submetidas à mistura até o ponto ótimo de desenvolvimento do seu glúten, sendo que todas as variações efetuadas no pão são então consequência da adição de farinha de cará na massa.

Os resultados da avaliação da qualidade do pão com diversos níveis de farinha de cará, são apresentados na Tabela X. As características externas e internas desses pães estão visualizadas na figura 14. Os pães feitos com 30% de farinha de cará não foram fotografados, devido à evidência de sua qualidade negativa.

Os pães efetuados com até 20% de farinha de cará não sofreram grandes modificações no seu peso específico. A partir

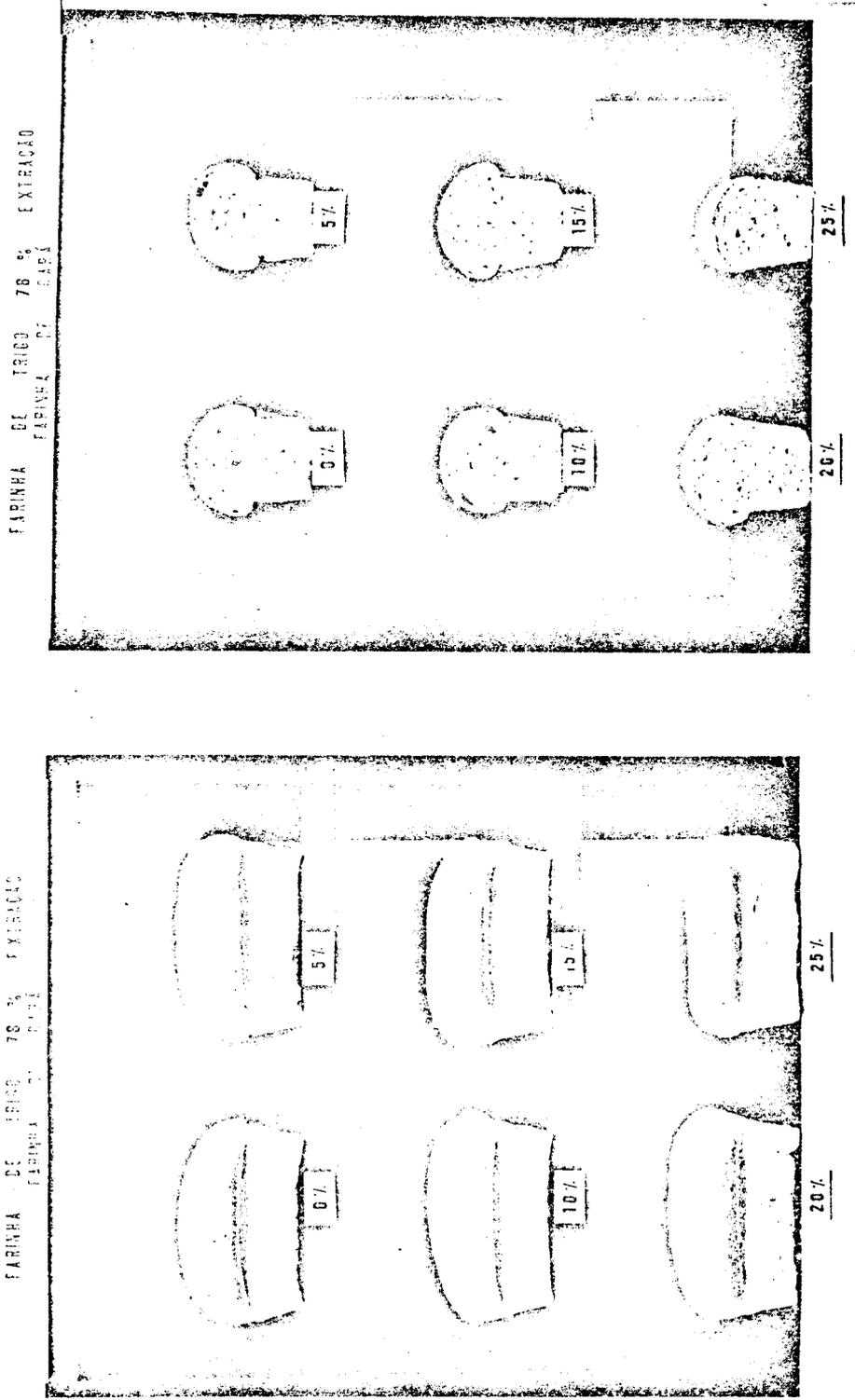


Figura 14. Características externas e internas dos pães elaborados com farinha de trigo 78% e com adições de 5 a 30% de farinha de cará na massa.

dessa adição, houve uma queda mais acentuada no peso específico, nas características externas, nas características internas e, obrigatoriamente, no número total de pontos (figura 15).

Pelos resultados obtidos na Tabela X, pode-se concluir preliminarmente que, o pão com farinha de cará que possui as características mais semelhantes ao pão de farinha de trigo pura, deverá estar situado na faixa entre 15 e 20% de adição de farinha de cará na massa.

Como a finalidade do trabalho é a substituição máxima da farinha de trigo pela farinha de cará, afetando o mínimo possível as características de qualidade do pão final, incorporou-se o aditivo E.L.L.C. nos níveis de 16, 18 e 20% de farinha de cará na farinha de trigo. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela XI.

Verificamos que com a adição de 16% de farinha de cará na massa, o pão mostrou uma qualidade total ainda superior ao de farinha de trigo pura. Essa melhora ocorreu principalmente no peso específico e na estrutura celular do miolo. A variação do escore na qualidade dos pães pode ser visualizado na figura 16.

Nas substituições de 16, 18 e 20% de farinha de cará na farinha de trigo, a adição de 0,25% de E.L.L.C. afetou positivamente no peso específico e na característica de quebra, aumentando o número total de pontos dos respectivos pães. Esses resultados foram obtidos por vários pesquisadores (4,16,29,48), que usaram o mesmo aditivo para melhorar a qualidade dos pães obtidos a partir de farinhas compostas.

O pão feito com 18% de farinha de cará demonstrou características externas médias entre o pão com 16% e com 20% de farinha de cará. Em relação às suas características internas, ob

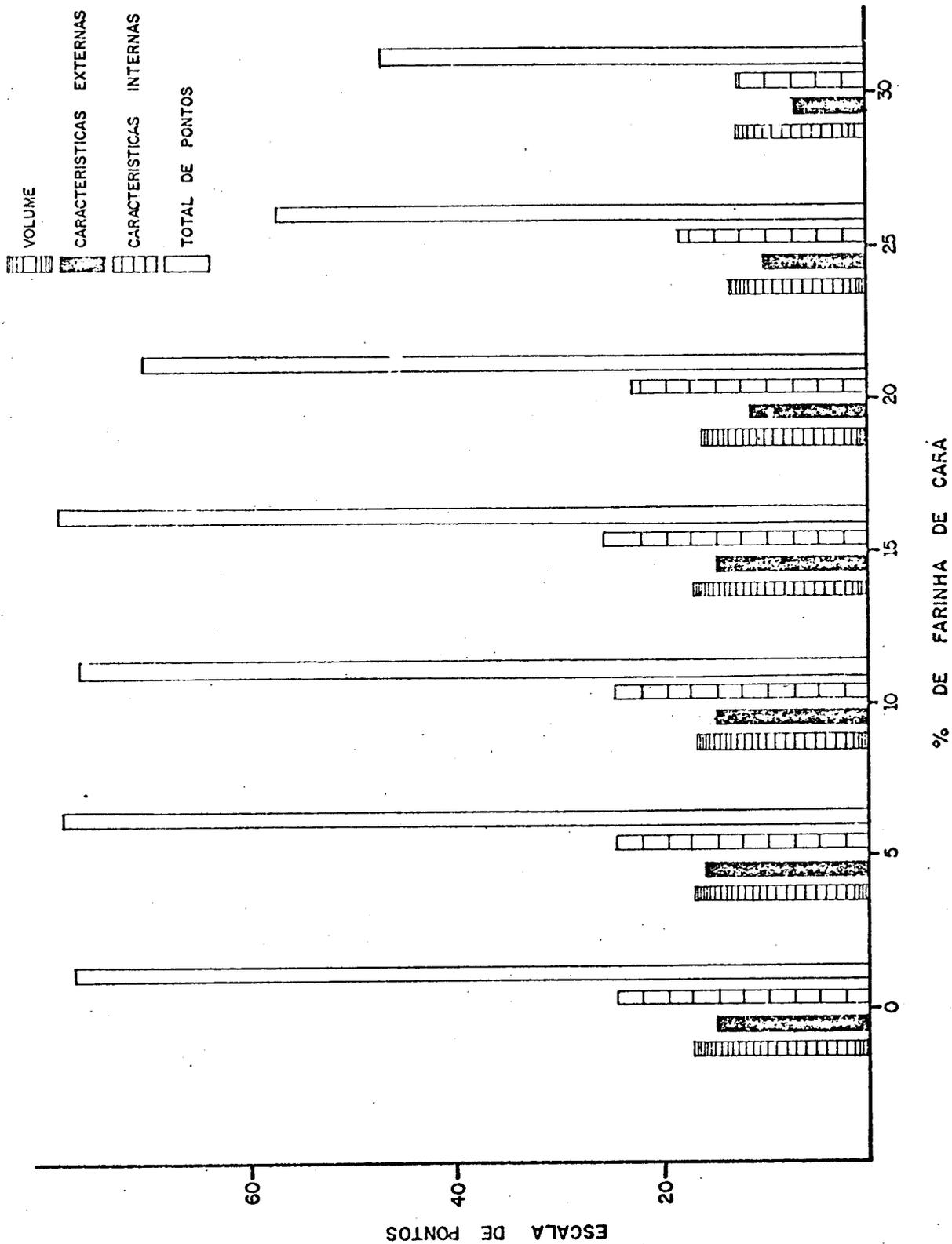


Figura 15. Efeito da adição de 0 a 30% de farinha de cará na qualidade do pão de farinha de trigo 78% de extração

Tabela X

Efeito da Adição de 5 a 30% de Farinha de Cará à Farinha de Trigo 78% de extração na Qualidade do Pão

FARINHA DE CARÁ	Características do Pão			Características Externas				Características Internas				Aroma e Gosto		Contagem Total
	Volume	l'	Cor Crosta	Quebra	Sintria	Caract. Crosta	Cor Miolo	Est. Cel. Miolo	Textura Miolo	Aroma	Gosto			
	20,0	10,0	10,0	5,0	5,0	5,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	15,0	100,0	
	VALOR MÁXIMO													
0	17,27	8,0	8,0	2,0	5,0	3,5	7,0	7,0	7,0	7,0	8,0	12,0	76,77	
5	17,11	8,0	8,0	4,0	4,0	3,5	7,0	7,0	7,0	7,0	8,0	12,0	77,61	
10	16,73	8,0	8,0	3,0	4,0	4,0	6,5	7,0	7,0	7,0	8,0	12,0	76,29	
15	17,64	8,0	8,0	2,0	5,0	4,0	6,5	8,0	7,0	7,0	8,0	12,0	78,14	
20	16,60	7,0	7,0	1,0	3,5	4,0	6,0	6,0	7,0	7,0	8,0	11,0	70,10	
25	13,40	7,0	7,0	0,0	3,0	3,0	5,0	5,0	5,0	5,0	6,0	10,0	57,40	
30	12,95	5,0	5,0	0,0	2,0	2,0	4,0	3,0	4,0	4,0	6,0	8,0	46,95	

l' - Escore de volume = Peso específico (cm³/g) x 3,33

TABELA XI

Efeito da Adição de 16,18 e 20% de Farinha de Cará. à Farinha de Trigo 78% de extração, com e sem adição de ELLC, na qualidade do Pão

FARINHA DE CARÁ	Características do Pão			Características Externas				Características Internas				Aroma e Gosto		Contagem Total
	Volume	l'	Cor	Quebra	Sime	Caract.		Cor	Est.Cel.	Textura	Aroma	Gosto		
						Crosta	Crosta						Miolo	
	20,0		10,0	5,0	5,0	5,0	5,0	10,0	10,0	10,0	10,0	15,0	100,0	
	VALOR MÁXIMO													
16	17,37		8,0	2,0	5,0	4,0	4,0	6,5	8,0	7,0	8,0	12,0	77,88	
16 + 0,25% ELLC	18,8		8,0	4,0	5,0	4,0	4,0	6,5	8,0	7,0	8,0	12,0	81,33	
18	16,40		8,0	1,5	4,0	4,0	4,0	6,0	7,0	7,0	8,0	12,0	73,90	
18 + 0,25% ELLC	19,05		8,0	2,0	4,0	4,0	4,0	6,5	7,0	7,0	8,0	12,0	77,55	
20	15,98		7,0	1,0	3,5	4,0	4,0	6,0	6,0	7,0	8,0	11,0	69,48	
20 + 0,25% ELLC	18,55		8,0	2,0	4,5	3,0	3,0	6,5	4,0	5,0	8,0	11,0	70,45	

l' - Escore de volume = Peso específico (cm³/g) x 3,33

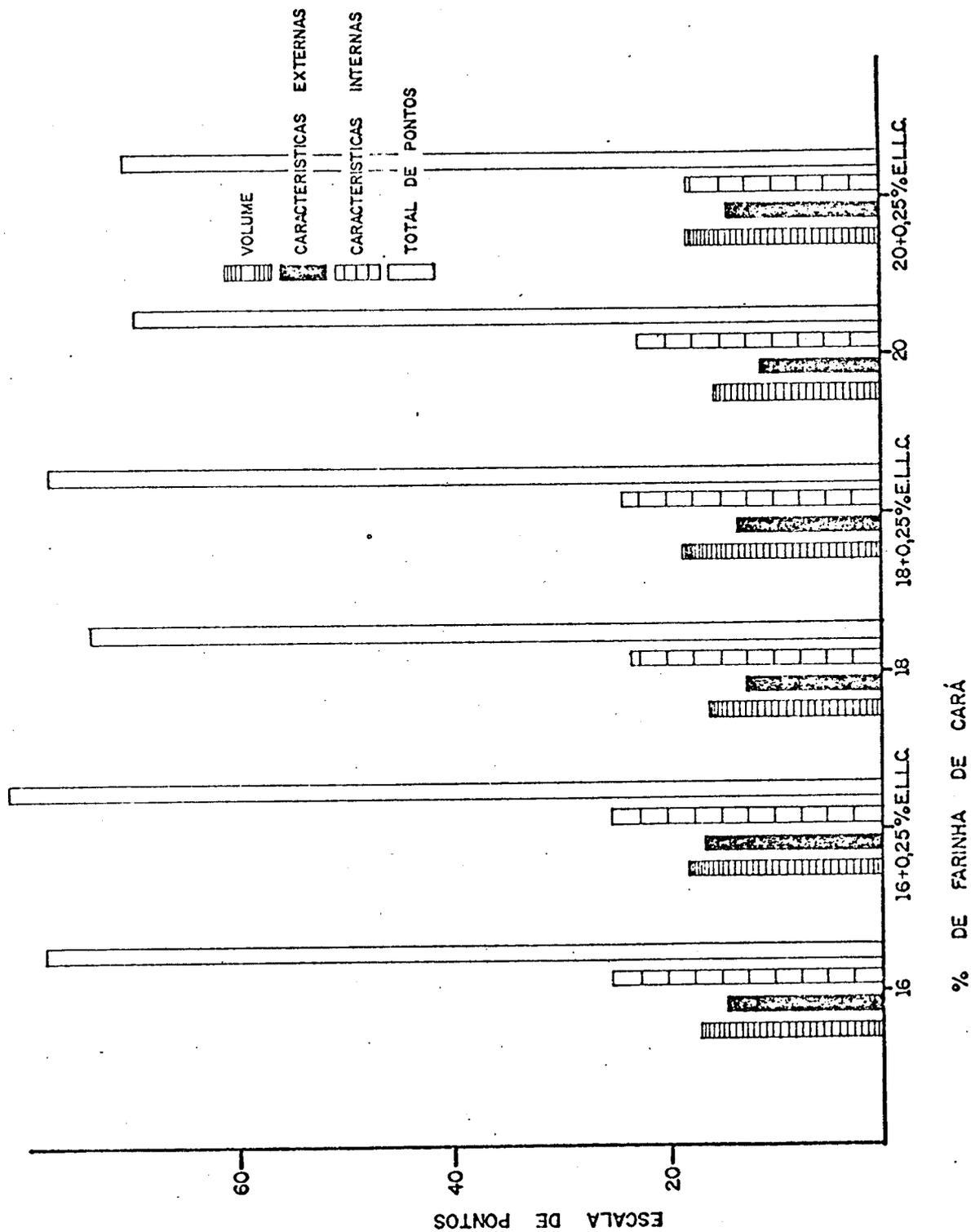


Figura 16. Efeito da adição de 16, 18 e 20% de farinha de cará na qualidade do pão de farinha de trigo 78% de extração, com e sem incorporação de E.L.L.C.

teve resultados similares ao pão de farinha de trigo pura. Além disso, as qualidades de aroma e gosto mantiveram-se também inalteráveis em relação ao pão comum, enquanto que o pão com 20% de farinha de cará sofreu alteração negativa no gosto.

É necessário citar um ligeiro escurecimento na cor do miolo dos pães em todas as adições superiores a 10% de farinha de cará na massa.

A partir dos resultados apresentados, conclui-se a possibilidade de fabricação do pão de farinha de trigo de 78% de extração com 18% de farinha de cará e 0,25% de E.L.L.C.

G. PRODUÇÃO DE PÃO PELO PROCESSO CHORLEYWOOD

Visando a comprovação e a efetivação dos resultados obtidos no teste de panificação, partiu-se para a fabricação do pão de forma pelo método mecânico de desenvolvimento Chorleywood, em plano piloto. Inicialmente fêz-se a primeira produção de pão com e sem farinha de cará, variando o tempo de fermentação da massa. O tempo ótimo de fermentação obtido pela massa do pão de farinha de trigo pura foi de 1,45h e de 2,00h o tempo de fermentação da massa com farinha de cará.

O nível de qualidade dos pães de forma com farinha de trigo pura e com 18% de farinha de cará forneceram resultados semelhantes, havendo uma diferenciação apenas quanto ao sabor. O pão de forma com 18% de farinha de cará obteve um sabor agradável, suavemente adocicado.

Com êsses resultados podemos concluir a viabilidade de fabricação do pão de forma com 18% de farinha de cará, possuindo um sabor levemente adocicado e sofrendo um ligeiro aumento no tempo de fermentação de sua massa.

H. AVALIAÇÃO SENSORIAL DO PÃO FRANCÊS

A produção do pão francês com e sem farinha de carã visou a obtenção de informações preliminares sobre a sua aceitabilidade, por ser o pão mais consumido no país. Ao se fazer uma avaliação de sua qualidade, o pão com 18% de farinha de carã apresentou uma queda qualitativa, confirmando o que já se esperava, devido ao maior nível de qualidade que esse pão exige da farinha de trigo usada para a sua fabricação.

Submetendo então à avaliação sensorial, com 160 testes de duas levas diferentes de fabricação do pão francês, obtivemos 119 respostas confirmando a existência de diferenças no aroma, no sabor do pão e na textura do miolo quando comparadas as amostras de pão com e sem farinha de carã. Quanto à preferência, 71 em 112 testes indicaram maior aceitação do pão francês sem farinha de carã.

Conforme a tabela X^2 (qui-quadrada) (1) utilizada na análise sensorial, o nível 71 caiu exatamente na faixa de diferenciação, o que indica que essa preferência embora pudesse não ser significativa, deverá ser assim considerada.

Resumindo, podemos dizer como uma primeira indicação, que houve diferenciação entre os pães e que embora tenha havido preferência pelo pão francês com farinha de trigo, o pão francês com farinha de carã não foi totalmente rejeitado. Isso pode indicar a sua aceitabilidade em função da criação do hábito de ingestão do pão francês com farinha de carã, no consumidor brasileiro.

V - CONCLUSÕES

A análise química da farinha de cará indicou 7,27% de proteína, teor considerado elevado em relação ao nível proteico de outras raízes e tubérculos.

Estudando as características de viscosidade das farinhas de trigo e de cará, resultados peculiares foram obtidos pela suspensão de farinha de cará, mostrando fortes ligações micelares nos grãos de amido, a possível semelhança dessas ligações em grande número de grãos e sua alta resistência à ação mecânica de fricção. Por outro lado, a adição de 5 a 30% de farinha de cará na farinha de trigo, acarretou decréscimo nos valores da viscosidade máxima, indicando que a altas temperaturas possivelmente, esses grãos de amido possuem suscetibilidade à enzima alfa amilase presente na farinha de trigo.

A adição de níveis crescentes de farinha de cará na farinha de trigo causou aumento na percentagem de absorção de água e de forma mais acentuada no SFA, indicando uma inibição dessa característica na presença de ingredientes.

Nas características de mistura, a adição de farinha de cará no SFA diminuiu ligeiramente o tempo de desenvolvimento da massa da farinha de trigo, demonstrando pequena influência na energia necessária para desenvolver o glúten. Entretanto, adições crescentes de farinha de cará na farinha de trigo, indicaram enfraquecimento da massa, diminuindo os valores da estabilidade, do tempo de saída, do índice de tolerância e do valor valorimétrico. No SFAI, o tempo de chegada e o tempo ótimo de desenvolvimento da massa adquiriram va

lores bem superiores aos obtidos no SFA. Esses resultados demonstraram o efeito pronunciado dos ingredientes nas propriedades de mistura da farinha, indicando a importância da avaliação das características de mistura das farinhas mistas, no SFAI.

No SFA, a extensibilidade diminuiu com as adições de farinha de cará, enquanto que a resistência à extensão foi sofrendo um aumento, com o aumento da farinha de cará e, nos maiores tempos de descanso. Essas características podem indicar a presença de um agente oxidante na farinha de cará. O aumento dos valores do número proporcional com maiores adições de farinha de cará na massa, reforçou ainda mais essa conclusão.

A resistência máxima diminuiu com o aumento da farinha de cará, no SFAI. O número proporcional obteve valores mais elevados no SFAI, mantendo-se praticamente constante com as adições de farinha de cará. Além disso, os valores obtidos foram maiores nos 135min. de descanso, podendo indicar maior força de ligação na rede de proteínas do glúten quando em presença de ingredientes, nos tempos de descanso mais prolongados.

Os valores da área sofreram diminuição com a incorporação crescente de farinha de cará, tanto no SFA quanto no SFAI, indicando enfraquecimento da massa.

No teste experimental de panificação, os pães elaborados com até 16% de farinha de cará apresentaram resultados semelhantes ao pão feito com farinha de trigo pura. Nos níveis superiores de adição de farinha de cará, houve queda na qualidade do pão. Entretanto, a incorporação de 0,25% de E.L.L.C. causou benefícios no pêso específico e na caracte-

rística de quebra dos pães, fornecendo ao pão com 18% de farinha de carã, um nível de qualidade similar ao de farinha de trigo pura.

Comprovou-se a viabilidade tecnológica da produção comercial desse pão e também em relação ao gosto e aroma, desde que se habitue o consumidor brasileiro a ingerir pão com farinha de carã.

VI. BIBLIOGRAFIA

1. AMERINE, M.A. et al. Principles of sensory evaluation of food. New York, Academic Press (1965)-
2. AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS (AACC). Approved Methods of the AACC. Métodos 44-15 A, 08-01, 30-10, 46-12, 54-21, 54.10, 22-10. The Association: St. Paul, Minn. (1976).
3. BANCO DO BRASIL S/A. Departamento Geral de Comercialização do Trigo Nacional CTRIN e CCLEF (1976).
4. BRACHFELD, B.A. and HETZEL, C.P. Sodium stearyl fumarate: further studies in bread, Cereal Sci. Today 13: 11 (1968).
5. BRENNAN, J.G. and SODAH-AYERNOR, G. A study of the kinetics retrogradation in a starch-based dough made from dehydrated yam (Dioscorea rotundata L. Poir). Die Stärke 25: 276 (1973).
6. CÂMARA FILHO, J.C.S., FERREIRA, C.M. e SOARES, M.J.C., Aproveitamento da farinha de cará da costa na preparação de farinhas mistas panificáveis, Boletim Técnico nº 26, Secretaria da Agricultura, Indústria e Comércio do Instituto de Pesquisas Agronômicas de Pernambuco (1967).
7. CAMARGO, C.R.O. O enriquecimento proteico do pão com farinha desengordurada de soja: o efeito nas propriedades reológicas da massa e na qualidade do pão, Tese de Mestrado, FEAA, UNICAMP, Campinas, S.P. (1977).
8. CAMPOS, J.E. O efeito da adição da farinha de tremço doce (Lupinus albus) nas propriedades reológicas da

massa e na qualidade do pão, Tese de Mestrado, FEAA, UNICAMP, Campinas, S.P. (1977).

9. CIACCO, C.F. and D' APPOLONIA, B.L. Characterization of starches from various tubers and their use in bread-baking, *Cereal Chem.* 54: 1096 (1977).
10. CIACCO, C.F. and D'APPOLONIA, B.L. Baking studies with cassa va and yam flour. I. Biochemical composition of cassava and yam flour, *Cereal Chem.* 55: 402 (1978).
11. CIACCO, C.F. and D'APPOLONIA, B.L. Baking studies with cassa va and yams II. Rheological and baking studies of treber-wheat flour blends. *Cereal Chem.* 55:423 (1978).
12. CORRÊA, M.P. Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas, vol. II, Ministério da Agricultura, R.J., Brasil (1931).
13. COURSEY, D.G. Yams, Longmans Green and Co. Ltda., London - (1967).
14. CRUZ-CAY, J.R. and GONZÁLEZ, M.A. - Properties of starch from Florido Yam (Dioscorea alata L.), *J.Agr. Univ. Porto Rico* 58: 312 (1974).
15. D'APPOLONIA, B.L. Rheological and baking studies of legume wheat flour blends. *Cereal Chem.* 54: 53 (1977).
16. DEMPSTER, C.J. and HLINKA, I. Some effects of the mixing process on the physical properties of dough. *Cereal Chem.* 35: 483 (1958).
17. EL-DASH, A.A. Análise e desenvolvimento de um novo sistema de testagem da qualidade tecnológica da farinha, Tese de Livre Docência, FEAA, UNICAMP, Campinas, SP. (1978).

18. EL-DASH, A.A. Qualidade tecnológica do trigo nacional brasileiro: I - O problema da presença da alfa 1,4 - glucan - 4- glucanohidrolase (alfa amilase), *Ciência e Cultura*, 29:684 (1977).
19. EL-DASH, A.A. Standardized mixing and fermentation procedure for experimental baking test, *Cereal Chem.* 55: 436 - (1978).
20. EL-DASH, A.A., TOSELLO, A. and ROA, G. Pregelatinized cará (water yam) flour, *Dioscorea alata*: effect on dough and bread quality, *Cereal Chem.* 55: (1978).
21. FRANCIS, B.J., HALLIDAY, D. and ROBINSON, J.M. Yam as a source of edible protein, *Trop. Sci.* 17: 103 (1975).
22. FINNEY, K. Loaf volume potentialities, buffering capacity and other baking properties of soy flour in blends with spring wheat flour, *Cereal Chem.* 23: 96 (1946).
23. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, Production Yearbook, vol. XXIX, 87 (1975).
24. GARCIA PAULA, R.D. "Alimentos", Casa do Estudante do Brasil, vol. II, R.J. 176 (1952).
25. GRANATO, L. Inhames e Cará, *Boletim da Agricultura*, Vol.XVI, S.P., 593 (1915).
26. HAMED, M.G.E., REFAY, F.Y., HUSSEIN, M.F. and EL-SAMAHY, S.K. Effect of adding sweet potato flour to wheat flour on physical dough properties and baking, *Cereal Chem.* 50:140 (1973).
27. IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), Censo

Agropecuário no Brasil, VIII Recensamento Geral, 3: 240 (1970).

28. KETIKU, A.O. and OYENUGA, V.A. Dehydrated Yam (Dioscorea rotundata, Poir) and cassava (Manihot utilissima, Pohl) as sources of energy to the laboratory rat, J. Biological and Applied Chem. 16: 9 (1973).
29. MARNETT, L.F. and TENNEY, R.J. Calcium stearyl-2-lactylate, a new and versatile baking ingredient, Bakers' Digest 35: 52 (1961).
30. MARNETT, L.F., TENNEY, R.J. and BARRY, V. D. Methods of producing soy-fortified breads, Cereal Sci. Today 18: 38 - (1973).
31. MARTIN, F.W. and RUBERTÉ, R. Flours made from edible yams (Dioscorea spp.) as a substitute for wheat flour, J. Agr. Univ. Porto Rico 59: 255 (1975).
32. MATTHEWS, R.H. SAIARPE, E.J. and CLARK, W.M. The use of some oilseed flours in bread, Cereal Chem. 47: 181 (1970).
33. MATZ, S.A. Bakery technology and engineering, 2nd ed. AVI Publishing Co. Westport, Connecticut, U.S.A. (1972).
34. MOURA CAMPOS, F.A. Virtudes nutritivas do cará. O Hospital 24: 877 (1943).
35. OLATUNJI, O. and AKINRELE, I.A., Comparative rheological properties and bread qualities of wheat flour diluted with tropical tuber and breadfruit flours, Cereal Chem. 55: 1 (1978).

36. PATEL, K.M., JOHNSON, J.A. Horsebean protein as a supplement in breadmaking. I. Isolation of horsebean protein and its aminoacids composition, *Cereal Chem.* 51: 693 - (1974).
37. PATEL, K.M., JOHNSON, J.A. Horsebean protein supplement in breadmaking II. Effect on physical dough properties, baking quality and amino-acid composition, *Cereal Chem.* 52: 791 (1975).
38. PRATT, Jr. D.B. Criteria of flour quality, Chapter 5. In: *Wheat chemistry and technology*, Ed. by Pomeranz, Y.AACC St. Paul Minn. (1971).
39. RASPER, V. and COURSEY, D.G. Properties of starches of some West African yam, *J. Sci. Fd. Agric.* 18:240 (1967).
40. RASPER, V., PERRY,G. and DITSCHAEVER, C.L. Functional properties of non-wheat flour substitutes in composite flours II - Amylolytic susceptibility of non-wheat starches, *J. Inst. Can. Sci. Technol. Aliment.* 7: 166 (1974).
41. ROSENTHAL, F.R.T., PELEGRINO, S.L. and CORRÊA, A.M.N. Studies on the starches of *Dioscorea*, *Die Stärke* 24: 54 (1972)
42. SANDSTEDT, R.M. Photomicrographic studies of wheat starch III- Enzymatic digestion an granule structure, *Cereal Chem.* 32: 17 (1955).
43. SEFA-DEDEH, S. and RASPER, V.F. Water soluble nonstarchy polysaccharides of composite flours. I. Chemical nature of polysaccharides from yam (*Dioscorea*) and cassava flours, *Cereal Chem.* 54: 746 (1977).
44. SILVA, ÁLVARES DA, *Cultura do carã da Costa*, Banco do Nordeste do Brasil, S.A., Fortaleza (1971).

45. SPLITSTOESSER, W.E., MARTIN, F.W. and RHODES, A.M. The amino acids composition of five species of yams (Dioscorea), J. Amer. Soc. Hort. Sci. 98: 563 (1973).
46. SPLITSTOESSER, W.E., MARTIN, F.W. and RHODES, A.M. The nutritional value of some tropical root crops, Hort.Sci. 17: 290 (1973).
47. STAMBERG, O.E. Starch as a factor in dough formation, Cereal Chem. 16: 769 (1939).
48. TSEN, C.C., HOOVER, W.J. and PHILLIPS, D. The use of sodium stearoyl 2 - lactylate and calcium stearoyl 2- lactylate for producing high-protein breads, Bakers'Digest 45: 20 (1971).
49. TSEN, C.C. and TANG, R.T. K-state process for making high-protein breads: I - soy-flour bread, Bakers'Digest 45: 26 (1971).

APÊNDICE A

Questionário distribuído aos provadores do pão francês sem e com 18% de farinha de cará.

Prove, por favor, cada par de amostras independentemente e diga se existe alguma diferença entre elas. Assinale a amostra de melhor sabor e a existência de sabor ou de odores estranho.

Existe diferença?		Preferência	Gosto ou odor <u>es</u> <u>tranho</u>
Sim	Não		

1º par:

2º par:

3º par:

4º par:

Sua preferência foi dada em função de:

Sabor (odor e gosto)

Textura

Ambos

Comentários: