

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DE NOVOS GENÓTIPOS DE TRIGO OBTIDOS
DO CRUZAMENTO DE UM CULTIVAR DE TRIGO COMUM (*T. aestivum* L.)
COM UMA LINHAGEM DE TRIGO DURO (*T. durum* L.)

PARECER

Este exemplar corresponde à redação final da tese defendida por STEFAN KLAUS BUCHER GOTTSCHALD e aprovada pela Comissão Julgadora em 15 de abril de 1996.

Campinas, 15 de abril de 1996

PROF^a. DRA. CELINA RAQUEL O. CAMARGO

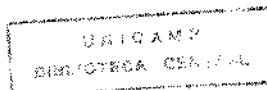
Presidente da Banca

STEFAN KLAUS BUCHER GOTTSCHALD
BIOMÉDICO

DRA. CELINA RAQUEL DE OLIVEIRA CAMARGO
ORIENTADOR

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos para obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

CAMPINAS
1996



15/04/96

| | |
|---------------|--|
| UNIVERSIDADE: | BC |
| INSTITUTO: | UNICAMP |
| GRUPO: | g 716c |
| PROFESSOR: | 27707 |
| PROCESO: | 663/96 |
| OPÇÃO: | <input type="checkbox"/> C <input checked="" type="checkbox"/> D |
| VALOR: | R\$ 11,00 |
| DATA: | 24/05/96 |
| Nº CPD: | |

CM-00088659-7

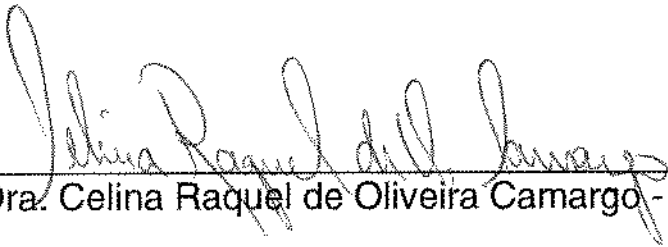
G687c Gottschald, Stefan Klaus Bucher
 Caracterização da qualidade de novos genótipos de trigo obtidos do cruzamento de um cultivar de trigo comum (*T.aestivum L.*) com uma linhagem de trigo duro (*T.durum L.*) / Stefan Klaus Bucher Gottschald -- Campinas, SP : [s.n.], 1996.

Orientador : Celina Raquel de Oliveira Camargo
 Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos.

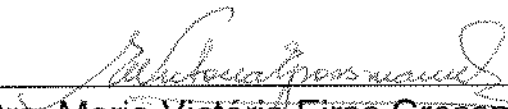
1. Trigo. 2. *linhagens. 3. Qualidade. 4. Glutenina. I. Camargo, Celina Raquel de Oliveira. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. II. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

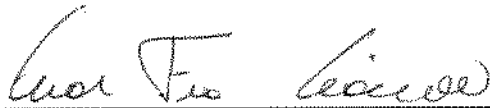
Tese defendida e aprovada, em / / 1996, pela banca
examinadora constituída pelos professores:



Profa. Dra. Celina Raquel de Oliveira Camargo - orientadora



Profa. Dra. Maria Victoria Eiras Grossmann



Prof. Dr. César Francisco Ciacco

Dr. Carlos Eduardo de Oliveira Camargo

Dedico este trabalho à minha família, aos meus amigos e a todos aqueles que, com amor no coração, acreditam que pelo esforço contínuo chegasse ao eterno.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer à **Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP**, ao **CNPq** e à **FAEP**, pelos recursos técnicos e financeiros indispensáveis para a realização desta tese.

Gostaria de agradecer com a mais profunda sinceridade, a ajuda daqueles que tornaram possível a realização deste trabalho: meus pais e irmãos – pelo amor e apoio incondicionais; à professora Dra. Celina Camargo – pela oportunidade, esforço e confiança oferecidos; a todos os funcionários da FEA, em especial os do Laboratório de Cereais (Sra. Elena, Srs. José e Nilo) pela incassável ajuda; e por último, mas não sem menor importância, aos grandes amigos, companheiros e conselheiros feitos nestes últimos anos – Andréia, Atilio, Edson, Fernando, Luís Carlos, Manuel, Normandis, Prof. Ramón, Ricardo e muitos outros que nunca me sairão da lembrança. A todos vocês, meu muito obrigado.

"BUT THE IMAGES OF MEN'S WIT AND KNOWLEDGE REMAIN IN BOOKS, EXEMPTED FROM THE WRONG OF TIME AND CAPABLE OF PERPETUAL RENOVATION. NEITHER OF THEM ARE FITLY TO BE CALLED IMAGES BECAUSE THEY GENERATE STILL, AND CAST THEIR SEEDS IN THE MINDS OF OTHERS, PROVOKING AND CAUSING INFINITE ACTIONS AND OPINIONS IN SUCCEEDING AGES."

FRANCIS BACON

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade dos grãos e das farinhas e o desempenho de panificação de nove linhagens de trigo, designadas de **A** a **I**, as quais foram provenientes de cruzamento interespecífico entre o cultivar BH-1146 (*Triticum aestivum* L.) e a linhagem Anhinga "S" × Winged "S" (*Triticum durum* L.), submetidas à irradiação gama.

As amostras foram caracterizadas através de análises físicas, químicas e físico-químicas, nos grãos e nas farinhas. A qualidade das farinhas foi avaliada através das propriedades reológicas (farinógrafo e extensígrafo) e pela atribuição de pontos às características externas (40), internas (35), aroma (10) e gosto (15) dos pães no teste de panificação. Foram também analisados dois trigos controles, um da espécie *T. aestivum* L. (TA), cultivar BH-1146 e outro da espécie *T. durum* L. (TD), cultivar Yavaros "S". Foi feito o fracionamento das gluteninas das farinhas através de eletroforese em gel de poliacrilamida (10%) em presença de dodecil sulfato de sódio (SDS).

Os resultados foram examinados através da Análise de Componente Principal (ACP). Baseado nos parâmetros farinográficos de *tempo de desenvolvimento*, *estabilidade* e *índice de tolerância à mistura*, as 9 linhagens analisadas, exceto a A, foram classificadas como farinhas de força *média a fraca*. As melhores características de mistura foram apresentadas pela linhagem A (*farinha média-forte*). As linhagens D, H e principalmente a A apresentaram os mais altos valores de *resistência à extensão*, *resistência máxima* e *extensibilidade*, que caracterizaram um perfil de farinha de força *média-forte*, enquanto que as linhagens B e E, com os menores valores extensigráficos e foram classificadas como farinhas *fracas*.

As linhagens A e H e o controle TA apresentaram desempenhos de panificação classificados como *bons*, enquanto que as linhagens B, F e I e o TD apresentaram qualidade *sofrível*. A associação entre parâmetros reológicos e o desempenho no teste de panificação das nove linhagens e do TA revelou que a *estabilidade* apresentou correlação significativa ($P < 0,05$) com as *características externas* e com a *pontuação total* dos pães ($r = 0,652$ e $0,644$, respectivamente). O parâmetro extensigráfico *resistência à extensão* correlacionou-se significativamente com as *características externas* dos pães e com a *pontuação total* dos pães ($P < 0,01$, $r = 0,765$ e $P < 0,05$, $r = 0,720$, respectivamente).

A observação do gel de eletroforese das gluteninas mostrou perfis eletroforéticos similares (7 a 9 subunidades de gluteninas) entre as linhagens e o TA, sendo que o TD apresentou uma diferente distribuição de subunidades de gluteninas. Foi encontrada correlação significativa ($P < 0,05$, $r = 0,644$) entre a proporção das *subunidades do tipo B* e as *características externas* dos pães.

Os resultados da ACP deste estudo permitiram concluir que as farinhas das linhagens analisadas apresentaram comportamento mais próximo ao TA do que ao do TD. As linhagens A e H foram as mais indicadas para a produção de pães por apresentarem as melhores características reológicas (farinográficas e extensigráficas) e desempenhos de panificação, em relação às demais linhagens estudadas.

SUMMARY

The objective of this research was to evaluate the grain and flour qualities and baking performance of nine wheat lines, designated from **A** to **I**, which were derived from interspecific cross-breeding between BH-1146 (*T. aestivum* L. cultivar) and Anhinga "S" × Winged "S" (*T. durum* L. cultivar), submitted to gama irradiation

The samples were characterized by physical, chemical and physico-chemical analyses of the wheat kernels and flours. The flour quality was assessed by the rheological properties (farinograph and extensigraph) and by grading of the external (40), internal (35), flavor (10) and taste (15) of the breads in the baking test. Two control wheats were also analyzed, one of the *T. aestivum* L. (TA) species, cultivar BH-1146 and the other of the *T. durum* L. (TD) species, cultivar Yavaros "S". The glutenin protein fractions was fractionated by polyacrilamide (10%) gel electrophoresis in sodium dodecil sulphate (SDS).

The results were examined by principal component analysis (PCA). Based on the farinograph parameters *development time*, *stability* and *mixing tolerance index*, the nine lines, except the A, were classified as *medium* to *weak* strength flours. The best mixture characteristics were obtained by line A (*medium-high* strength flour). The lines D, H and especially A, presented the best *resistance to extension*, *maximum resistance* and *extensibility* characterizing *medium-high* strength flours, while the lines B and E, with the lowest extensigraphic values, were classified as *weak* strength flours.

The lines A and H and TA presented the best baking performance classified as *good*, while the lines B, F and I and TD presented *mediocre* quality. The rheological parameters and the baking performance of the nine lines and the TA presented significant correlation ($P < 0.05$) between the *stability* and the *external characteristics* and the *baking test final score* ($r = 0.652$ and 0.644 , respectively). The resistance to extension correlated significantly with the *external characteristics* and the *baking test final score* ($P < 0.05$, $r = 0.765$ and $P < 0.05$, $r = 0.720$, respectively).

Gel electrophoresis revealed a similar pattern (7 to 9 glutenin subunits) for the nine lines and TA, while TD presented a different glutenin subunit distribution. Significant correlation ($P < 0.05$, $r = 0.644$) was found between the *B subunit proportion* and the *external characteristics* of the breads.

The PCA results of this study allowed for the conclusion that the analyzed flours presented a behavior more similar to TA than to TD. The lines A and H were the most indicated for bread production due to their superior rheological properties (farinographic and extensigraphic) and baking performance.

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| Resumo..... | v |
| Summary..... | vi |
| Lista de Tabelas..... | x |
| Lista de Figuras..... | xi |
| 1. Introdução..... | 1 |
| 2. Revisão Bibliográfica..... | 3 |
| 2.1. Critérios de Qualidade de Trigo..... | 3 |
| 2.1.1. Peso Hectolitro..... | 3 |
| 2.1.2. Dureza..... | 4 |
| 2.1.3. Vitreosidade..... | 5 |
| 2.2. Características Químicas de Qualidade dos Grãos e Farinhas..... | 6 |
| 2.2.1. Proteínas..... | 6 |
| 2.2.2. Cinzas..... | 7 |
| 2.2.3. Lipídios..... | 8 |
| 2.3. Características Físico-Químicas de Qualidade das Farinhas..... | 8 |
| 2.3.1. Teste de Sedimentação..... | 9 |
| 2.3.2. Determinação de Glúten..... | 10 |
| 2.3.3. Determinação da Atividade de Alfa-Amilase..... | 11 |
| 2.4. Características Reológicas das Massas..... | 11 |
| 2.4.1. Farinógrafo Brabender..... | 12 |
| 2.4.2. Extensógrafo Brabender..... | 12 |
| 2.5. Teste de Panificação..... | 13 |
| 2.6. Proteínas do Trigo..... | 13 |
| 2.6.1. Métodos de Análise e Separação das Proteínas do Trigo..... | 14 |
| 2.6.2. Associação das Gliadinas e Gluteninas com a Qualidade de Panificação..... | 15 |
| 2.6.2.1. Gliadinas..... | 15 |
| 2.6.2.2. Gluteninas..... | 16 |
| 2.6.2.3. Gluteninas de Baixo Peso Molecular..... | 18 |
| 2.6.2.4. Gluteninas de Alto Peso Molecular..... | 19 |
| 3. Material e Métodos..... | 21 |
| 3.1. Material..... | 21 |
| 3.1.1. Matéria-Prima..... | 21 |
| 3.1.2. Reagentes..... | 21 |
| 3.1.3. Aparelhos e Equipamentos..... | 22 |
| 3.2. Métodos Experimentais..... | 22 |
| 3.2.1. Análises Físicas nos Grãos das Amostras..... | 22 |
| 3.2.1.1. Peso Hectolitro..... | 22 |
| 3.2.1.2. Dureza..... | 22 |
| 3.2.1.3. Vitreosidade..... | 23 |

| | |
|--|----|
| 3.2.2. Composição Químicas dos Grãos e das Farinhas das Amostras | 23 |
| 3.2.2.1. Proteínas | 23 |
| 3.2.2.2. Cinzas..... | 23 |
| 3.2.2.3. Lipídios | 23 |
| 3.2.2.4. Umidade | 23 |
| 3.2.3. Moagem dos Trigos..... | 23 |
| 3.2.4. Análises Físico-Químicas das Farinhas..... | 24 |
| 3.2.4.1. Teste de Sedimentação..... | 24 |
| 3.2.4.2. Teor de Glúten Úmido e Seco | 24 |
| 3.2.4.3. Índice de Queda | 24 |
| 3.2.5. Análises Reológicas da Massa | 24 |
| 3.2.5.1. Características Farinográficas | 24 |
| 3.2.5.2. Características Extensigráficas..... | 25 |
| 3.2.6. Teste de Panificação..... | 25 |
| 3.2.7. Eletroforese das Gluteninas | 26 |
| 3.3. Análise Estatística dos Dados | 27 |
| 4. Resultados e Discussão | 29 |
| 4.1. Análises Físicas dos Grãos | 29 |
| 4.1.1. Peso Hectolitro | 29 |
| 4.1.2. Dureza..... | 29 |
| 4.1.3. Vitreosidade | 29 |
| 4.1.4. Avaliação Estatística das Análises Físicas dos Grãos | 31 |
| 4.2. Análises Químicas dos Grãos e das Farinhas..... | 34 |
| 4.2.1. Proteínas | 34 |
| 4.2.2. Cinzas | 34 |
| 4.2.3. Lipídios..... | 36 |
| 4.2.4. Avaliação Estatística das Análises Químicas dos Grãos e das Farinhas das Amostras de Trigo..... | 36 |
| 4.3. Análises Físico-Químicas | 40 |
| 4.3.1. Teste de Sedimentação | 40 |
| 4.3.2. Teor de Glúten | 40 |
| 4.3.3. Índice de Queda - "Falling-Number"..... | 42 |
| 4.3.4. Avaliação Estatística das Análises Físico-Químicas das Amostras | 42 |
| 4.4. Análises Reológicas..... | 45 |
| 4.4.1. Farinogramas | 45 |
| 4.4.2. Extensigramas..... | 51 |
| 4.4.3. Avaliação Estatística das Análises Reológicas das Farinhas..... | 53 |
| 4.5. Teste de Panificação..... | 56 |
| 4.5.1. Avaliação das Características Externas dos Pães | 56 |
| 4.5.1.1. Avaliação Estatística das Características Externas dos Pães..... | 60 |

| | |
|--|----|
| 4.5.2. Avaliação das Características Internas dos Pães..... | 63 |
| 4.5.2.1. Avaliação Estatística das Características Internas dos Pães | 65 |
| 4.5.3. Avaliação do Aroma e Gosto..... | 68 |
| 4.5.4. Contagem Total dos Atributos dos Pães no Teste de Panificação | 70 |
| 4.5.4.1. Avaliação Estatística dos Atributos dos Pães no Teste de Panificação | 72 |
| 4.6. Eletroforese das Gluteninas..... | 75 |
| 4.6.1. Avaliação Estatística dos Resultados da Eletroforese das Amostras..... | 78 |
| 5. Conclusões | 81 |
| 6. Referências Bibliográficas | 83 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| TABELA I: Análises Físicas nos Grãos..... | 30 |
| TABELA II: Análise dos Componentes Principais das Análises Físicas dos Grãos das Amostras de Trigo.. | 32 |
| TABELA III: Composição Química dos Grãos e das Farinhas das Amostras de Trigo | 35 |
| TABELA IV: Análise dos Componentes Principais das Análises Químicas dos Grãos e das Farinhas das Amostras de Trigo | 37 |
| TABELA V: Análises Físico-Químicas das Farinhas | 41 |
| TABELA VI: Análise dos Componentes Principais das Análises Físico-Químicas das Farinhas..... | 43 |
| TABELA VII: Resultados Farinográficos das Farinhas | 46 |
| TABELA VIII: Resultados Extensigráficos das Farinhas | 52 |
| TABELA IX: Análise dos Componentes Principais das Análises Reológicas das Amostras..... | 54 |
| TABELA X: Características Externas dos Pães das Amostras | 57 |
| TABELA XI: Análise dos Componentes Principais das Características Externas dos Pães..... | 61 |
| TABELA XII: Características Internas dos Pães das Amostras..... | 64 |
| TABELA XIII: Análise dos Componentes Principais das Características Internas dos Pães | 66 |
| TABELA XIV: Aroma e Gosto dos Pães das Amostras de Trigo..... | 69 |
| TABELA XV: Pontuação dos Atributos dos Pães no Teste de Panificação..... | 71 |
| TABELA XVI: Análise dos Componentes Principais dos Atributos dos Pães no Teste de Panificação | 73 |
| TABELA XVII: Pesos Moleculares e Concentrações Relativas das Subunidades de Glutenina das Amostras | 77 |
| TABELA XVIII: Análise dos Componentes Principais das Análises Eletroforéticas das Farinhas das Amostras | 79 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Representação gráfica dos dois primeiros componentes principais (CP1 × CP2) das análises físicas dos grãos..... | 33 |
| Figura 2. Representação gráfica dos dois primeiros componentes principais (CP1 × CP2) das análises químicas dos grãos das amostras de trigo..... | 38 |
| Figura 3. Representação gráfica dos dois primeiros componentes principais (CP1 × CP2) das análises químicas das farinhas das amostras de trigo..... | 39 |
| Figura 4. Representação gráfica dos dois primeiros componentes principais (CP1 × CP2) das análises físico-químicas das amostras..... | 44 |
| Figura 9. Representação gráfica dos dois primeiros componentes principais (CP1 × CP2) das análises reológicas das farinhas..... | 55 |
| Figura 10. Aspecto visual externo e interno dos pães do controle de <i>Triticum aestivum</i> L. e das linhagens A, B, C e D..... | 58 |
| Figura 11. Aspecto visual externo e interno dos pães das linhagens E, F, G, H e I..... | 59 |
| Figura 12. Representação gráfica dos dois primeiros componentes principais (CP1 × CP2) das características externas dos pães das amostras..... | 62 |
| Figura 13. Representação gráfica dos dois primeiros componentes principais (CP1 × CP2) das características internas dos pães das amostras..... | 67 |
| Figura 14. Representação gráfica dos dois primeiros componentes principais (CP1 × CP2) dos atributos dos pães das amostras no teste de panificação..... | 74 |
| Figura 15. Gel de eletroforese das gluteninas das amostras..... | 76 |
| Figura 16. Representação gráfica dos dois primeiros componentes principais (CP1 × CP2) das análises eletroforéticas das gluteninas das amostras..... | 80 |

1. INTRODUÇÃO

O trigo e seus derivados são fontes de nutrientes de grande importância na alimentação humana. Embora sejam vistos principalmente como fontes de carboidratos, os produtos de trigo são também uma importante fonte de proteínas, vitaminas e sais minerais, quando consumidos como elementos principais da dieta (BETSCHART, 1988).

No Brasil, o consumo de trigo é difundido, tendo alcançado a ordem de 8 milhões de toneladas no ano de 1994. A produção brasileira, neste mesmo ano, foi em torno de 2,1 milhões de toneladas, havendo portanto um grande déficit suprido com importações (IEA, IBGE, CONAB, 1988/1993, citado por ZIRLIS et alii, 1994). A busca da auto suficiência faz parte da estratégia governamental tendo o Brasil chegado muito próximo disso em 1987, quando a produção nacional atingiu a ordem de 6 milhões de toneladas, cerca de 90% das suas necessidades de consumo.

O trigo cultivado no Brasil pertence à espécie *Triticum aestivum* L. Ele apresenta no cromossomo 1 do genoma D, genes importantes relacionados com as características das farinhas de trigo destinadas à indústria de panificação (WELSH & HEHN, 1964; FERNANDES, 1982) e no cromossomo 4 do genoma D um gene dominante que condiciona a tolerância à toxicidade do alumínio (LAGOS et alii, 1991). O trigo duro, cultivado no Brasil a partir de 1995, pertence à espécie *Triticum durum* L., e por não possuir o genoma D apresenta elevada sensibilidade à toxicidade de Al^{3+} (CAMARGO et alii, 1992) e não possui qualidades tecnológicas adequadas para a panificação, sendo preferido para a fabricação de macarrão (CYMMYT, 1988).

Quando se adiciona água à farinha de trigo e mistura-se até obter uma "massa", ocorre a formação do glúten. As características do glúten dependem fundamentalmente das suas proteínas formadoras, a gliadina e a glutenina, já que a albumina e a globulina presentes na farinha parecem ter pouca (SCHOFIELD & BOOTH, 1983) ou nenhuma (MacRITCHIE, 1984) influência sobre a qualidade de panificação. Um glúten de boa qualidade permite expansão suficiente e boa distribuição das células de gás dentro da massa, resultando em um pão volumoso e de boa textura. As proteínas do glúten diferem em sua contribuição a estas propriedades; as gliadinas contribuem basicamente à extensibilidade da massa, enquanto que as gluteninas conferem força e elasticidade à massa (MacRITCHIE, 1984).

As principais características do glúten que afetam a qualidade de panificação são a quantidade, a proporção dos grupos das proteínas e o tipo de proteínas presentes no glúten. Farinhas com quantidades iguais de proteínas podem diferir em qualidade em função de diferenças nas proporções e nas características das frações da proteína do glúten (ORTH & BUSHUK, 1972; FINNEY et alii, 1982; MacRITCHIE, 1987; JANSSEN et alii, 1992).

Algumas tentativas têm sido realizadas para correlacionar as propriedades reológicas e de panificação com proteínas específicas do glúten. Esta relação é de grande importância para a predição da qualidade do trigo em gerações iniciais de programas de seleção (MacRITCHIE et alii, 1990).

Na busca por polipeptídios do glúten que se relacionem com fatores de qualidade da massa, a fração mais indicada foi a glutenina, por estar associada à força e estabilidade da massa (MacRITCHIE, 1973; HUEBNER & WALL, 1976). Como se sabe, as gluteninas são compostas de dois tipos de polipeptídios individuais (subunidades de alto peso molecular e de baixo peso molecular), ligadas entre si por pontes dissulfídicas formando moléculas muito grandes. A maior incidência de subunidades de glutenina de alto peso molecular têm sido amplamente associado ao aumento no volume de pães (MacRITCHIE et alii, 1990).

O Instituto Agronômico de Campinas realizou cruzamento entre os cultivares de espécies *T. aestivum* L. e *T. durum* L., visando aumentar a variabilidade genética e por conseguinte selecionar linhagens de alto potencial produtivo, porte semi-anão e com qualidades tecnológicas adequadas para a fabricação de pães, massas e biscoitos (SÃO PAULO, 1990-92). O presente trabalho teve por objetivo avaliar nove linhagens de trigo obtidas por seleções realizadas na população híbrida, proveniente do cruzamento de trigo comum e trigo durum, quanto às análises físicas, químicas, físico-químicas dos seus grãos e das suas farinhas, a determinação das características reológicas das massas e da qualidade de panificação. Com o intuito de estabelecer correlações com parâmetros de qualidade observados nos grãos e nas farinhas, foi determinada a distribuição de peso molecular das subunidades da fração protéica glutenina das farinhas, através de eletroforese em gel de poliacrilamida na presença de dodecil sulfato de sódio (SDS-PAGE).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. CRITÉRIOS DE QUALIDADE DE TRIGO

Os testes de qualidade de grão são importantes para os produtores e consumidores de trigo uma vez que determinam o grau de enchimento dos grãos, a presença de defeitos e impurezas, a umidade e as condições gerais do grão. Alguns destes parâmetros, como o peso hectolitro e vitreosidade, funcionam como medida de qualidade para a comercialização do grão (POMERANZ, 1987). No Brasil, o trigo pode ser classificado em três tipos, expressos por números de 01 (um) a 03 (três), e definidos em função do limite mínimo de peso hectolitro e dos limites máximos dos percentuais de grãos danificados, de umidade, de matérias estranhas e impurezas (BRASIL, 1994).

O peso hectolitro, que representa o peso específico de um dado de volume de grãos, é usado tradicionalmente como medida de comercialização em vários países, e expressa indiretamente atributos de qualidade dos grãos, em especial dos relacionados com a moagem. A medida de dureza do grão é uma característica comumente usada no comércio e classificação do trigo, tendo importância em relação aos seus efeitos nas propriedades de moagem e na diferenciação entre trigos mole e duro em programas de melhoramento. A vitreosidade está associada à dureza do grão e à produção de semolina (POMERANZ, 1987).

2.1.1. PESO HECTOLITRO

O peso hectolitro é um dos critérios mais simples e amplamente utilizados de avaliação de qualidade de trigo sendo um importante parâmetro em todos os sistemas de classificação, fundamentalmente por ser um índice aproximado de rendimento de farinha. Segundo GEDDES (1934, citado por DICK & MATSUO, 1988), "quanto maior o teste de peso maior é o percentual de endosperma e, em geral, maior o rendimento de semolina" em trigos duro (*T. durum* L.). Trigos imaturos ou murchos, em decorrência de seca ou doença normalmente apresentam pesos hectolitros baixos (38 kg/hL ou menores) e correspondentes baixos valores em rendimento de farinha (HALVERSON & ZELENY, 1988). Grãos completamente maduros, cheios, não danificados por doença ou pelas condições ambientais apresentam elevados valores no teste de peso. Segundo ZELENY (1971), valores de peso hectolitro acima de aproximadamente 73,4 kg/hL têm pouca influência sobre o rendimento de farinha. O peso hectolitro médio de trigos norte-americanos está em torno de 77,2, chegando freqüentemente a 82,4 kg/hL (HALVERSON & ZELENY, 1988). Segundo WILLIAMS et alii (1988a), um trigo pode ser considerado "extra-pesado" quando apresenta valores de peso hectolitro superiores a 84 kg/hL, "médio" para valores entre 72 e 75 kg/hL e "muito leve" para valores entre 64 e 67 kg/hL.

NAGAO et alii (1977) analisaram três variedades de trigo vermelho mole de inverno (*T. aestivum* L.) e obtiveram um peso hectolitro médio de 77,5 kg/hL. RASPER et alii (1986) obtiveram um valor médio de 76,6 kg/hL, analisando 49 amostras de trigo branco mole. Os valores de peso hectolitro médios de trigos duro (*T. durum* L.) foram, em geral, mais altos que os apresentados pelos trigos para pão (*T. aestivum* L.). MATSUO et alii (1982) analisando 30 cultivares de trigos duro (*T. durum* L.) obtiveram peso hectolitro médio de 83,2 kg/hL.

O maior valor de peso hectolitro de um trigo em relação a outro, não significa que apresente melhor qualidade, exceto quando se comparam valores de peso hectolitro bem diferenciados da mesma variedade, como por exemplo, 68 e 80 kg/hL (SHELLENBERGER, 1980).

Foi encontrada por DEXTER et alii (1987) uma correlação significativa entre rendimento de semolina e teste de peso, para grãos de trigos duro (*T. durum* L.) que apresentavam bom aspecto visual (não danificados por doenças ou condições ambientais) e grandes variações entre os valores de teste de peso. As amostras com baixo teste de peso apresentavam grãos pequenos, desta forma, o rendimento de semolina foi afetado tanto pelo tamanho do grão como pelo teste de peso.

Diferenças na composição química dos grãos provocam diferentes proporções entre os componentes proteína, amido e água. Estes compostos causam alterações no peso específico dos grãos e, conseqüentemente, nos valores de peso hectolitro das amostras de trigo. O percentual de grãos vitreos também influencia o peso hectolitro, já que esses grãos têm maiores valores de peso específico em relação aos grãos amiláceos (CHANG, 1986).

2.1.2. DUREZA

A dureza dos grãos pode ser definida como a dificuldade de desintegração do grão quando sobre eles é exercida uma pressão (SIMMONDS, 1974). A designação de tipo de trigo "duro" ou "mole" é um termo descritivo do grau relativo de dureza física apresentado pelo grão. O grão do trigo duro (*T. durum* L.) apresenta normalmente dureza ainda maior que a do trigo "duro" comum (*T. aestivum* L.) (HOSENEY & SEIB, 1973). O trigo mole comum (*T. aestivum* L.), em razão de sua característica mais macia, é mais fácil de moer à granulometria de farinha (partículas menores que 150 µm), do que o trigo "duro" comum (*T. aestivum* L.) (HOSENEY et alii, 1988). A dureza dos grãos de trigo é uma característica estrutural e bioquímica controlada geneticamente ou por fatores ambientais, como o solo (níveis de nitrogênio e fósforo), a capacidade de retenção de água, a época de cultivo entre outros (HOSENEY et alii, 1988).

A dureza dos grãos é freqüentemente associada à sua vitreosidade. A vitreosidade é uma característica que o trigo pode adquirir quando submetido a condições de alta quantidade de nitrogênio e de alta temperatura durante a fase de maturação dos grãos e independe de o trigo ser mole ou duro. A principal diferença entre grãos de trigos duro e vitreos consiste no grau de interação entre seus componentes químicos (POMERANZ & WILLIAMS, 1990).

A dureza é um dos parâmetros que mais afeta o tempo de condicionamento do grão antes da moagem, podendo variar de 6 a mais de 24 horas (STENVERT & KINGWOOD, 1977). A dureza influencia também o padrão de quebra do endosperma, a facilidade de separação entre o endosperma e o farelo, o tamanho das partículas da farinha, a liberação da farinha de quebra e o consumo energético para a moagem (STENVERT, 1972; BLAKENEY et alii, 1979; KILBORN et alii, 1982).

Os moageiros sabem que trigos mais duros normalmente produzem maiores quantidades de farinha de cor apropriada. A moagem de trigos duros produz um maior percentual de amido danificado, o que resulta em

uma maior absorção de água pela massa e, conseqüentemente, maior rendimento de pão (OBUCHOWSKI & BUSHUK, 1980a).

OBUCHOWSKI & BUSHUK (1980a, b) concluíram que comparações inter-laboratoriais de dureza de grãos são difíceis em razão dos poucos trabalhos disponíveis terem utilizado métodos diferentes. Nos teste de dureza utilizando o equipamento Brabender, a variação de torque dos trigos duro (*T. durum* L.) apresentou-se na faixa de 916–879 U.B., enquanto que a dos trigos vermelho duro comuns (*T. aestivum* L.) esteve entre 876–685 U.B. e a dos trigos branco mole (*T. aestivum* L.) entre 812–670 U.B. De acordo com estes autores, a relação entre dureza e vitreosidade e/ou conteúdo protéico não foi significativa. O mesmo foi também reportado por MILLER et alii (1982).

Características extremamente duras do trigo são normalmente refletidas em um aumento da energia requerida na moagem e em uma redução nos rendimentos de farinha de qualidade aceitável (cinzas e cor). No entanto, grãos excessivamente moles interferem na eficiência da peneiragem aumentando a área necessária e influenciando também nas quantidades de semolina, farinha e amido danificado produzidos durante a moagem (POMERANZ, 1987).

2.1.3. VITREOSIDADE

Endospermas moles têm aparência não vítrea e semelhante a giz, resultado da dispersão da luz nas interfaces ar-amido e ar-proteína na matriz descontínua. A ausência de espaços de ar no endosperma de trigo duros proporciona um tecido contínuo de aparência vítrea. Não é incomum que em um mesmo grão se encontrem regiões vítreas e farináceas (EVERS & BECHTEL, 1988). Grãos vítreos apresentam um peso específico maior (1,422 g/ml) do que os grãos farináceos (1,405 g/ml) (BAILEY, 1916 citado por EVERS & BECHTEL, 1988). CHANG (1986) reportou pesos específicos de 1,473 e 1,471 g/ml para os duro e mole, respectivamente.

A vitreosidade é de grande importância nos trigos duro (*T. durum* L.), por estar associada com a dureza e o rendimento de semolina. No entanto, a vitreosidade parece ser mais o resultado de condições ambientais do que da dureza do grão. A vitreosidade não parece estar correlacionada diretamente com qualquer fator objetivo de qualidade, exceto o rendimento de semolina (HALVERSON & ZELENY, 1988).

Segundo DICK & MATSUO (1988), para a produção de semolina é desejável o uso de grãos vítreos em relação aos de aparência branca, amilácea, ou opacos, uma vez que a moagem de grãos vítreos produz material de granulometria maior e mais homogênea.

NAGAO et alii (1977) analisando 3 variedades de trigo vermelho mole de inverno obtiveram uma vitreosidade média de 22%. Os percentuais de grãos vítreos obtidos nas análises de FERNANDES et alii (1978) foram de 57,3 e 67,7, em dois cultivares de trigos vermelho duro de primavera (*T. aestivum* L.) e 87,5 para os trigos duro (*T. durum* L.). DICK et alii (1974) analisaram 7 variedades de trigos duro (*T. durum* L.) encontrando valores de vitreosidade superiores, entre 90 e 93%.

2.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE QUALIDADE DOS GRÃOS E FARINHAS

A composição química dos grãos e das farinhas é um importante critério de qualidade analisado em moinhos e laboratórios. Os testes determinam umidade, cinzas, proteína, lipídios, atividade diastática entre outros, sendo os teores de umidade, cinzas e proteínas os mais comumente analisados. O teor de umidade é um importante parâmetro no julgamento da qualidade do trigo, não chegando a ser um determinante de grau de trigo, mas com importância econômica direta por estar inversamente relacionado com a quantidade de matéria seca no trigo.

2.2.1. PROTEÍNAS

O conteúdo protéico desempenha um importante papel como fator de qualidade do trigo. Este encontra-se na faixa de 6 a 20%, dependendo da variedade, classe e condições ambientais durante o crescimento (HALVERSON & ZELENY, 1988). Foi indicado o valor de 12,8% (base seca) de proteína na farinha de trigo, como o conteúdo mínimo usualmente requerido para a produção de pães fermentados. Para produzir tais farinhas, o trigo deve conter cerca de 14% de proteína, uma vez que 1 a 1,5% da proteína do trigo é retirada no farelo e no germe durante a moagem. O conteúdo de proteínas e cinzas no grão de trigo é conhecido por aumentar de dentro para fora do grão (MORRIS et alii, 1945; HINTON, 1959), e desta forma, seus conteúdos nas farinhas tendem a aumentar à medida que se aumenta o grau de extração na moagem. Farinhas de trigo com baixo conteúdo protéico são recomendadas para produtos de panificação não fermentados (HALVERSON & ZELENY, 1988). Farinhas de trigos mole de *T. aestivum* L. com baixos conteúdos de proteína (8,1 a 10,5%) são adequadas para a manufatura de bolos e biscoitos (HOSENEY et alii, 1988). Por sua vez, farinhas de trigos duros da espécie *T. aestivum* L., com conteúdo protéico na faixa de (12,8 a 15,0%), são fundamentalmente utilizadas para a panificação. As pastas alimentícias são preferivelmente feitas de trigos duros (*T. durum* L.) com 15,0% ou mais de proteína (HALVERSON & ZELENY, 1988). O conteúdo protéico de trigos duros (*T. durum* L.) comerciais está na faixa de 9 a 18% e é maior do que o de trigo comum (*T. aestivum* L.) (FEILLET, 1984).

FINNEY (1985) reportou sobre a influência da quantidade de certas frações de proteínas do trigo ou da farinha na performance de testes experimentais de panificação. Trigos com requerimento de mistura muito curtos quase que invariavelmente apresentavam um baixo (pobre) potencial de volume de pão. Da mesma forma, trigos com requerimentos de mistura de médios a médios-longos, também quase que invariavelmente tiveram potenciais de panificação de bons a muito bons (relativamente alto).

WEBB et alii (1971) demonstraram que a qualidade dos glútenos derivados de farinhas "fortes" e "fracas" era semelhante, mas o fato destes estarem presentes em quantidades diferentes afetava o volume final dos pães, bastando um acréscimo de glúten de boa qualidade para melhorar a qualidade dos pães. Concluíram também que a quantidade do glúten parece estar relacionada diretamente com o volume do pão ao passo que a importância da qualidade do glúten estaria relacionada com as propriedades da crosta (textura, cor, maciez).

O percentual de proteínas encontrado por NAGAO et alii (1977) em 3 variedades de trigo vermelho mole de inverno foi de 12,44% no grão e 10,0% (base seca) na farinha. FERNANDES et alii (1978) analisaram dois cultivares de trigo vermelho duro de primavera (*T. aestivum* L.) e um de trigo duro (*T. durum* L.) e os

percentuais protéicos médios, no grão, foram iguais a 14,8, 17,8 e 18,9, respectivamente. GAINES et alii (1985) analisaram 83 variedades de trigos vermelho e branco mole de inverno (*T. aestivum* L.) e encontraram teores de proteína na faixa de 9,3 a 13,9% (média de 12,33%) (base seca) nos grãos e 8,1 a 13,3% (média de 10,8%) na farinha. Trabalhando com trigos branco mole de inverno, WILLIAMS et alii (1988b) encontraram um teor médio de proteína de 13,0% nas 35 amostras analisadas, ao passo que, RASPER et alii (1986) citaram 11,4% como média do teor protéico em 49 amostras do mesmo tipo de trigo.

Os trigos duro (*T. durum* L.) apresentam, em média, teores protéicos superiores em comparação aos outros tipos de trigo (TOEPFER et alii, 1972; HUEBNER & WALL, 1976; DICK, 1981; POMERANZ et alii, 1988; LINDAHL & ELIASSON, 1992). MATSUO et alii (1982) trabalharam com 30 cultivares de trigo duro (*T. durum* L.) e os conteúdos protéicos dos grãos e da semolina foram, em média, de 17,07 e 13,84%, respectivamente. D'EGIDIO et alii (1990), encontraram em 10 cultivares de trigo duro (*T. durum* L.), teores de proteína (em base seca) variando na faixa de 11,1 a 18,4 (média de 13,1%) nos grãos, e entre 9,3 e 16,3 (média de 11,8%) na semolina.

2.2.2. CINZAS

O conteúdo mineral (cinzas) da farinha de trigo é considerado uma importante medida de qualidade. O conteúdo mineral da farinha por si só não está relacionado com a qualidade final do produto, mas dá algumas indicações sobre a habilidade do moageiro e o grau de refinamento do processo de moagem (KRUGER & REED, 1988). A nível industrial, o conteúdo de cinzas é utilizado para o cálculo da curva de cinzas, que mede a eficiência do processo de moagem (BÄR, 1989).

Os minerais do grão de trigo estão mais concentrados no farelo e nas áreas adjacentes à camada do farelo. Farinhas com altos teores de cinzas têm normalmente coloração mais escura, podendo-se presumir que contenham maiores quantidades de partículas finas de farelo ou da porção do endosperma adjacente ao farelo (KRUGER & REED, 1988). No entanto, certos trigos possuem naturalmente um maior conteúdo de cinzas no endosperma em razão das condições de solo, de crescimento e fatores genéticos. Tais trigos são muitas vezes desprezados porque não produzem farinhas com conteúdo de cinzas dentro das especificações determinadas pelos usuários.

O conteúdo de cinzas do trigo tem relação inversa com o rendimento em farinha. Grãos pequenos ou murchos têm, em base percentual, mais farelo e portanto mais cinzas e fibras do que grãos grandes e cheios e, conseqüentemente, rendem menos farinha. O trigo contém normalmente de 1,6 a 2,3% de cinzas (base seca) (HALVERSON & ZELNY, 1988). TOEPFER et alii (1972), analisando grãos de trigos vermelho duro e mole (*T. aestivum* L.) e duro (*T. durum* L.) encontraram percentuais médios de cinzas (em base seca) de 1,87, 1,73 e 2,03, respectivamente.

A distribuição da matéria mineral varia com a classe de trigo (DICK & MATSUO, 1988). Farinhas obtidas de trigos vermelho de primavera (*T. aestivum* L.), com extração de 75%, apresentaram conteúdos de cinzas de 0,45–0,50%, enquanto que, farinhas moídas de trigos duro (*T. durum* L.), com o mesmo grau de extração, apresentaram um conteúdo de cinzas de 0,75% (DICK & MATSUO, 1988).

NAGAO et alii (1977) encontraram teores de cinzas médio de 1,91%, nos grãos e de 0,47% nas em farinhas de 3 trigos vermelho mole de inverno (*T. aestivum* L.). GAINES (1985) encontrou teores de cinzas médios, na faixa de 0,40 a 0,48% nas farinhas de 83 amostras de trigos vermelho e branco mole de inverno (*T. aestivum* L.). Trigos duro (*T. durum* L.) apresentam um teor de cinzas, em média, um pouco superior aos trigos comuns (*T. aestivum* L.). MATSUO et alii (1982) encontrou média de 1,70 e 0,75% para os grãos e semolinas, respectivamente, em 30 cultivares de trigos duro (*T. durum* L.).

Tendo em vista que o conteúdo de cinzas no glúten de trigos duro (*T. durum* L.) é cerca de três vezes maior que o do trigo comum (*T. aestivum* L.) e que a semolina de trigo duro (*T. durum* L.) produz pastas de superior qualidade de cozimento, DICK & MATSUO (1988) acreditam que os constituintes minerais podem estar relacionados com a qualidade de cozimento das pastas.

2.2.3. LIPÍDIOS

No trigo comum (*T. aestivum* L.) os lipídios representam 2 a 4% do grão inteiro, 1 a 2% do endosperma do trigo, 8 a 15% do germe e cerca de 6% do farelo (MORRISON, 1976; 1978a, b). TOEPFER et alii (1972) reportaram diferentes conteúdos lipídicos nos grãos e nas farinhas de trigos, sendo que os trigos vermelho duro (*T. aestivum* L.) apresentaram 2,86 e 1,41% (em base seca, nos grãos e nas farinhas, respectivamente), os trigos mole (*T. aestivum* L.) apresentaram 2,88 e 1,36% e os trigos duro (*T. durum* L.), 3,58 e 1,90% no grão e na semolina, respectivamente.

FINNEY (1943) e FINNEY & BARMORE (1948) demonstraram que, apesar do conteúdo de proteína da farinha ser um dos principais responsáveis pela variação do volume do pão, os lipídios também influenciam esse parâmetro. Estes pesquisadores verificaram que o volume do pão diminuiu à medida que as proteínas e os lipídios foram reduzidos de seus valores.

De acordo com ACKER et alii (1968), o conteúdo e a composição dos lipídios de trigo demonstraram grandes diferenças varietais e ambientais. No entanto, POMERANZ (1988), afirma que muitos cientistas tentaram correlacionar o conteúdo ou a composição lipídica com diferenças genéticas na qualidade de panificação de trigos, mas nenhuma correlação significativa foi encontrada.

2.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE QUALIDADE DAS FARINHAS

A necessidade de controlar a qualidade do trigo utilizando análises simples, objetivas e que consumam pequena quantidade de farinha, levou pesquisadores a proporem várias metodologias. O teste de sedimentação foi desenvolvido para estimar a qualidade da farinha de trigo. O volume do sedimento, formado principalmente de glúten inchado e amido ocluso, é influenciado tanto pela quantidade como pela qualidade do glúten. O conteúdo de glúten, importante fator de determinação do volume do pão, pode ser analisado por um método rápido e objetivo de separação por lavagem, quantificação e manuseio (elasticidade).

Uma outra importante análise de qualidade da farinha, é a determinação da ocorrência de início da germinação no trigo através da atividade da enzima alfa-amilase, uma vez que a concentração desta afeta a performance de panificação. O método conhecido como "falling-number" é um teste prático, simples e rápido de

determinação do grau de atividade enzimática do trigo, particularmente importante naqueles que foram submetidos a condições úmidas durante ou pouco antes da colheita.

Vários testes de pequena escala têm sido utilizados para predizer a qualidade de panificação da farinha, mas todos têm apresentado certos inconvenientes em programas de seleção de materiais em gerações iniciais, que requerem uma pequena quantidade de amostra, boa correlação com volume de pão, independência das condições de crescimento, em particular das variações de conteúdo protéico e atividade de alfa-amilase e procedimentos simples e de alta reprodutibilidade (BLACKMAN & GILL, 1980).

2.3.1. TESTE DE SEDIMENTAÇÃO

O teste de sedimentação de Zeleny mostrou-se popular no passado, porém, sofreu várias modificações para atingir os requisitos dos programas de melhoramento, uma vez que não é independente do conteúdo protéico (WISE et alii, 1965; KITTERMAN & BARMORE, 1969). BLACKMAN & GILL (1980) compararam vários testes, inclusive o de sedimentação com dodecil sulfato de sódio (SDS), com o volume e o escore de pão através do teste de panificação. Eles concluíram que o teste de sedimentação com SDS, em função da pouca quantidade de amostra utilizada e alta reprodutibilidade, seria provavelmente o teste mais útil para uso em programas de melhoramento (BLACKMAN & GILL, 1980). AXFORD et alii (1978), comparando vários métodos, inclusive o teste de Zeleny, concluíram que o teste de sedimentação com SDS era mais simples e fácil de usar.

A princípio acreditou-se que os volumes de sedimentação obtidos no teste de Zeleny não eram tão dependentes da quantidade proteína. No entanto, PRESTON et alii (1982), mostraram que amostras de trigo com conteúdos protéicos inferiores a 13% tiveram altos coeficientes de correlação entre os volumes de sedimentação e parâmetros de qualidade, ao passo que amostras com mais de 14% de proteína, os coeficientes de correlação não foram significativos. Resultados similares foram obtidos por LORENZO & KRONSTAD (1987), usando o teste de sedimentação com SDS. Em outros estudos, usando amostras contendo alto teor protéico, foi obtida relação inversa entre conteúdo protéico e volume de sedimentação em SDS, e portanto, a exatidão da predizibilidade do teste foi considerada inadequada (HARRIS, 1983; JACKSON, 1983, citados por KRATTIGER & LAW, 1992).

HEVIA et alii (1985) analisaram vários métodos que utilizavam o SDS e observaram que a maior correlação ($r = 0,81$) foi obtida entre volume de pão e volume de sedimentação, utilizando grão moído e peneirado (partículas menores de 0,501 mm).

DEXTER et alii (1981) mostraram que os valores de micro-testes de sedimentação, indicadores de força de glúten, foram maiores nas amostras de trigo comum (*T. aestivum* L.) do que nas amostras de trigo duro (*T. durum* L.). Tais resultados se relacionam às diferenças de qualidade e quantidade das proteínas desses trigos, que apresentam distintas características físicas e químicas.

QUICK & DONNELLY (1980) estimando a qualidade de trigos duro (*T. durum* L.) com testes de sedimentação com SDS observaram grande coeficiente de correlação entre volume de sedimentação e pico de mixógrafo.

D'EGIDIO et alii (1990) avaliaram 10 variedades de trigo duro (*T. durum* L.), e encontraram que o teste de sedimentação com SDS correlacionou-se com os parâmetros alveográficos e com o conteúdo protéico. Por sua vez o teste de sedimentação não foi eficiente para prever qualidade de cozimento de pasta mas permitiu selecionar os materiais de pior qualidade.

BLACKMANN & GILL (1980) utilizaram em seu experimento 25 variedades de trigos de inverno mole e duro (*T. aestivum* L.) de diferentes performances de panificação. Os volumes de sedimento variaram entre 19 e 33 ml nos trigos cujos pães obtiveram performance fraca e entre 38 e 67 ml nos trigos cujos pães apresentaram características entre médias e boas. Deve-se levar em consideração que estes trigos apresentaram baixos conteúdos protéicos (média de 9,3%) e alta atividade amilolítica (índice de queda médio de 93 segundos). WILLIAMS et alii (1988a) obtiveram 64 ml como média de volume de sedimento em 35 amostras de trigo branco mole (*T. aestivum* L.).

2.3.2. DETERMINAÇÃO DE GLÚTEN

Muitos químicos de cereais determinam o glúten como uma estimativa do conteúdo protéico. PELSSENKE & BOLLING (1962) estudaram a relação entre o conteúdo de proteína e de glúten. A determinação de glúten oferece muitas vantagens sobre o teste convencional de proteína de Kjeldahl, já que as propriedades físicas da massa coesiva de glúten podem ser testadas por um operador experiente. Grandes diferenças na qualidade de proteína de várias variedades ou estágios avançados de deterioração na estocagem do trigo não podem ser detectadas pelo teste de Kjeldahl, no entanto, podem ser reveladas pelo simples teste de lavagem de glúten. Segundo POMERANZ (1988), o teste de glúten é pouco utilizado pois não é preciso, embora tentativas de padronizar o teste usando soluções salinas e um lavador de glúten mecânico tenham reduzido esse erro. Como o glúten poder ser lavado facilmente da farinha, mas não do trigo, seu uso em programas de melhoramento é limitado, não sendo também apropriado para determinações de rotina de larga escala (POMERANZ, 1987).

Coeficientes de correlação de 0,92–0,97 ($P < 0,05$) entre proteína total e conteúdo de glúten têm sido reportados (KULKARNI et alii, 1987). As altas correlações permitem que o conteúdo de glúten possa ser prognosticado pelo determinador de proteína de Kjeldahl, já que este último é mais seguro e mais facilmente determinado. Nos trigos analisados por estes pesquisadores, os conteúdos de glúten úmido e seco obtidos através da lavagem pelo Glutomatic, variaram de acordo com o tipo de trigo, nas seguintes faixas: trigos vermelho duro de inverno (*T. aestivum* L.) — 20,9 a 40,0% (média de 30,45%) de glúten úmido e 10,7 a 24,5% (média de 12,6%) de glúten seco; trigos vermelho duro de primavera (*T. aestivum* L.) — 31,0 a 41,9% (média de 36,45%) de glúten úmido e 11,7 a 15,3% (média de 13,5%) de glúten seco. BÄR (1979), avaliou a qualidade das farinhas de dez variedades comerciais de trigos nacionais, e obteve um teor médio de glúten úmido variando no intervalo de 24 a 33% (média de 28,3%). D'EGIDIO et alii (1990) quantificaram o conteúdo de glúten úmido de 10 trigos duro (*T. durum* L.) através de lavagem manual, e obtiveram resultados que variaram entre 23,3 e 53,0% (média de 33,0%). De acordo com QUAGLIA (1988), farinhas de trigos duro (*T. durum* L.) geralmente apresentam conteúdos protéicos e teores de glúten maiores do os apresentados por farinhas de trigos "duro" comuns (*T. aestivum* L.).

2.3.3. DETERMINAÇÃO DA ATIVIDADE DE ALFA-AMILASE

Os métodos mais correntes para a determinação da atividade de alfa-amilase são o amilógrafo (método 22-12, AACC, 1983) e o índice de queda ("falling-number") (método 56-81B, AACC, 1983). O índice de queda é mais rápido e mais adequado para a determinação dos danos da germinação (alfa-amilase) que o método de viscosidade de pasta pelo amilógrafo Brabender (POMERANZ, 1987).

A ocorrência de chuvas no campo após o amadurecimento do trigo e antes da sua colheita pode causar a germinação dos grãos, e conseqüentemente, a deterioração destes em níveis que comprometem sua utilização industrial (MOSS et alii, 1972). Mesmo que a germinação não seja visível, o teor da enzima alfa-amilase pode ser alto e provocar a degradação (sacarificação) do amido durante o processo de fabricação do pão, resultando em produto final com textura interna pegajosa e úmida (PERTEN, 1964). Por outro lado, a baixa atividade da enzima alfa-amilase afeta negativamente a panificação, resultando em produto final com textura interna seca e quebradiça.

O índice de queda tenta reproduzir a relação tempo-temperatura que a massa encontrará durante o assamento. A influência das enzimas nos grânulos de amido nativo à temperatura normal de fermentação é muito pequena. Após a gelatinização, o amido é mais facilmente atacado pelas amilases e pode ser rapidamente hidrolizado. O intervalo entre a gelatinização do amido (55–65° C) e a inativação da enzima durante o assamento (75–80° C) é um importante fator na determinação da qualidade do miolo do pão (HAGBERG, 1960).

Normalmente a farinha de trigo para a panificação tem valor de índice de queda entre 200 e 250 segundos. Quando o índice de queda for inferior a 150 segundos, existe grande risco do miolo tornar-se pegajoso. Farinhas com valores de índice de queda superiores a 350 segundos, produzirão pães com volume inferior e miolo mais seco. Este defeito pode, no entanto, ser corrigido com a adição de malte diastático (HAGBERG, 1960).

2.4. CARACTERÍSTICAS REOLÓGICAS DAS MASSAS

Testes físicos da massa são usados para avaliar o potencial de panificação (força) e o desempenho da farinha, sob condições mecanizadas. Tal avaliação tem assumido considerável importância como resultado do advento dos misturadores de alta velocidade e processos contínuos. Existem dois objetivos principais nos testes físicos das massas de farinhas – a monitorização e controle da predicabilidade de uma farinha dentro de parâmetros específicos, e a de predicabilidade do comportamento de uma massa numa padaria comercial (OLIVER & ALLEN, 1992).

A farinografia é um dos mais completos e sensíveis testes de avaliação da qualidade de mistura da massa da farinha de trigo, através da medida de torque ou viscosidade. Neste teste adiciona-se uma quantidade de água à farinha, suficiente para que a massa adquira a consistência padrão (500 U.B.) e todas as fases de mistura, de desenvolvimento e de quebra, ou amolecimento da massa são registrados em um gráfico chamado farinograma.

A extensígrafia realiza a mistura e moldagem da massa, sob condições padronizadas, esticando-a até a sua ruptura. Registra-se uma curva de carga versus extensão, da qual pode ser obtida a resistência à deformação, extensibilidade e energia necessária para a ruptura da massa.

2.4.1. FARINÓGRAFO BRABENDER

O farinógrafo é o aparelho de registro de mistura de massa mais usado para testar a qualidade da farinha de trigo. Este instrumento registra a força necessária para misturar a massa a uma velocidade constante, medindo a plasticidade e a mobilidade da massa durante a mistura, relativamente branda, sob temperatura constante.

O farinógrafo é muito útil para a determinação da absorção de água (POMERANZ, 1987) que é uma importante propriedade da farinha. Na literatura o termo é freqüentemente utilizado como adição de água à massa. A adição ótima de água à uma farinha em uma padaria está correlacionada com a absorção farinográfica (BLOKSMA & BUSHUK, 1988).

Além da absorção de água, o perfil do farinograma com uma consistência de 500 U.B. é usado para caracterizar as propriedades da farinha (SHUEY, 1972). Atualmente, as leituras na curva mais utilizadas incluem o tempo de chegada, o tempo de desenvolvimento, o índice de tolerância à mistura, o tempo de saída, a estabilidade, o valor valorimétrico e a absorção de água. No Brasil, estabilidade é um dos parâmetros utilizados para classificar o trigo em uma das 04 (quatro) classes: Melhorador, Superior, Intermediário e Comum (BRASIL, 1994).

2.4.2. EXTENSÍGRAFO BRABENDER

O extensígrafo foi introduzido em 1936 para suplementar as informações fornecidas pelo farinógrafo, uma vez que foi idealizado para avaliar a extensibilidade da massa. Embora este instrumento não seja amplamente utilizado como uma ferramenta de rotina no controle de qualidade da farinha de trigo, tem sido aplicado extensivamente em pesquisas. Este instrumento mede a força requerida para esticar um pedaço de massa (resistência à extensão) e o tempo requerido para esticar a massa até o ponto de ruptura (extensibilidade). Este procedimento foi idealizado para simular o período de fermentação na panificação convencional, avaliando mudanças nas propriedades da massa durante a fermentação. É também particularmente útil no estudo do efeito de oxidantes nas propriedades da massa (BLOKSMA & BUSHUK, 1988).

As quatro leituras normalmente efetuadas no extensígrama são a resistência à extensão, a extensibilidade, a área sob a curva e o número proporcional.

Para a panificação são desejadas massas que apresentem boa resistência à extensão. Massas com resistências muito grandes são rígidas, resistentes e difíceis de trabalhar nas máquinas. Massas de farinhas fracas têm muita extensibilidade e não permitem ser trabalhadas em máquinas contínuas (BLOKSMA & BUSHUK, 1988).

2.5. TESTE DE PANIFICAÇÃO

A avaliação do potencial de panificação de uma farinha através de um método otimizado de panificação proporciona uma ferramenta analítica significativa e reproduzível para a determinação das características de qualidade inerentes a uma farinha de trigo. Muitos parâmetros podem ser determinados no teste de panificação, sendo o mais importante deles o volume do pão, uma vez que este não pode ser determinado por outro método e também por estar alta e positivamente correlacionado com as propriedades reológicas desejáveis, com a aceitação do consumidor e com o potencial de panificação (POMERANZ, 1988).

Nenhum parâmetro reológico ou químico é capaz de prever completa e inequivocamente a performance final de uma farinha. Estas determinações servem como índices que, quando interpretados de forma apropriada, aumentam a probabilidade de uma performance satisfatória. O critério final de qualidade de uma farinha é sua conformidade com os requerimentos químicos e físicos, além de seu respeito a certos padrões estabelecidos pela performance de um teste de panificação (MAILHOT & PATTON, 1988).

Químicos de cereais envolvidos na avaliação da qualidade do trigo tradicionalmente executam testes de panificação que podem ser feitos com pequenas quantidades de farinha. Os resultados são usados principalmente para comparar diferentes trigos ou farinhas através da indicação do mérito relativo da amostra. Sem estes pequenos testes de panificação, o potencial de qualidade de panificação de novas variedades de trigo, em estágios iniciais de desenvolvimento, não poderiam ser estimadas (MAILHOT & PATTON, 1988).

2.6. PROTEÍNAS DO TRIGO

O trigo apresenta características únicas entre os cereais, primeiramente porque ele pode formar uma massa coesiva, com propriedades viscoelásticas e também, pela sua habilidade em reter os gases formados durante a fermentação da massa. Esta propriedade é essencial para a confecção de produtos leves e aerados e é geralmente atribuída às proteínas do trigo. A terceira característica única é a habilidade das massas de trigo manterem a sua estrutura firme, transformando-se em pão, durante o assamento no forno. Isto envolve uma mudança da viscosidade que é suficiente para o pão reter sua forma quando ele é retirado do forno (HOSENEY & ROGERS, 1990).

O papel das proteínas da farinha de trigo como fator preponderante da qualidade de panificação, foi estabelecido por FINNEY (1943). Embora a composição das principais proteínas do trigo sejam basicamente semelhantes, esse autor foi capaz de demonstrar através do fracionamento da farinha, que a variação da performance de panificação de diferentes variedades de trigo foi atribuída fundamentalmente às proteínas do glúten.

OSBORNE (1907) separou o glúten da farinha de trigo em duas frações principais, a gliadina, solúvel em solução aquosa de álcool e a glutenina, solúvel em soluções ácidas ou básicas diluídas. Esta classificação, baseada na solubilidade, permaneceu ao longo do tempo devido à sua funcionalidade. Ela fornece resultados reproduzíveis e informações a respeito das proteínas, embora as frações obtidas não sejam perfeitamente puras, podendo conter pequenas quantidades de proteínas de outras frações (BIETZ, 1992).

As gliadinas e as gluteninas, proteínas de reserva do endosperma do trigo, são muito importantes em razão das características funcionais que possibilitam a formação de uma massa coloidal forte e coesiva que irá reter os gases da fermentação e produzir produtos leves de panificação (HOSENEY & ROGERS, 1990).

As gliadinas são proteínas pequenas, alcançando peso molecular faixa de 30 a 100 kDa. Elas aparentam ser de cadeia única, sem pontes dissulfídicas entre cadeias adjacentes. A gliadina isolada apresenta a característica de pegajosidade e são aparentemente responsáveis pelas propriedades coesivas do glúten (HOSENEY & ROGERS, 1990). As gliadinas já foram separadas em mais de 50 subunidades (HOSENEY & ROGERS, 1990), embora, nem todos os cultivares de trigo apresentam todas estas subunidades. A distribuição das proteínas da gliadina está sob controle genético e é utilizada para a identificação de cultivares (ZILLMAN & BUSHUK, 1979; JONES et alii, 1982; BIETZ, 1983). BRANLARD & DARDEVET (1985) reportaram que dentro de uma variedade, a composição da gliadina pode variar grandemente de ano para ano, assim como diferentes condições de crescimento e tipos de solo também podem afetar a composição da gliadina.

As gluteninas são muito maiores do que as gliadinas, com um peso molecular médio de cerca de 3×10^6 Da (HOSENEY & ROGERS, 1990). As gluteninas são compostas de muitas cadeias e parecem ser principalmente polimerizadas por pontes dissulfídicas e não interligadas por elas (EWART, 1977, 1979, 1987). Outros autores têm sugerido que a glutenina apresenta um pequeno grau de ligações cruzadas (KASARDA, 1989; BIETZ & HUEBNER, 1980; GRAVELAND et alii, 1985; KHAN & BUSHUK, 1979). As gluteninas são fisicamente resistentes, não coesivas ou extensíveis e parecem proporcionar ao glúten suas propriedades elásticas. A composição de amino-ácidos destes dois grupos de proteínas é bastante similar (KASARDA, 1989), no entanto, existem muitas diferenças significativas que são consideradas importantes na explicação das diferentes propriedades funcionais.

2.6.1. MÉTODOS DE ANÁLISE E SEPARAÇÃO DAS PROTEÍNAS DO TRIGO

Para caracterizar as proteínas do glúten são usados métodos analíticos especializados, baseados no tamanho molecular, carga e/ou distribuição de amino-ácidos. Podemos citar os métodos de centrifugação, solubilidade de frações, cromatografia (por exclusão de tamanho, troca-iônica, HPLC) e eletroforese em gel de poliacrilamida em presença de dodecil sulfato de sódio (SDS-PAGE) e procedimentos bi-dimensionais (BIETZ, 1992).

A eletroforese é um dos principal métodos de avaliação usados na caracterização dos polipeptídios do glúten. As separações podem ser baseadas nas cargas, tamanho ou uma combinação destes fatores. No caso da eletroforese SDS-PAGE, o detergente SDS liga-se hidrofobicamente às proteínas, cancelando as diferenças de cargas e fazendo com que a separação seja feita fundamentalmente em função do tamanho. BIETZ & WALL (1972, 1973) utilizaram o SDS-PAGE para mostrar que as gliadinas e as gluteninas são bastante diferentes e que as gluteninas possuem subunidades de baixo peso molecular (solúveis em etanol) e de alto peso molecular (insolúveis em etanol) (BIETZ & WALL, 1973). Eles sugeriram também que as subunidades de alto peso molecular, exclusivas das gluteninas, diferiam entre as variedades e contribuíam para a força e elasticidade da massa. PAYNE et alii (1981) posteriormente relacionou estas subunidades de alto peso molecular com qualidade de panificação.

Melhoristas de trigo podem usar a eletroforese para selecionar trigos de boa qualidade (BIETZ, 1992). Cada variedade apresenta seis loci que codificam as gliadinas (METAKOVSKY et alii, 1990) e três que codificam subunidades de glutenina de alto peso molecular (PAYNE et alii, 1981). Através da determinação da presença de determinadas proteínas marcadoras de características, os melhoristas podem identificar os alelos destes loci e prever diferentes aspectos tais como altura da planta, peso do grão, resistência a geadas, secas e doenças, e qualidade tecnológica da farinha. Tais seleções não destrutivas podem ser usadas precocemente no período de seleção, diminuindo o tempo de desenvolvimento de uma variedade (BIETZ, 1992).

2.6.2. ASSOCIAÇÃO DAS GLIADINAS E GLUTENINAS COM A QUALIDADE DE PANIFICAÇÃO

As propriedades viscoelásticas de uma massa que governam a qualidade de panificação resultam não apenas das interações dos polímeros de glutenina, mas também da interação das gluteninas com as proteínas monoméricas da gliadina (POMERANZ, 1982). Embora, no início, apenas a proporção entre as gliadinas e as gluteninas fosse considerada importante (MacRITCHIE, 1987), outros autores têm alegado que, tanto a quantidade como a qualidade das gliadinas têm sido associadas com as propriedades da massa (HAMADA et alii, 1982; BRANLARD & DARDEVET, 1985; MacRITCHIE, 1987) e com a qualidade de panificação (HOSENEY & FINNEY, 1971; BRANLARD & ROUSSET, 1980; HUEBNER & BIETZ, 1986).

A proporção entre as subunidades de glutenina de alto peso molecular (APM) e de baixo peso molecular (BPM) foi descrita por HUEBNER & BIETZ (1986) como sendo indicativa da qualidade de panificação. KRUGER et alii (1988) mostraram que trigos com uma maior proporção de subunidades de APM em relação às de BPM normalmente apresentaram maior força de massa. No entanto, PAYNE et alii (1984) demonstraram que certas subunidades de glutenina de alto peso molecular de uma variedade correlacionaram-se com boa qualidade e outras com má qualidade de panificação.

2.6.2.1. GLIADINAS

As primeiras tentativas de envolver a composição protéica da farinha de trigo para pão com a qualidade do produto final se fixaram na gliadina, por ser esta a fração do glúten mais facilmente extraída e também devido aos bem sucedidos fracionamentos da gliadina através de colunas cromatográficas e por eletroforese em géis de amido ou de poliacrilamida (LEE & WRIGLEY, 1963; COULSON & SIM, 1964). No entanto, em razão da falta de êxito na identificação de gliadinas específicas associadas com qualidade, houve pouco interesse neste desenvolvimento, até a década passada.

No entanto, a associação da qualidade de massas alimentícias produzidas com trigos duros (*T. durum* L.), com as gliadinas 42 e 45 (DAMIDAUX et alii, 1978, 1980; KOSMOLAK et alii, 1980) renovou o interesse em se descobrir algum correspondente nas gliadinas dos trigos para pão, já que o *T. durum* L. (tetraplóide) compartilha dois genomas (A e B) com o trigo hexaplóide (*T. aestivum* L.) (A, B e D), usado para pães. BELIN PERUFFO et alii (1985) identificaram e caracterizaram duas gliadinas (banda 40 e 43,5) em trigos hexaplóides, associadas com a fraqueza e a força da massa, respectivamente.

WRIGLEY et alii (1981) correlacionaram bandas individuais de gliadina (analisadas por lactato-PAGE) com parâmetros funcionais da massa. Eles explicaram 37–54% da variação entre cultivares com apenas sete de 12 bandas de gliadinas. ROGERS et alii (1987) concluíram que as gliadinas são responsáveis por significantes variações na qualidade de panificação, mas sua contribuição é bem menor que a atribuída à composição de gluteninas.

Segundo PAYNE et alii (1987), as ligações genéticas entre as gliadinas e as subunidades de glutenina de baixo peso molecular impedem uma completa avaliação do papel que ambas desempenham na estrutura e função do glúten. PRIMARD et alii (1991) encontraram significantes correlações entre várias gluteninas de BPM e picos de gliadinas em HPLC. Desta forma, as correlações encontradas entre parâmetros de qualidade e gliadinas nos trigos analisados podem ser devido à presença dos genes que codificam as subunidades de glutenina de baixo peso molecular, que estão geneticamente ligados. Cabe lembrar também que extratos de etanol analisados por HPLC podem conter subunidades de glutenina de BPM, uma vez que foi demonstrada a solubilidade parcial de tais proteínas em etanol 70% (GRAYBOSCH & MORRIS, 1990).

VAN LONKHUIJSEN et alii (1992) demonstraram uma relação estatística forte entre qualidade de panificação e o conteúdo relativo de certos tipos de gliadinas, em variedades de trigo com uma composição de subunidades de glutenina-A constante. A quantidade de gliadina de apenas quatro picos de gliadinas explicou 82% da variação no volume de panificação, embora reconheçam ser necessários estudos de reconstituição para provar tais relações.

Tem sido considerado provável que a relação glutenina/gliadina em uma farinha determine sua qualidade de panificação, como já foi demonstrado em estudos de misturas reconstituídas de gliadinas e gluteninas (MacRITCHIE, 1984; BELITZ et alii, 1987).

2.6.2.2. GLUTENINAS

A importância da glutenina na determinação das propriedades da massa foi demonstrada em muitos estudos de reconstituição. O tempo de desenvolvimento no mixógrafo (MacRITCHIE, 1987) e a resistência à extensão da massa (KIM et alii, 1988) foram positivamente correlacionados com a proporção da glutenina em massas preparadas de farinhas reconstituídas. Outros estudos, usando cromatografia por exclusão de tamanho (HUEBNER & WALL, 1976; BOTTOMLEY et alii, 1982) encontraram correlação positiva entre o volume do pão obtido de pequenos lotes de farinhas de trigo e a proporção da fração de maior peso molecular do glúten, composta principalmente de subunidades de glutenina de alto peso molecular.

Segundo vários pesquisadores a fração glutenina é a mais importante proteína do glúten na produção das propriedades viscoelásticas únicas das massas de farinha de trigo e provavelmente na determinação da variação da qualidade de panificação de diferentes cultivares de trigo (BIETZ et alii, 1973; PAYNE et alii, 1984; HOSENEY & ROGERS, 1990). O mecanismo a nível molecular, responsável por este comportamento não está completamente compreendido, mas acredita-se que a união de subunidades de proteína a polímeros através de ligações dissulfídicas intermoleculares tenha um caráter essencial (EWART, 1967, 1990).

As subunidades de glutenina têm sido classificadas em base às suas mobilidades eletroforéticas em SDS-PAGE sob ação de agentes redutores e consistem principalmente de dois tipos, as subunidades de alto peso molecular (GS-APM) e as subunidades de baixo peso molecular (GS-BPM). A maior parte das variedades tem 4 ou 5 GS-APM, que freqüentemente diferem em mobilidade eletroforética entre as variedades e que podem ser divididas, segundo PAYNE et alii (1984), em subunidades do tipo X e Y. Em variedades com 5 subunidades, as 3 subunidades com movimento mais lento (maior peso molecular) são as do tipo X e as 2 de mais rápido movimento são as do tipo Y. Em variedades que apresentam 4 subunidades, as duas mais lentas são do tipo X e as duas mais rápidas são do tipo Y.

De acordo com estudo de PAYNE & CORFIELD (1979), as GS-APM foram denominadas subunidades A, e as GS-BPM foram divididas em dois sub-grupos, subunidades B (menor mobilidade) e subunidades C (maior mobilidade). As GS-APM têm peso molecular na ordem de 80 a 120 kDa em SDS-PAGE (MacRITCHIE et alii, 1990). As GS-BPM têm peso molecular na faixa de 40 a 50 kDa para as subunidades do grupo B, e de 30 a 40 kDa para as subunidades do grupo C. JACKSON et alii (1983) descreveram um novo grupo de subunidades cuja mobilidade eletroforética foi um pouco menor do que a das subunidades B. Foram descritas como sendo as subunidades D de gluteninas, uma vez que foram descobertas após a designação das subunidades A, B e C, por parte de PAYNE & CORFIELD (1979).

Enquanto difundia-se o uso do polimorfismo das gliadinas na identificação de variedades de trigo, foi a pesquisa nas gluteninas que contribuiu de forma mais significativa para a compreensão da qualidade. Alguns pesquisadores da Inglaterra mostraram que certas subunidades de glutenina, designadas "1", "2", "5+10", "7+9" foram correlacionadas com elevada qualidade de panificação (PAYNE et alii, 1987). Muitos países obtiveram vantagens imediatas desta relação entre genética e a qualidade da proteína do trigo para desenvolver novas variedades melhor adaptadas às modernas tecnologias de panificação, como o processo Chorleywood de panificação, pães para refeições rápidas, pãezinhos, pães doces, massas congeladas.

As subunidades de glutenina de alto peso molecular parecem ter uma maior contribuição à resistência máxima do que as subunidades de glutenina de baixo peso molecular, embora estas últimas sejam as principais responsáveis pelas variações nos valores de elasticidade dos trigos australianos (GUPTA et alii, 1991). Por outro lado, a extensibilidade foi afetada de forma igual por ambos os grupos. E uma vez que as subunidades de baixo peso molecular são quantitativamente o principal grupo das subunidades de glutenina, contribuindo consideravelmente mais do que as subunidades de alto peso molecular em relação à glutenina total, acredita-se que devam ter um papel importante na determinação tanto da elasticidade como da extensibilidade dos trigos para pão. Quantidades maiores de subunidades de glutenina de baixo peso molecular devem ser as responsáveis pela elevada correlação com a extensibilidade observada (GUPTA et alii, 1991).

O positivo efeito sinérgico associado com a inclusão das subunidades de glutenina de baixo peso molecular em equações de predicabilidade deve-se principalmente ao aumento na quantidade de glutenina e/ou à incorporação de diferentes tipos de subunidades. Ambas as situações podem levar a um aumento nas propriedades elásticas das gluteninas, e portanto na resistência máxima e extensibilidade. A quantidade e composição da glutenina têm efeitos significantes na elasticidade da massa, ao passo que a extensibilidade

depende grandemente da quantidade (GUPTA et alii, 1991; SINGH et alii, 1991). GUPTA et alii (1991) não mediram a diferença na quantidade de subunidades de gluteninas de BPM ou APM codificadas por diferentes alelos, mas observações visuais sugeriram que os alelos de subunidades de glutenina de BPM que conferem características favoráveis à massa estão geralmente associados com um grande número e/ou intensidade de bandas (GUPTA & SHEPHERD, 1990). No entanto, o prognóstico de qualidade baseado na composição de gluteninas parece ser influenciado pela variação na quantidade de subunidades de gluteninas codificadas pelos mesmos alelos que, por sua vez, são governados pela quantidade de proteína do grão ou da farinha. Outros fatores protéicos (gliadinas, albuminas, globulinas) e não-protéicos (lípidos e amidos) podem também ser responsáveis por certa variação nas propriedades da massa dos cultivares analisados. De particular interesse são as albuminas de APM (GUPTA & SHEPHERD, 1987) e globulinas ou triticinas (SINGH & SHEPHERD, 1988) que estão presentes nos complexos glutenínicos. Isto também deve ter alguma influência sobre a funcionalidade da glutenina e conseqüentemente sobre a qualidade da farinha (MacRITCHIE, 1987).

2.6.2.3. GLUTENINAS DE BAIXO PESO MOLECULAR

O estudo das subunidades de glutenina de BPM é mais difícil em relação ao das subunidades de APM porque nas eletroforeses uni-dimensionais em gel na presença de SDS, os polipeptídios de BPM sobrepõem-se em mobilidade com muitas outras proteínas do endosperma da farinha, particularmente gliadinas (MacRITCHIE et alii, 1990).

Talvez a informação mais importante destes polipeptídios de um ponto de vista de seleção de linhagens de trigos, é a de que o efeito das subunidades de glutenina de baixo e de alto peso molecular na qualidade da massa parece ser aditivo (GUPTA et alii, 1989; POGNA et alii, 1990). Isto aumenta seu valor na predicabilidade das propriedades da massa.

Estudos recentes enfatizam o provável papel das subunidades de glutenina de baixo peso molecular que estão geneticamente ligadas a certas gliadinas no braço curto dos cromossomo 1A e 1B e têm proposto novos marcadores de proteínas para o uso nos programas de melhoramento (GUPTA et alii, 1991). Por exemplo, a capacidade de selecionar tanto para os alelos *Glu-D1* que conferem uma grande tenacidade à massa (por exemplo, subunidades "5+10") e os alelos *o* e *n*, que conferem elevada extensibilidade, deve resultar no desenvolvimento de novos trigos adaptados às modernas tecnologias de panificação (MOREL, no prelo, in AUTRAN, 1993).

PRIMARD et alii (1991) encontraram várias subunidades de glutenina de baixo peso molecular correlacionadas com vários parâmetros de qualidade, no entanto, nenhuma subunidade de glutenina de baixo peso molecular esteve relacionada com as medidas de qualidade, em mais de uma população segregada.

2.6.2.4. GLUTENINAS DE ALTO PESO MOLECULAR

PAYNE et alii (1979) analisaram a qualidade de panificação através do volume de sedimentação por SDS e através da composição de subunidades de glutenina de 60 progênies F2 derivadas aleatoriamente de um cruzamento entre variedades de trigo que apresentavam boas e más características de panificação. Pelos

resultados foi identificada uma subunidade específica denominada subunidade de glutenina 1, cujo conteúdo relativo correlacionou-se com o volume de sedimentação.

Os efeitos das subunidades de glutenina de alto peso molecular na qualidade de panificação, descobertos originalmente através do uso do teste de sedimentação (PAYNE et alii, 1980), como uma medida indireta de qualidade, têm sido confirmados usando numerosos outros testes (BURNOUF & BOURIQUET, 1980; MOONEN et alii, 1982; BRANLARD & DARDEVET, 1985; LAWRENCE et alii, 1987). BURNOUF & BOURIQUET (1980) examinaram 47 cultivares de trigos europeus, principalmente franceses, e observaram o aparecimento de 16 tipos diferentes de subunidades de gluteninas, algumas das quais estavam presentes nos trigos de melhor qualidade, o que aumentou as evidências sobre a relação entre qualidade e grupos de polipeptídios.

A diferença na distribuição de peso molecular dos polímeros de glutenina de uma dada variedade de trigo pode originar diferenças na qualidade de panificação. Uma mudança na curva de distribuição em favor de maiores pesos moleculares, produzindo um maior valor para a média de peso molecular da mistura de polímeros de glutenina, deve resultar em massas mais fortes, com maior resistência à mistura, maiores tempos de desenvolvimento e estabilidade, e também deverá produzir pão com volume superior. Uma massa muito elástica deve apresentar um menor volume do pão, uma vez que ela resistirá à expansão das bolhas de gás formadas durante a mistura e a fermentação da massa (KASARDA, 1989).

Na maioria dos casos, a proporção ou quantidade absoluta de glutenina, em particular, a proporção de glutenina de alto peso molecular ou glutenina insolúvel, tida como positivamente correlacionada com as propriedades de força da massa ou qualidade de panificação, e segundo SINGH et alii (1990) esta é influenciada pelas condições de extração. Ao contrário, em muitos estudos a proporção de glutenina de alto peso molecular foi tida como negativamente relacionada com as propriedades de força da massa (ORTH & BUSHUK, 1972; BIETZ, 1986). A relação qualitativa entre várias subunidades de glutenina e força de massa e/ou propriedades de panificação também têm sido demonstradas por eletroforese (PAYNE et alii, 1979, 1981) e HPLC (HUEBNER & BIETZ, 1985; WIESER et alii, 1989).

As subunidades de glutenina de alto peso molecular parecem apresentar um papel especial na determinação das propriedades de mistura e panificação em variedades de trigo. LAWRENCE et alii (1988) estudaram uma série de linhagens de trigo na qual o número de subunidades de GS-APM variou de 5 a nenhuma. A força de mistura da massa e o volume dos pães das farinhas destas linhagens declinaram à medida que diminuiu a proporção das GS-APM presentes, indicada por análises densitométricas dos padrões de SDS-PAGE. A linhagem que não apresentou GS-APM teve uma elasticidade bastante fraca. Os autores sugeriram a possibilidade de que os efeitos quantitativos sejam responsáveis pelas aparentes diferenças na qualidade associadas com diferentes formas (alelos) de GS-APM. Isto é, um alelo ou par de alelos deve ser mais eficiente em fortalecer a massa ou melhorar o volume principalmente pela maior quantidade de proteína produzida por seus genes do que pelas importantes diferenças intrínsecas nos ou entre os genes alélicos e seus produtos protéicos.

Resultados obtidos da análise de linhagens de trigo que apresentavam números ou quantidades diferentes de subunidades de glutenina, também indicaram que as subunidades de glutenina de alto peso molecular, numa base de peso constante, têm efeitos mais pronunciados na resistência da massa do que as subunidades de glutenina de baixo peso molecular (GUPTA et alii, 1991).

HUEBNER & WALL (1976) concluíram que há mais polímeros de glutenina de alto peso molecular em massas de variedade de trigo de boa qualidade em relação às variedades de baixa qualidade.

GRAYBOSCH et alii (1990) encontraram que a análise da composição de subunidades de glutenina de alto peso molecular teve uso limitado no prognóstico de qualidade final de 69 linhagens experimentais de trigo vermelho duro de inverno de elevado conteúdo protéico. Linhagens com combinações de subunidades de glutenina de alto peso molecular de reconhecida pouca força geralmente foram pobres em qualidade, no entanto, a presença de combinações favoráveis de subunidades de glutenina de alto peso molecular (polipeptídeo conhecidos por conferirem força), não garantiram qualidade aceitável. KHAN et alii (1989) encontraram resultados semelhantes em trigos vermelho duro de primavera norte-americanos.

HAMER et alii (1992) tentaram sem sucesso elaborar uma equação para prognosticar o volume dos pães de amostras de trigo, levando em conta a composição de subunidades de glutenina do tipo A. Esses mesmos autores avaliaram um sistema de pontuação eletroforética para prognostico de volumes de pães, o qual foi considerado pouco preciso. Foram citadas ainda um número limitado de subunidades de glutenina de alto peso molecular que poderiam ser utilizadas como possíveis marcadores de qualidade de panificação. De acordo com seus resultados, ficou claramente demonstrada a importância da inclusão de outros fatores como a quantidade de gluteninas, medida através do teste de sedimentação em SDS, para a elaboração de sistemas de prognóstico do volume de pão.

Embora possa ser certo de que trigos de melhor qualidade tenham mais polímeros de alto peso molecular, estudos sustentando esta hipótese serão de grande valia (KASARDA, 1989).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. MATERIAL

3.1.1. MATÉRIA-PRIMA

Um trabalho conjunto entre o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e o Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA) foi iniciado em 1985 com o objetivo de selecionar genótipos melhorados de trigo comum (*Triticum aestivum* L.) através do uso de irradiação. Sementes híbridas de geração F₄ do cruzamento entre o cultivar BH-1146 (*Triticum aestivum* L.) de ciclo precoce, porte alto e tolerante à toxicidade de Al³⁺ e a linhagem (Anhinga "S" × Winged "S") (*Triticum durum* L.) de ciclo tardio, porte semi-anão e sensível à toxicidade de Al³⁺, foram irradiadas (27,5 krad) visando o aumento na recombinação genética (CAMARGO et alii, 1995a, b; SÃO PAULO, 1990-1992).

Os genótipos de trigo selecionados no programa de melhoramento genético foram avaliados em ensaios regionais instalados no período 1990-92 em diferentes locais do Estado de São Paulo, em condições de sequeiro e de irrigação por aspersão, visando a escolha dos mais produtivos e com qualidade agrônômica de interesse aos agricultores paulistas. Nove desses genótipos de grande potencial agrônômico (SÃO PAULO, 1990-1992; CAMARGO et alii, 1995a, b) foram selecionados para serem analisados quanto às características físicas, químicas e físico-químicas nos grãos e nas farinhas. Os nove genótipos estudados nesta pesquisa, designados de **A** a **I**, são provenientes dos seguintes ensaios originais:

| | | |
|------------------|------------------|------------------|
| NV1 / T-21 = "A" | NV2 / T-09 = "D" | NV3 / T-16 = "G" |
| NV1 / T-25 = "B" | NV2 / T-17 = "E" | NV4 / T-25 = "H" |
| NV2 / T-07 = "C" | NV3 / T-13 = "F" | NV6 / T-14 = "I" |

Como forma de comparação do desempenho tecnológico dessas linhagens, foram utilizados dois trigos controles: o IAC-22 (*Triticum aestivum* L.) e o Yavaros "S" (*Triticum durum* L.). Os controles de *T. aestivum* L. e de *T. durum* L. (ensaios originais NV6 / T-22 e NV1 / T-02, respectivamente), foram identificados como "TA" e "TD".

3.1.2. REAGENTES

Todos os reagentes utilizados nos experimentos apresentaram as especificações de qualidade e pureza requeridas pela metodologia da análise química empregada.

3.1.3. APARELHOS E EQUIPAMENTOS

Foram utilizados para a realização das análises vidraria e instrumentos comuns de laboratório e os seguintes aparelhos e equipamentos específicos:

- Medidor de volume específico para grãos.
- "Hardness and Structure Tester", Brabender.
- Moinho para grãos, Tecnal TE 020.
- Moinho Brabender, Quadrumat Senior.
- Balança semi-analítica, Mettler P1200.
- Balança analítica, Mettler AE 200.
- Digestor de proteínas, Technicon BD-40.
- Destilador de nitrogênio, Tecnal.
- Mufla, Forlabo.
- Agitador tipo Schüfte Lapperatur-Brabender.
- Falling number, modelo 1800.
- Forno elétrico doméstico, Layr.
- Estufa com circulação forçada de ar, Fanem 320-SE.
- Forno elétrico doméstico, Layr.
- Extensígrafo, Brabender.
- Farinógrafo, Brabender.
- Do-Corder, Brabender.
- Centrífuga, Beckman J2-21.
- Tubos de Eppendorf de 1,5 ml.
- Agitador de tubos, Tecnal TE 162.
- Cuba de eletroforese de 18,5 × 14,5 cm.
- Fonte elétrica de 30 mA.
- Computador IBM-PC 386.
- Densitômetro Bio-Rad, modelo 620.

3.2 MÉTODOS EXPERIMENTAIS

3.2.1. ANÁLISES FÍSICAS NOS GRÃOS DAS AMOSTRAS

3.2.1.1. PESO HECTOLITRO

A análise de peso hectolitro das amostras foi realizada em um medidor de volume específico para grãos. O procedimento consiste na colocação do trigo numa moega, da qual este escoava livremente ao interior de um recipiente cilíndrico de volume igual a 1 litro. O excesso de trigo, acima da borda do recipiente, foi removido passando-se uma régua. Pesou-se então o recipiente contendo o trigo e obteve-se o valor de peso hectolitro através de seguinte fórmula:

$$\text{Peso hectolitro (kg / hl)} = \frac{A - B}{10}$$

onde: A = peso do recipiente com trigo (g);

B = peso do recipiente vazio (g)

3.2.1.2. DUREZA

Para a determinação da dureza dos grãos foi utilizado o "Hardness and Structure Tester" marca Brabender, associado ao aparelho Do-corder marca Brabender. As amostras (20 gramas de grãos de trigo) foram moídas em um moinho de cones onde foram registrados o torque (kgm) e o tempo necessário para a moagem.

Os parâmetros de ajuste do aparelho foram:

| | | |
|--|---|--------|
| Ajuste do conector - "Connector setting" | : | 1 : 5 |
| Indicador de ajuste - "Indicator adjustment" | : | × 5 |
| Rotação | : | 45 rpm |
| Abertura dos cones | : | 7-10 |

3.2.1.3. VITREOSIDADE

A vitreosidade dos grãos foi determinada visualmente analisando-se duas alíquotas de 50 gramas de grãos das amostras e foi expressa em porcentagem de grãos vítreos.

3.2.2. COMPOSIÇÃO QUÍMICAS DOS GRÃOS E DAS FARINHAS DAS AMOSTRAS

3.2.2.1. PROTEÍNAS

Foram determinadas de acordo com o método AACC 46-13 (AACC, 1983) usando o fator 5,7 para a conversão do nitrogênio total em proteínas.

3.2.2.2. CINZAS

Foram determinadas de acordo com o método AACC 08-01 (AACC, 1983).

3.2.2.3. LÍPIDIOS

Foram determinados de acordo com o método AACC 30-20 (AACC, 1983).

3.2.2.4. UMIDADE

Foram determinadas de acordo com o método AACC 44-15A (AACC, 1983).

3.2.3. MOAGEM DOS TRIGOS

As amostras de trigo foram moídas em um moinho experimental Brabender modelo Quadrumat Senior, sem prévio condicionamento, uma vez que apresentaram umidades próximas das adequadas (16,0 a 16,6%) para a moagem de grãos de trigos comuns (*T. aestivum* L.) e trigos duro (*T. durum* L.) (HOSENEY, 1986). Foram utilizadas as duas unidades de moagem, a de quebra e a de redução e o seu conjunto de peneiras. Foram obtidas quatro frações: a farinha de quebra (partículas menores que 150 µm), a farinha de redução (partículas menores que 195 µm), o farelinho (partículas entre 500 e 195 µm), e o farelo (partículas maiores que 500 µm). A fração farelinho foi novamente moída na unidade de quebra com o objetivo de aumentar o rendimento em farinha. A farinha utilizada para as avaliações foi obtida após a mistura das farinhas de quebra e redução.

3.2.4. ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DAS FARINHAS

3.2.4.1. TESTE DE SEDIMENTAÇÃO

Foi determinado de acordo com o método descrito por AXFORD et alii (1978), que consiste na adição de 6,00 g de farinha integral (com granulometria inferior a 0,8 mm) em um cilindro graduado de 100 ml com tampa, onde foram adicionados 50 ml de água destilada e agitados por 15 segundos no agitador do tipo Schütte Lappertur-Brabender. O procedimento de agitação foi repetido 2 e 4 minutos depois. Posteriormente foram adicionados 50 ml de solução de dodecil sulfato de sódio 2% a cada tubo e a mistura foi realizada através da inversão dos cilindros quatro vezes. Os cilindros foram invertidos de forma semelhante após 2, 4 e 6 minutos. Finalmente adicionou-se 1,0 ml de ácido acético (1:8 v/v ácido acético 85%:água), e a mistura foi também através de quatro inversões. Finalmente, os tubos foram deixados na posição vertical. O valor do teste de sedimentação foi a média de duas determinações após 20 minutos de descanso, e foi expresso em mililitros de volume de sedimento.

3.2.4.2. TEOR DE GLÚTEN ÚMIDO E SECO

Foram determinados de acordo com o método AACC 38-10 (AACC, 1983).

3.2.4.3. ÍNDICE DE QUEDA

O índice de queda foi determinado no aparelho "Falling Number", de acordo com o método AACC 56-81 B (AACC, 1983). O índice de queda, que mede o grau de atividade amilolítica da farinha de trigo, é definido como o tempo, em segundos, requerido para permitir que a vareta misturadora do tubo que contém a suspensão farinha/água desça uma distância pré-determinada através de uma suspensão aquosa de farinha gelatinizada pelo calor. A amostra de farinha de trigo (7,00 g) foi colocada em um tubo onde posteriormente foram adicionados 25 ml de água destilada. O tubo foi tampado e agitado por 10 vezes, para cima e para baixo, com a vareta misturadora para garantir que toda a amostra esteja em suspensão. O tubo foi então colocado no aparelho com água a 100° C. O misturador foi levantado até a posição inicial e então foi determinado o tempo requerido para a queda do mesmo.

3.2.5. ANÁLISES REOLÓGICAS DA MASSA

3.2.5.1. CARACTERÍSTICAS FARINOGRÁFICAS

As características de mistura foram determinadas pelo Farinógrafo Brabender de acordo com o método AACC 54-21 (AACC, 1983), utilizando o misturador de 50 gramas de farinha. Foram avaliados os seguintes parâmetros:

Tempo de chegada: é o tempo em minutos requerido para o topo da curva alcançar a linha das 500 unidades farinográficas (U.F.) após o início de funcionamento do misturador e introdução da água. Este valor é uma medida da razão que a água é incorporada na farinha (SHUEY, 1972).

Tempo de desenvolvimento: é o tempo, em minutos, desde a primeira adição de água até o desenvolvimento da consistência máxima da massa, ou mínima mobilidade, medida no mais próximo meio-minuto. Este valor também é referido como “pico” ou “tempo de pico”. Este valor proporciona indicações a respeito do tempo de desenvolvimento ou tempo de mistura da farinha (SHUEY, 1972).

Índice de tolerância à mistura (ITM): é a diferença em Unidades Farinográficas (U.F.) do topo da curva no pico ao topo da curva medido cinco minutos após o pico (SHUEY, 1972).

Estabilidade: é o tempo entre a entrada do topo da curva na linha de 500 U.F. até o ponto onde o topo da curva deixa a linha das 500 U.F. (SHUEY, 1972).

Absorção de água: é a quantidade de água (g/100 g de farinha) requerida para que a massa atinja a consistência máxima de 500 U.F. durante a mistura (SHUEY, 1972).

3.2.5.2. CARACTERÍSTICAS EXTENSIGRÁFICAS

Foram determinadas pelo Extensígrafo Brabender de acordo com o método AACC 54-10 (AACC, 1983). Foram avaliados os parâmetros de:

Resistência à Extensão (R): é indicada pela altura máxima da curva em unidades extensigráficas (U.E.) após 5 cm de estiramento no extensigrama (SHUEY, 1972).

Extensibilidade (E): representa o comprimento da curva, em milímetros, do início da extensão até a ruptura da massa.

Resistência Máxima (Rm): é indicada pela altura máxima da curva, em U.E.

3.2.6. TESTE DE PANIFICAÇÃO

A qualidade de panificação das farinhas dos 9 (nove) genótipos e dos 2 (dois) controles foi determinada segundo teste instrumental de panificação descrito por El-DASH (1978), com algumas modificações, utilizando-se a seguinte formulação para a produção do pão: 300 g de farinha (a 14% de umidade); 15 g de sacarose (5% do peso da farinha); 9 g de fermento biológico fresco (3% do peso da farinha); 6 g de sal (2% do peso da farinha); 9 g de gordura (3% do peso da farinha) e 270 mg de ácido ascórbico (90 ppm do peso da farinha). A massa foi preparada no misturador do farinógrafo à 30° C. O açúcar o sal e o ácido ascórbico foram dissolvidos em água da bureta e adicionados em primeiro lugar, a seguir adicionou-se o fermento (também diluído em água da bureta), por último, foi adicionada a gordura. A quantidade total de água adicionada à massa, foi a necessária para centralizar a curva do aparelho na linha de 500 U.F. (unidades farinográficas). Todos os ingredientes foram adicionados em um tempo máximo de 30 segundos.

A massa foi misturada a 63 rpm até ser observada uma queda de 10 U.F. após ter sido alcançado o pico de viscosidade máxima de 500 U.F. Terminada a mistura, dois pedaços de massa de 175 g cada, foram boleados e modelados em forma de cilindro, usando-se as unidades boleadora e modeladora do extensígrafo. Estes dois pedaços foram colocados em formas metálicas, com as seguintes dimensões: borda superior (14 ×

6,8 cm), borda inferior (13 × 5,5 cm), e profundidade de (4,2 cm). A seguir as formas foram introduzidas em cabines de fermentação à temperatura de 30° C e umidade relativa de 85%. Após 95 minutos de fermentação as massas foram assadas a 220° C por 20 minutos.

A avaliação da qualidade do pão foi feita através da análise das características externas, internas, aroma e gosto, com pontuação máxima de 100 pontos. Os parâmetros avaliados foram os seguintes:

A) CARACTERÍSTICAS EXTERNAS DO PÃO: volume específico (ml/g × 3,33) (20 pontos), cor da crosta (10 pontos), quebra (5 pontos) e simetria (5 pontos), totalizando 40 pontos.

B) CARACTERÍSTICAS INTERNAS DO PÃO: características internas da crosta (5 pontos), cor do miolo (10 pontos) e granulidade (10 pontos) e a textura do miolo (10 pontos), totalizando 35 pontos.

C) CARACTERÍSTICAS DE AROMA E GOSTO: aroma (10 pontos) e gosto (15 pontos). O volume dos pães assados foi medido através do método de deslocamento de sementes de painço.

Em função da soma total dos pontos atribuídos às características externas, internas, aroma e gosto dos pães, a qualidade do pão foi classificada conforme apresentado na seguinte tabela:

| TOTAL DE PONTOS | QUALIDADE DO PÃO |
|-----------------|------------------|
| < 70 | Sofrível |
| 70–80 | Regular |
| 80–90 | Boa |
| > 90 | Muito Boa |

3.2.7. ELETROFORESE DAS GLUTENINAS

A composição e a distribuição do peso molecular das subunidades de gluteninas das amostras de trigo e dos controles foram determinadas através de eletroforese em gel de poliácridamida (concentração de 10%), em presença de dodecil sulfato de sódio (SDS), de acordo com o método descrito por GUPTA & MacRITCHIE (1991). A quantificação das subunidades foi realizada através de leitura densitométrica do gel.

1) Remoção das proteínas monoméricas: a farinha (5,10 mg) foi misturada com 1,4 ml de dimetilsulfóxido (DMSO 100%) em tubo de Eppendorf de 1,5 ml e agitada em vortexer a velocidade de 20000 rpm, por dez minutos, à temperatura ambiente (20–25° C). A amostra ficou completamente suspensa no solvente durante a agitação. A seguir, as amostras foram centrifugadas a 15900 g por 5 minutos e a massa compactada (resíduo) foi resuspendida em 1,4 ml de etanol 70%, agitada por 10 minutos e novamente

centrifugada a 15900 g por 5 minutos. O resíduo contendo apenas gluteninas e algumas bandas de albumina e globulina agregadas foi usado na etapa seguinte.

2) Extração das subunidades de glutenina: O resíduo protéico obtido no item 1 foi disperso em 160 μ l de etanol 70%, submetido a ultra-som por 5 segundos, a seguir misturado com 5 μ l de 2-mercaptoetanol (ME) e então encubado por 5 minutos a 80–90° C. As amostras foram centrifugadas a 15900 g por 2 minutos e o sobrenadante contendo apenas subunidades de glutenina foi misturado com 160 μ l de solução tampão SDS [0,125 M Tris, 4% (p/v) SDS, 30% (v/v) glicerol e 0,005% (p/v) de azul de bromofenol pH 6,8] em outro tubo. Esta mistura foi colocada diretamente nos géis de eletroforese.

3) Eletroforese: os sobrenadantes (20 μ l) das amostras de trigo, dos controles e dos padrões de peso molecular foram depositados em poços individuais do gel. O gel de separação foi preparado com 10% de acrilamida e com espessura de 1 mm, e dimensões de 18,5 cm de largura e 14,5 cm de comprimento, em uma corrente de 30 mA/gel durante 4 horas (com circulação de água de torneira). Os géis foram tingidos com Coomassie Blue G-250 por 1 hora. Posteriormente os géis foram revelados e analisados.

4) Análise dos eletroforegramas: Foi utilizado um video densitômetro Bio-Rad modelo 620 para a obtenção das densidades óticas apresentadas pelas bandas de gluteninas no gel corado e fotografado em filme cromo de 4 x 5-pol. marca Kodak. A densidade ótica de cada banda foi medida por absorbância e expressa o percentual desta na densidade ótica total das subunidades de glutenina da amostra. Estes resultados foram analisados pelo programa 1-D Analyst Data Analysis Software que identificou os pesos moleculares aparentes de cada banda, comparando as mobilidades das subunidades com a dos padrões. Os padrões utilizados foram: beta-galactose (116 kDa), fosforilase (97,4 kDa), albumina sérica bovina (BSA) (68 kDa), ovoalbumina (43 kDa) e anidrase carbônica (29 kDa).

3.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

As análises dos dados foram feitas através de do uso de correlações lineares, teste de Tukey e da análise de componente principal (ACP). Análise de componentes principais foi incluída em razão da sua capacidade de reduzir a complexidade dos dados a um pequeno número de componentes principais independentes, representantes das combinações lineares das variáveis originais. Esta abordagem permitiu uma avaliação da associação entre grupos de variáveis e uma compreensão mais básica dos componentes mais importantes para a variabilidade implícita do conjunto de dados (SAS, 1988).

Quando há apenas dois parâmetros, é fácil plotar os dados. Com três parâmetros um estudo visual também é possível, usando geometria sólida. Mas se houverem mais de três parâmetros, por exemplo nove registros tecnológicos, uma representação visual não é mais possível uma vez que será requerido um espaço nona-dimensional.

A ACP faz uma representação plana dos dados pode ser obtida através de projeções sobre um plano. Tal procedimento obviamente envolve distorções, mas é possível, usando um computador, determinar o plano de projeção onde as distâncias serão retidas da melhor forma, na média. Através deste cálculo, novas

coordenadas dos pontos são obtidas, chamadas de componentes principais. A ACP pretende portanto reduzir o número de parâmetros numéricos, o que permite representações gráficas até mesmo de dados complexos. Esta redução não é feita por seleção de alguns dos parâmetros, mas por criação de novas variáveis sintéticas, os componentes principais, que são combinações lineares das originais e não correlacionadas entre si. Quanto mais nivelado o conjunto de pontos comparado ao plano principal, mais válida é a representação dos dados neste plano. O percentual da inércia total do plano principal dá uma medida do nivelamento do conjunto de pontos e, portanto, da significância da representação neste plano.

Análise de componentes principais é uma técnica usada para analisar um pequeno número de combinações lineares (Componentes Principais) de um conjunto de variáveis que detêm tanta informação das variáveis originais quanto possível. Frequentemente um pequeno número de componentes principais é utilizado no lugar das variáveis originais no auxílio de análises gráficas. A análise de componentes principais pode também ser vista como um esforço para descobrir dependências aproximadamente lineares entre as variáveis.

Dado um conjunto com p variáveis numéricas, teremos p componentes principais. Cada componente principal é uma combinação linear das variáveis originais, com coeficientes iguais aos autovetores da matriz de correlação ou matriz de covariância. Os autovetores são padronizados com tamanho unitário. As componentes principais são ordenadas pela ordem descendente dos autovalores, que são iguais às variâncias das componentes.

Embora p componentes sejam necessárias para reproduzir totalmente o sistema de variabilidade, geralmente poucas das componentes principais explicam muito da variabilidade. Assim, k componentes podem então substituir as p variáveis originais e o conjunto de dados originais é reduzido para um outro conjunto que consiste de n medidas em k componentes principais.

O gráfico do ACP consiste de dois eixos ortogonais que determinam o plano principal, com um conjunto de pontos das amostras e um conjunto de flechas dos testes (análises realizadas). O gráfico do ACP deve ser interpretado com cuidado, uma vez que a proximidade de um ponto de amostra e um ponto de teste não tem significado, já que as escalas são diferentes. No entanto, cada flecha de teste define um eixo no qual os diferentes pontos das amostras podem ser projetados e comparados de acordo com seus valores para o teste correspondente. Por outro lado, a proximidade de duas flechas de testes significa que os valores estão correlacionados e o nível da correlação é relativo à distância do ponto do teste à origem.

Para o estudo dos Componentes Principais foi utilizado o PROC PRINCOMP do pacote estatístico "The SAS System for Windows 3.1", release 6.08, que inclui a padronização das variáveis (SAS, 1988). A aplicação de componentes principais já foi discutida por RAO (1964), COOLEY & LOHNES (1971) e GNANADESIKAN (1979) e JOHNSON & WICHERN (1988).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. ANÁLISES FÍSICAS DOS GRÃOS

4.1.1. PESO HECTOLITRO

A **TABELA I** apresenta os valores da análise de peso hectolitro realizada nas linhagens de trigo.

Os valores de peso hectolitro das linhagens de trigo analisadas variaram entre 76,0 (linhagem **A**) e 72,2 kg/hL (linhagem **G** e **H**). Esta variação no peso hectolitro pode ter sido causada por diferenças no formato e no tamanho dos grãos o que permitiu diferentes acomodações no recipiente de determinação do volume dos grãos.

De acordo com a classificação proposta por WILLIAMS et alii (1988a), a linhagem **A** apresentou valor de peso hectolitro no intervalo dos trigos "pesados" (faixa de 76,0 a 79 kg/hl). As demais linhagens e os trigos controles apresentaram valores no intervalo dos trigos "médios" (faixa de 72,0 a 75,0 kg/hl).

Os valores de peso hectolitro das amostras estão abaixo do valor médio de 77,5 kg/hl encontrado por NAGAO et alii (1977) em 3 amostras de trigo vermelho mole de inverno (*T. aestivum* L.) e do valor médio de 76,6 kg/hl encontrado por RASPER et alii (1986) em 49 amostras de trigo branco mole (*T. aestivum* L.).

O controle de *T. aestivum* L. apresentou peso hectolitro de 72,7 kg/hl, um valor inferior ao 82,4 kg/hl apresentado por este mesmo cultivar (IAC-24) no estudo de CAMARGO et alii (1993).

4.1.2. DUREZA

As linhagens de trigo apresentaram valores de dureza na faixa de 1830 kgm (linhagem **A**) a 1380 kgm (linhagem **B**) (**TABELA I**).

A maior dureza dos grãos foi encontrada no controle de *T. durum* L. (2115 kgm), o que era esperado, visto que os grãos de *T. durum* L. são normalmente mais duros que os de *T. aestivum* L. (HOSENEY & SEIB, 1973). Um comportamento similar foi encontrado por OBUCHOWSKI & BUSHUK (1980a) utilizando o "Brabender Hardness and Structure Tester" com diferentes ajustes. Estes autores obtiveram valores de dureza próximos a 900 U.B. em trigos duro (*T. durum* L.) e entre 670 e 812 U.B. em trigos vermelho mole (*T. aestivum* L.). O controle de *T. aestivum* L. apresentou 1630 kgm, sendo superado apenas pela linhagem **A** (1830 kgm).

4.1.3. VITREOSIDADE

Os valores de vitreosidade das linhagens variaram entre 60,2 a 96,2% (**TABELA I**). Segundo FERNANDES et alii (1978), amostras de trigos duro (*T. durum* L.) normalmente apresentam percentuais de vitreosidade maiores que os de trigos comuns (*T. aestivum* L.), o que também foi observado nos trigos controle utilizados. As linhagens **A** e **E** apresentaram os maiores valores de vitreosidade (91,8 e 96,2%, respectivamente), superando os valores encontrados nos controles de *T. durum* L. (90,4%) e *T. aestivum* L. (61,8%). Os mais baixos valores de vitreosidade apresentados pelas linhagens **G**, **H** e **I** foram similares aos encontrados por FERNANDES et alii (1978) em trigos vermelho duro de primavera (*T. aestivum* L.).

TABELA I

ANÁLISES FÍSICAS NOS GRÃOS

| Amostras ^D | Parâmetros ^A | | |
|-----------------------|---|------------------------------|----------------------------------|
| | Peso hectolitro ^B (kg/hl) | Dureza ^C (kgm) | Vitreosidade ^C (%) |
| TA | 72,7 d, e | 1630 c | 61,8 f |
| TD | 75,3 b | 2115 a | 90,4 a, b |
| A | 76,0 a | 1830 b | 91,8 a, b |
| B | 73,7 c | 1400 e, f | 87,9 b |
| C | 73,6 c | 1500 d | 71,4 c, d, e |
| D | 73,1 c, d | 1500 d | 77,0 c |
| E | 75,3 b | 1380 f | 96,2 a |
| F | 72,4 e | 1510 d | 75,5 c, d |
| G | 72,2 e | 1475 d, e | 69,1 d, e |
| H | 72,2 e | 1495 d | 60,2 f |
| I | 73,5 c | 1470 d, e | 64,8 e, f |

^A Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5%.

^B Valores representam a média de três replicatas.

^C Valores representam a média de duas replicatas.

^D TA = controle de *T. aestivum* L.; TD = controle de *T. durum* L.;

A, B, C, D, E, F, G, H e I = linhagens analisadas.

4.1.4. AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA DAS ANÁLISES FÍSICAS DOS GRÃOS

A TABELA II apresenta os resultados da Análise de Componente Principal (ACP) das análises físicas dos grãos das amostras de trigo. Na FIGURA 1 foram plotados os dois primeiros componentes principais (CP1 x CP2).

A ACP das análises revelou que o primeiro componente principal (CP1) atribuiu pesos semelhantes às três variáveis (*peso hectolitro, dureza e vitreosidade*) e correspondeu a 71,4% da variação total das observações iniciais. O segundo componente principal (CP2) atribuiu um peso maior para a *dureza* e correspondeu 24,4% da variação total das observações originais. Desta forma, CP1 e CP2 responderam juntos por 95,7% da variação total.

As variáveis de *peso hectolitro* e *vitreosidade* apresentaram uma alta correlação linear positiva (0,835). BAILEY (1916 citado por EVERS & BECHTEL, 1988) e CHANG (1986) também observaram que grãos vitreos apresentaram pesos específicos maiores do que os grãos não vitreos.

Observando o eixo CP1 na FIGURA 1, notou-se que as linhagens G, H, I e F encontraram-se próximas ao controle de *T. aestivum* L., principalmente em relação aos parâmetros de *peso hectolitro* e *vitreosidade* (TABELA II). Proximidade similar foi também observada entre a linhagem A e o controle de *T. durum* L.

A ACP das propriedades físicas estudadas indicou que as linhagens (exceto A, B e E) apresentaram características físicas semelhantes às do controle de *T. aestivum* L. (FIGURA 1), o que foi demonstrado pela distribuição próxima dos pontos das linhagens a este controle. A linhagem A apresentou características físicas mais próximas às do controle de *T. durum* L.

TABELA II
ANÁLISE DOS COMPONENTES PRINCIPAIS DAS
ANÁLISES FÍSICAS DOS GRÃOS DAS AMOSTRAS DE TRIGO

| Componente Principal | Proporção (%) | Autovetor | | |
|----------------------|---------------|-----------------|--------|--------------|
| | | Peso Hectolitro | Dureza | Vitreosidade |
| 1º | 71,4 | 0,653 | 0,461 | 0,601 |
| 2º | 24,4 | -0,155 | 0,858 | -0,490 |
| 1º + 2º | 95,7 | - | - | - |

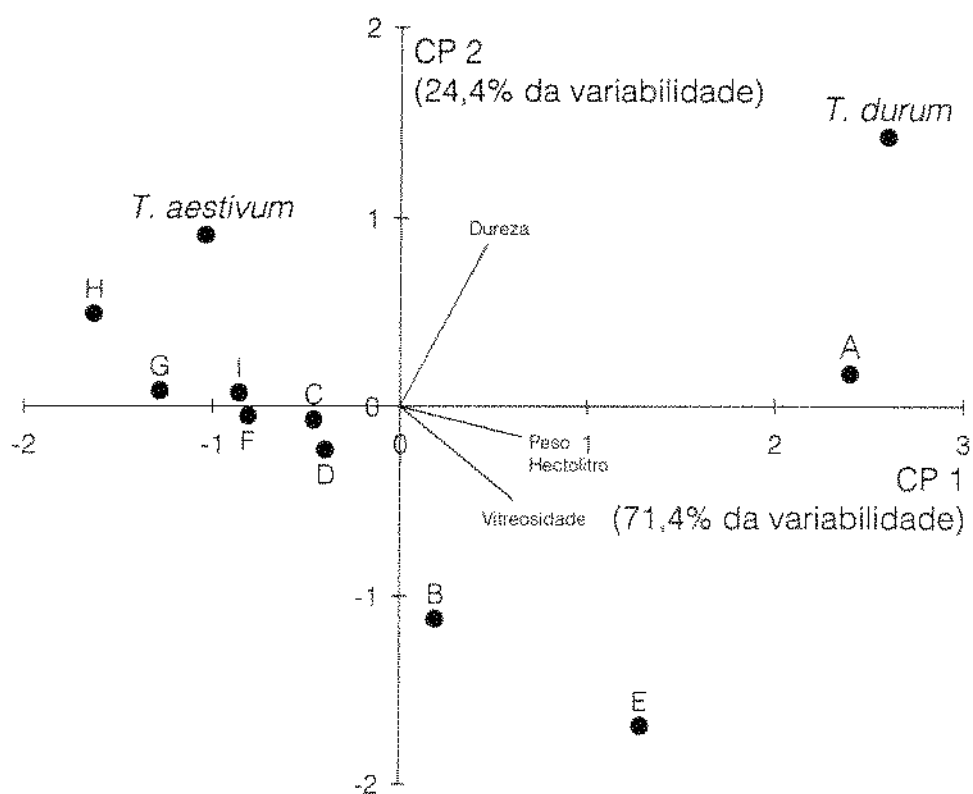


FIGURA 1. Representação gráfica dos dois primeiros componentes principais (CP1 × CP2) das análises físicas dos grãos. *T. aestivum* = controle de *Triticum aestivum* L.; *T. durum* = controle de *Triticum durum* L.; A, B, C, D, E, F, G, H e I = linhagens analisadas.

4.2. ANÁLISES QUÍMICAS DOS GRÃOS E DAS FARINHAS

4.2.1. PROTEÍNAS

A **TABELA III** apresenta os valores de proteína dos grãos e das farinhas das amostras. As linhagens apresentaram conteúdos protéicos, nos grãos, variando de 12,1 (linhagem **C**) a 14,4% (linhagem **E**), enquanto que os trigos controles apresentaram conteúdos protéicos de 13,9 (*T. aestivum* L.) e 12,0% (*T. durum* L.). Os teores protéicos médios apresentados pelos grãos e farinhas foram de 13,0 e 12,0%, respectivamente. Tais valores foram superiores aos 12,44 nos grãos e 10,0% obtidos em grãos e farinhas de amostras de trigos vermelho de inverno (*T. aestivum* L.), analisados por NAGAO et alii (1977).

O controle de *T. aestivum* L. (**TA**) apresentou conteúdo protéico na farinha de 12,3% (base seca), o qual foi pouco inferior ao apresentado por este mesmo cultivar (12,83% em base seca) no estudo de CAMARGO et alii (1993). Os conteúdos protéicos do grão e da farinha do controle de *T. durum* L. (12,0 e 11,4%, respectivamente), foram inferiores às médias protéicas encontradas nos grãos e nas semolinas de amostras de trigos duro (*T. durum* L.), citados por MATSUO et alii (1982) (17,07 e 13,84%, respectivamente) e D'EGIDIO et alii (1990) (13,1 e 11,8%, respectivamente).

HALVERSON & ZELENY (1988) citaram conteúdos mínimos de proteína para grãos (14,0%) e farinhas (12,8%), recomendados para o uso na produção de pães fermentados. Apenas os grãos das linhagens **B** e **E**, e a farinha da linhagem **B** apresentaram valores superiores aos mínimos sugeridos.

4.2.2. CINZAS

Os teores de cinza nos grãos das linhagens variaram entre 1,88 (linhagem **F**) e 2,11% (linhagem **G**) (**TABELA III**). Nas farinhas das linhagens analisadas, os teores de cinzas variaram entre 0,41 (linhagem **E**) e 0,67% (linhagem **A**). Tais valores foram semelhantes às médias encontrados por NAGAO et alii (1977) em grãos (1,91%) e farinhas (0,47%) de cultivares de trigos vermelho mole de inverno (*T. aestivum* L.) e aos de GAINES (1985), nas farinhas (de 0,40 a 0,48%) de trigos vermelho e branco moles de inverno.

O controle de *T. aestivum* L. utilizado apresentou teores de cinzas de 1,97 e 0,52% no grão e na farinha, em base seca, respectivamente. Este mesmo cultivar (IAC-24) apresentou 0,62% de cinzas na farinha, em base seca, segundo o estudo de CAMARGO et alii (1993). O controle de *T. durum* L. apresentou maior teor de cinzas na farinha (0,91%) que as linhagens e que o controle de *T. aestivum* L. Trigos duro (*T. durum* L.) normalmente apresentam teores de cinza superiores aos encontrados nos trigos comuns (*T. aestivum* L.) (TOEPFER et alii, 1972).

As farinhas das linhagens **A** e **D** apresentaram conteúdos de cinzas superiores aos das demais linhagens, talvez em decorrência de herança genética do trigo *T. durum* L. de origem.

TABELA III

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS GRÃOS E DAS FARINHAS DAS AMOSTRAS DE TRIGO

| Amostras ^B | Parâmetros ^A | | | | | |
|-----------------------|-------------------------|--------------|--------------|--------------|-----------|--------------|
| | Proteínas | | Cinzas | | Lipídios | |
| | Grãos (%) | Farinhas (%) | Grãos (%) | Farinhas (%) | Grãos (%) | Farinhas (%) |
| TA | 13,9 a, b | 12,3 b, c | 1,97 b, c, d | 0,52 d | 2,18 b, c | 1,26 d |
| TD | 12,0 e | 11,4 d, e | 2,04 a, b | 0,91 a | 1,93 d | 1,60 a |
| A | 13,0 c, d | 11,6 d, e | 2,00 b, c | 0,67 b | 2,33 b | 1,66 a |
| B | 14,1 a, b | 13,2 a | 1,95 c, d | 0,50 d | 2,59 a | 1,38 c |
| C | 12,6 d, e | 11,4 d, e | 2,00 b, c | 0,56 c, d | 2,58 a | 1,49 b |
| D | 12,1 e | 11,4 d, e | 1,90 d | 0,65 c, d | 2,62 a | 1,38 c |
| E | 14,4 a | 12,6 a, b | 2,00 b, c | 0,41 e | 2,20 b, c | 0,85 f |
| F | 12,3 d, e | 11,8 c, d | 1,88 d | 0,56 c, d | 2,54 a | 1,63 a |
| G | 13,6 c, d | 12,5 a, b | 2,11 a | 0,59 b, c, d | 2,53 a | 1,13 e |
| H | 12,5 d, e | 11,6 d, e | 2,02 a, b, c | 0,57 c, d | 2,09 c | 1,36 c |
| I | 12,8 d, e | 11,1 e | 2,00 b, c | 0,59 b, c, d | 2,60 a | 0,84 f |

^A Valores representam a média de três replicatas e estão expressos em base seca. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5%.

^B TA = Controle de *Triticum aestivum* L.; TD = Controle de *Triticum durum* L.;
A, B, C, D, E, F, G, H e I = linhagens analisadas.

4.2.3. LIPÍDIOS

Os teores de lipídios dos grãos das linhagens variaram entre 2,09 (linhagem **H**) e 2,62% (linhagem **D**), e entre 0,84 (linhagem **I**) e 1,66% (linhagem **A**), nas farinhas (**TABELA III**).

O teor de lipídios dos grãos do controle de *T. durum* L. foi inferior aos apresentados pelo controle de *T. aestivum* L. e pelas linhagens analisadas. Embora amostras de trigos duro (*T. durum* L.) tenham apresentado teores lipídicos médios superiores aos de trigos comuns (*T. aestivum* L.) (TOEPFER et alii, 1972). A farinha do controle de *T. aestivum* L. apresentou 1,26% de lipídios, apesar de, no estudo de CAMARGO et alii (1993), este mesmo cultivar ter apresentado 1,57%.

4.2.4. AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA DAS ANÁLISES QUÍMICAS DOS GRÃOS E DAS FARINHAS DAS AMOSTRAS DE TRIGO

A **TABELA IV** apresenta os resultados da análise de componente principal das análises químicas dos grãos e das farinhas das amostras de trigo.

Na análise da composição química dos grãos, o primeiro componente principal (CP1) atribuiu grande autovetor à variável *cinzas* (0,710) e, inversamente, à variável *lipídios* (-0,609). O CP1 correspondeu a 46,9% da variação total das observações iniciais. O segundo componente principal (CP2) atribuiu maior autovetor para a variável *proteínas* (0,860) e correspondeu a 33,6% da variação total das observações originais. Portanto, CP1 e CP2 corresponderam juntos a 80,5% da variação total.

Observando o eixo CP1 da **FIGURA 2**, as linhagens **A**, **E**, **G** e **H** e os dois trigos controles situaram-se próximos entre si, sendo que as linhagens **D** e **F** foram as mais distantes. Com relação a CP2, as linhagens **B**, **E**, **G** e o controle de *T. aestivum* L. apresentaram maiores pesos para a variável *proteína*, ao passo que o controle de *T. durum* L. apresentou o menor peso. A ACP mostrou as linhagens **A**, **C**, **G**, **E** e **I** foram as mais próximas ao controle de *T. aestivum* L., ao passo que a linhagem **H** foi a que apresentou maior proximidade ao controle de *T. durum* L. (**FIGURA 2**).

Na análise da composição química das farinhas, o primeiro componente principal (CP1) atribuiu autovetores semelhantes para as variáveis *lipídios* (0,531) e *cinzas* (0,649) e, de forma inversa, para a variável *proteína* (-0,544). O CP1 correspondeu a 63,1% da variabilidade, enquanto que o segundo componente principal atribuiu um autovetor maior para as variáveis *proteína* (0,688) e *lipídios* (0,726) e corresponderam a 25,3% da variação total das observações originais. Portanto, CP1 + CP2 responderam juntos por 88,4% da variabilidade total (**TABELA IV**).

Analisando a **FIGURA 3**, e observando CP1, a maioria das linhagens situou-se entre os valores dos trigos controles, exceto **B**, **E** e **G**, que permaneceram fora desta faixa. Em relação a CP2 observou-se que as linhagens, exceto **B** e **I**, e os trigos controles situaram-se próximos.

TABELA IV
ANÁLISE DOS COMPONENTES PRINCIPAIS DAS
ANÁLISES QUÍMICAS DOS GRÃOS E DAS FARINHAS DAS AMOSTRAS DE TRIGO

| Componente Principal | Proporção (%) | Autovetor | | |
|---------------------------------|---------------|-----------|----------|--------|
| | | Proteínas | Lipídios | Cinzas |
| Grãos | | | | |
| 1 ^º | 46,9 | 0,353 | -0,609 | 0,710 |
| 2 ^º | 33,6 | 0,860 | 0,510 | 0,010 |
| 1 ^º + 2 ^º | 80,5 | - | - | - |
| Farinha | | | | |
| 1 ^º | 63,1 | -0,544 | 0,531 | 0,649 |
| 2 ^º | 25,3 | 0,688 | 0,726 | -0,017 |
| 1 ^º + 2 ^º | 88,4 | - | - | - |

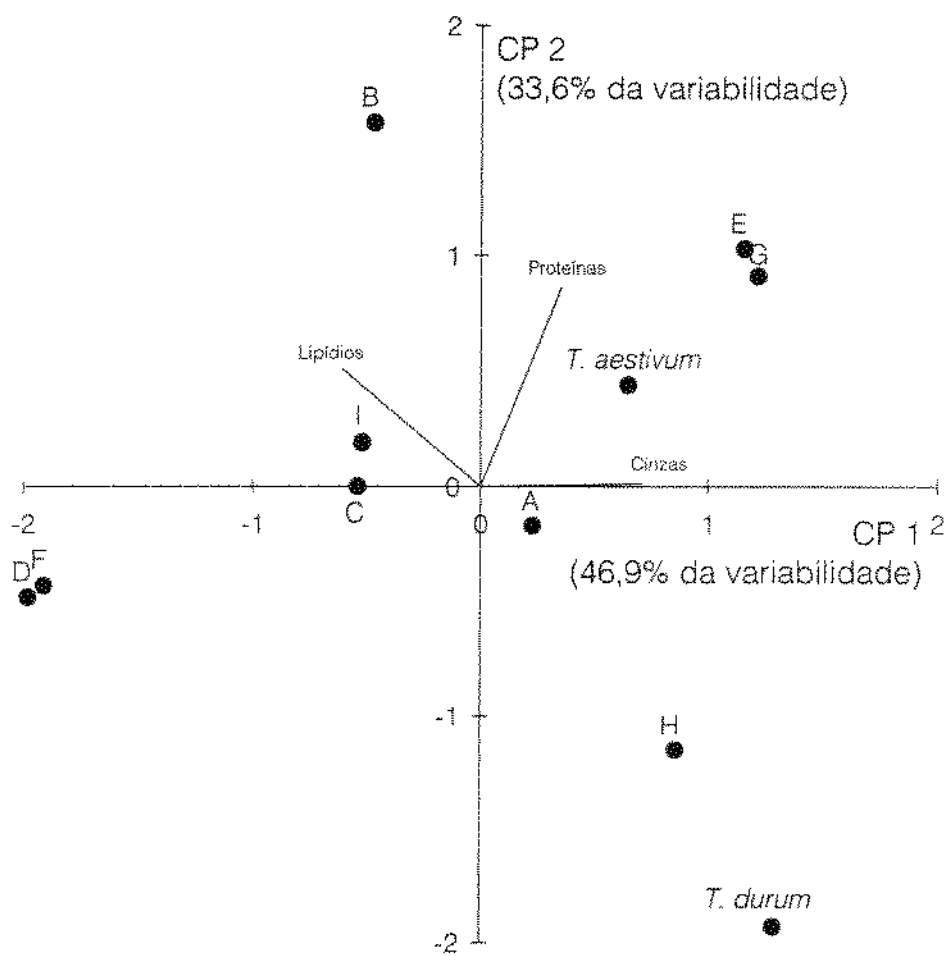


FIGURA 2. Representação gráfica dos dois primeiros componentes principais (CP1 × CP2) das análises químicas dos grãos das amostras de trigo. *T. aestivum* = controle de *Triticum aestivum* L.; *T. durum* = controle de *Triticum durum* L.; A, B, C, D, E, F, G, H e I = linhagens analisadas.

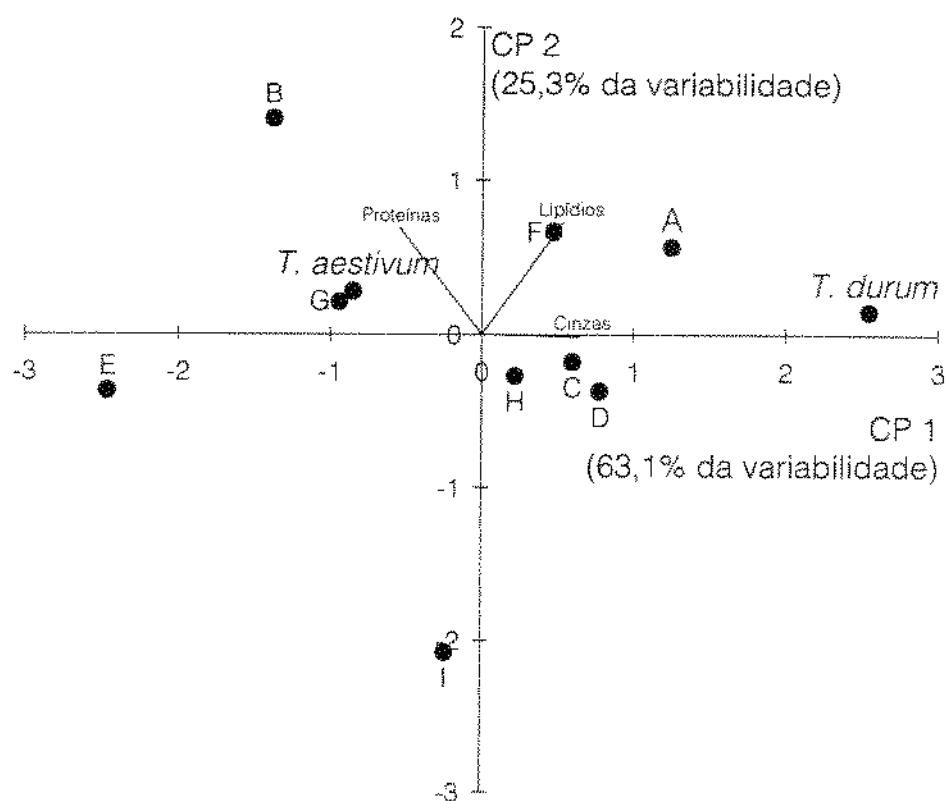


FIGURA 3. Representação gráfica dos dois primeiros componentes principais (CP1 × CP2) das análises químicas das farinhas das amostras de trigo. *T. aestivum* = controle de *Triticum aestivum* L.; *T. durum* = controle de *Triticum durum* L.; A, B, C, D, E, F, G, H e I = linhagens analisadas.

4.3. ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

4.3.1. TESTE DE SEDIMENTAÇÃO

Na **TABELA V** estão apresentados os valores do teste de sedimentação das farinhas das amostras de trigo.

Os resultados obtidos no teste de sedimentação das linhagens variaram entre 29,7 (linhagem **E**) e 37,3 ml (linhagem **H**) e foram inferiores à média de 64 ml encontrada por WILLIAMS et alii (1988b) em amostras de trigo branco mole (*T. aestivum* L.). BLACKMANN & GILL (1980) reportaram volumes de sedimento entre 32 e 38 ml, em amostras de trigos vermelho duro e mole de inverno (*T. aestivum* L.) cujos desempenhos de panificação foram de médios a médios-fracos.

O volume de sedimentação encontrado no controle de *T. durum* L. (23,0 ml) foi bem inferior aos valores médios 45,2 e 44,0 ml, obtidos em amostras de trigos duro (*T. durum* L.), por MATSUO et alii (1982) e D'EGIDIO et alii (1990), respectivamente.

Os volumes de sedimentação das linhagens e do controle de *T. aestivum* L. foram superiores aos encontrados no controle de *T. durum* L., o que concordou com os resultados de DEXTER et alii (1981), e é indicativo de maior força de glúten.

4.3.2. TEOR DE GLÚTEN

As linhagens **E** e **H** apresentaram, respectivamente, os maiores e menores valores de glúten úmido (32,45 e 22,15%, média de 25,28%) e seco (11,11 e 8,22%, média de 9,27%) (**TABELA V**). Estes valores foram inferiores aos teores apresentados por KULKARNI et alii (1987), para trigos vermelho de inverno (*T. aestivum* L.), onde os teores de glúten úmido variaram entre 20,9 a 40,0% (média de 30,45%) e os teores de glúten seco variaram entre 10,7 a 24,5% (média de 12,6%). Os teores de glúten úmido apresentados por dez cultivares de trigo nacional analisados por BÄR (1979) variaram entre 24 e 33% (média de 28,3%).

Os conteúdos de glúten úmido (18,09%) e seco (8,03%) do controle de *T. durum* L. foram mais baixos que os apresentados pelas linhagens e pelo controle de *T. aestivum* L. Estes resultados discordam dos encontrados por (QUAGLIA, 1988). Os conteúdos de glúten úmido de 10 amostras de trigos *T. durum* L. variaram entre 23,3 e 53,0% (média de 33,0%) (D'EGIDIO et alii, 1990).

TABELA V
ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DAS FARINHAS

| Amostras ^B | Parâmetros ^A | | | |
|-----------------------|----------------------------|------------------|-----------------|---------------------|
| | Teste de Sedimentação (ml) | Glúten Úmido (%) | Glúten Seco (%) | Índice de Queda (s) |
| TA | 29,8 d | 27,82 b | 9,83 b, c | 351 d |
| TD | 23,0 e | 18,09 d | 8,03 e | 391 a |
| A | 31,1 c, d | 24,13 c | 8,58 d, e | 375 b |
| B | 34,1 a, b, c | 30,52 a | 10,82 a, b | 364 c |
| C | 34,9 a, b | 22,96 c | 8,64 d, c | 352 d |
| D | 36,0 a | 27,00 b | 9,45 c, d | 357 c |
| E | 29,7 d | 32,45 a | 11,11 a | 363 c |
| F | 36,9 a | 22,33 c | 8,55 d, e | 353 d |
| G | 34,1 a, b, c | 22,68 c | 9,40 c, d | 353 d |
| H | 37,3 a | 22,15 c | 8,22 e | 354 d |
| I | 32,2 b, c, d | 23,32 c | 8,66 d, e | 350 d |

^A Valores representam a média de duas replicatas. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5%.

^B TA = controle de *Triticum aestivum* L.; TD = controle de *Triticum durum* L.; A, B, C, D, E, F, G, H e I = linhagens analisadas.

4.3.3. ÍNDICE DE QUEDA - "FALLING-NUMBER"

Os valores de índice de queda variaram entre 350 (linhagem **I**) e 375 segundos (linhagem **A**) (**TABELA V**).

Os valores de índice de queda apresentados pelas farinhas das linhagens e dos controles foram altos e característicos de trigos cultivados sob condições secas e quentes. Altos índices de queda são indicadores de baixa atividade amilolítica (QUAGLIA, 1988), e inadequada para a produção de pães fermentados, que requerem valores em torno de 250 segundos (PERTEN, 1964). O mais alto valor de índice de queda, entre as amostras, foi apresentado pela farinha do trigo controle de *T. durum* L. Trigos duro (*T. durum* L.) cultivados sob as mesmas condições de trigos comuns (*T. aestivum* L.) podem apresentar índices de queda maiores devido à natureza do seu amido (BOYACIOGLU & D'APPOLONIA, 1994). BERRY et alii (1971) analisaram o comportamento de farinhas de triticale, centelo, trigos duro (*T. durum* L.) e comuns (*T. aestivum* L.) e observaram que as temperaturas iniciais de pasta foram maiores nas farinhas de trigos duro (*T. durum* L.) (79° C) em relação à dos trigos vermelho duro de primavera (*T. aestivum* L.) (64° C). Tal comportamento explicaria, de certa maneira, o maior índice de queda apresentado pelo controle de *T. durum* L., em relação ao das outras amostras, já que o amido gelatinizado estaria exposto à ação enzimática por um menor período de tempo devido à desnaturação térmica das enzimas amilolíticas.

4.3.4. AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DAS AMOSTRAS

A **TABELA VI** apresenta os resultados da análise de componente principal das determinações físico-químicas das farinhas das amostras.

O primeiro componente principal (CP1) atribuiu pesos maiores para as variáveis *glúten úmido* e *seco* e correspondeu a 53,3% da variação total das observações iniciais. O segundo componente principal (CP2) foi mais influenciado pelas variáveis *teste de sedimentação* (-0,784) e *índice de queda* (0,675) e correspondeu a 39,3% da variação total das observações originais. Portanto, CP1 e CP2 responderam juntos por 92,6% da variabilidade total.

No eixo CP1 da **FIGURA 4**, todas as linhagens estão na faixa entre o controle de *T. aestivum* L. e o de *T. durum* L., exceto as linhagens **B** e **E** que apresentaram pesos maiores para as variáveis *glúten úmido* e *seco*. O controle de *T. durum* L. apresentou o menor peso. No eixo CP2, as linhagens **E** e **B** e o controle de *T. durum* L. apresentaram os maiores pesos para a variável *número de queda*.

A análise dos resultados físico-químicos através da ACP (**FIGURA 4**) mostrou que as linhagens apresentaram comportamento mais próximo ao do trigo controle de *T. aestivum* L., uma vez que a distribuição dos pontos das linhagens esteve mais próxima deste do que do controle de *T. durum* L.

TABELA VI

ANÁLISE DOS COMPONENTES PRINCIPAIS DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DAS FARINHAS

| Componente Principal | Proporção (%) | Autovetor | | | |
|----------------------|---------------|-----------------------|--------------|-------------|-----------------|
| | | Teste de Sedimentação | Glúten Úmido | Glúten Seco | Índice de Queda |
| 1º | 53,3 | 0,519 | 0,877 | 0,821 | -0,648 |
| 2º | 39,3 | -0,784 | 0,449 | 0,549 | 0,675 |
| 1º + 2º | 92,6 | - | - | - | - |

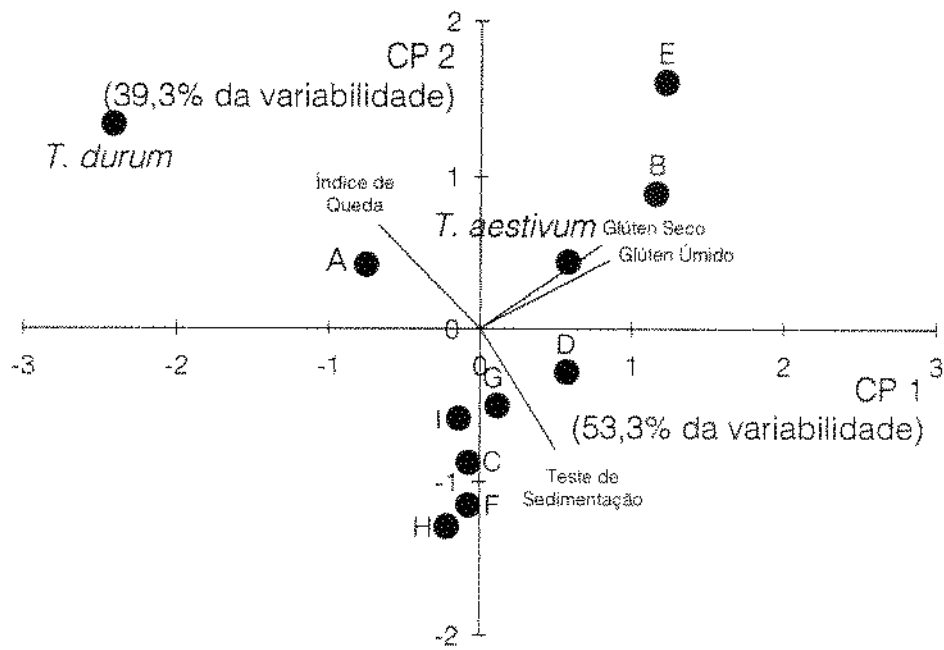


FIGURA 4. Representação gráfica dos dois primeiros componentes principais (CP1 x CP2) das análises físico-químicas das amostras. *T. aestivum* = controle de *Triticum aestivum* L.; *T. durum* = controle de *Triticum durum* L.; A, B, C, D, E, F, G, H e I = linhagens analisadas.

4.4. ANÁLISES REOLÓGICAS

4.4.1. FARINOGRAMAS

A TABELA VII apresenta os resultados farinográficos das farinhas das amostras e as Figuras 5 a 8 apresentam os farinogramas das amostras.

Analisando os valores dos parâmetros farinográficos das linhagens observou-se que o tempo de desenvolvimento variou entre 2,5 (linhagens B e E) e 5,5 minutos (linhagem A). O tempo de desenvolvimento médio apresentado pelas linhagens (3,6 minutos), foi superior à média (2,4 minutos) reportada por WILLIAMS et alii (1988b) em 35 amostras de trigos branco mole de primavera (*T. aestivum* L.). Os valores de absorção de água das amostras variaram entre 50,8 (linhagem I) e 54,9% (linhagem A), com valor médio de 52,8%, o qual foi superior à média de 48,6% registrada por RASPER et alii (1986) em 49 amostras de trigo branco mole (*T. aestivum* L.) e inferior à média de 56,9% de dez cultivares de trigo nacional analisados por BÄR (1979). Neste último experimento, a performance farinográfica média dos cultivares avaliados foi pouco inferior à apresentada pelas linhagens (A a I) deste estudo.

O cultivar controle de *T. aestivum* L. (IAC-24) utilizado neste trabalho também foi avaliado no experimento de CAMARGO et alii (1993), e os desempenhos farinográficos foram semelhantes. O controle de *T. durum* L. apresentou um comportamento farinográfico considerado fraco, tendo apresentado o menor tempo de desenvolvimento entre as amostras. Segundo BOYACIOGLU & D'APPOLONIA (1994), massas de trigos duros (*T. durum* L.) costumam apresentar fracos desempenhos farinográficos.

As 9 linhagens analisadas, exceto a A, foram classificadas como farinhas de força fraca, de acordo com a classificação de WILLIAMS et alii (1988a), que se baseia nos parâmetros farinográficos de tempo de desenvolvimento, estabilidade e índice de tolerância à mistura. De acordo com esta classificação, a linhagem A, que apresentou valores de tempo de desenvolvimento e estabilidade superiores às demais linhagens, foi classificada como farinha de força média-fraca. Segundo a classificação do trigo no Brasil (BRASIL, 1994), que considera somente o parâmetro estabilidade, as linhagens D, G e H foram de classe superior, enquanto que a B, C, F e I foram de classe intermediária e a linhagem E, classe comum, por não se enquadrar em nenhuma das classes anteriores.

As farinhas das linhagens de trigo analisadas (A a I) apresentaram, de acordo com PATTON & MAILHOT (1988), parâmetros farinográficos adequados para uso caseiro e produção de biscoitos e crackers.

TABELA VII

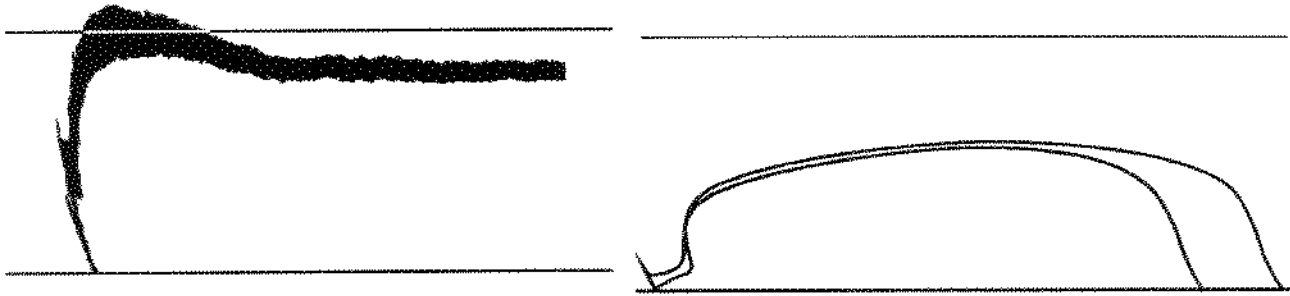
RESULTADOS FARINOGRÁFICOS DAS FARINHAS

| Amostras ^B | Parâmetros ^A | | | | |
|-----------------------|-------------------------|------------------|------------------|--------------------|------------|
| | Absorção (%) | T. Chegada (min) | T. Desenv. (min) | Estabilidade (min) | ITM (U.F.) |
| TA | 57,2 | 1,5 | 3,0 | 5,0 | 80 |
| TD | 62,6 | 1,0 | 1,5 | 3,0 | 80 |
| A | 54,9 | 1,5 | 5,5 | 8,0 | 70 |
| B | 54,5 | 1,5 | 2,5 | 3,5 | 120 |
| C | 52,9 | 1,0 | 3,0 | 4,5 | 80 |
| D | 51,6 | 1,5 | 3,5 | 5,5 | 80 |
| E | 54,7 | 1,5 | 2,5 | 2,5 | 140 |
| F | 51,2 | 1,5 | 3,5 | 4,0 | 60 |
| G | 51,4 | 1,5 | 3,0 | 5,0 | 70 |
| H | 52,8 | 1,0 | 3,0 | 6,0 | 60 |
| I | 50,8 | 1,5 | 3,0 | 4,0 | 80 |

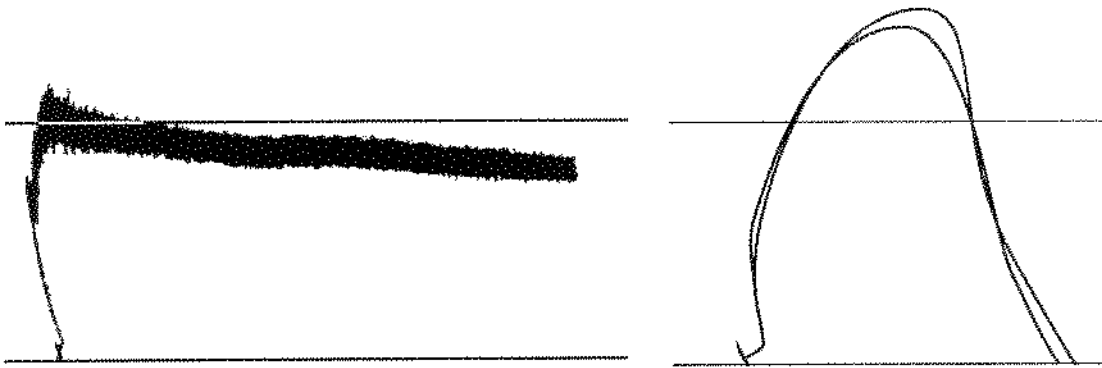
^A **Absorção** = absorção de água; **T. Chegada** = tempo de chegada; **T. Desenv.** = tempo de desenvolvimento; **ITM** = índice de tolerância à mistura; **(U.F.)** = unidades farinográficas.

^B **TA** = controle de *Triticum aestivum* L.; **TD** = controle de *Triticum durum* L.; **A, B, C, D, E, F, G, H e I** = linhagens analisadas.

T. aestivum L. controle:



T. durum L. controle:



Linhagem A:

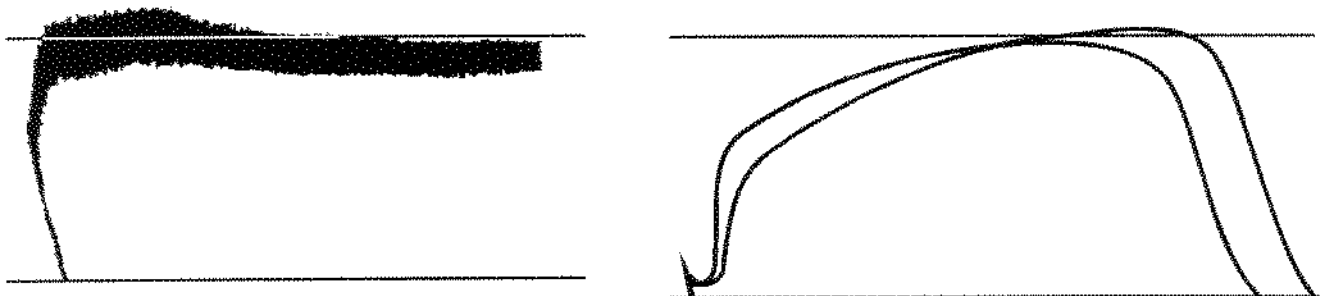


FIGURA 5. Farinogramas (esquerda) e extensogramas a 135 minutos (direita) das farinhas dos controles de *T. aestivum* L., *T. durum* L. e da linhagem A.

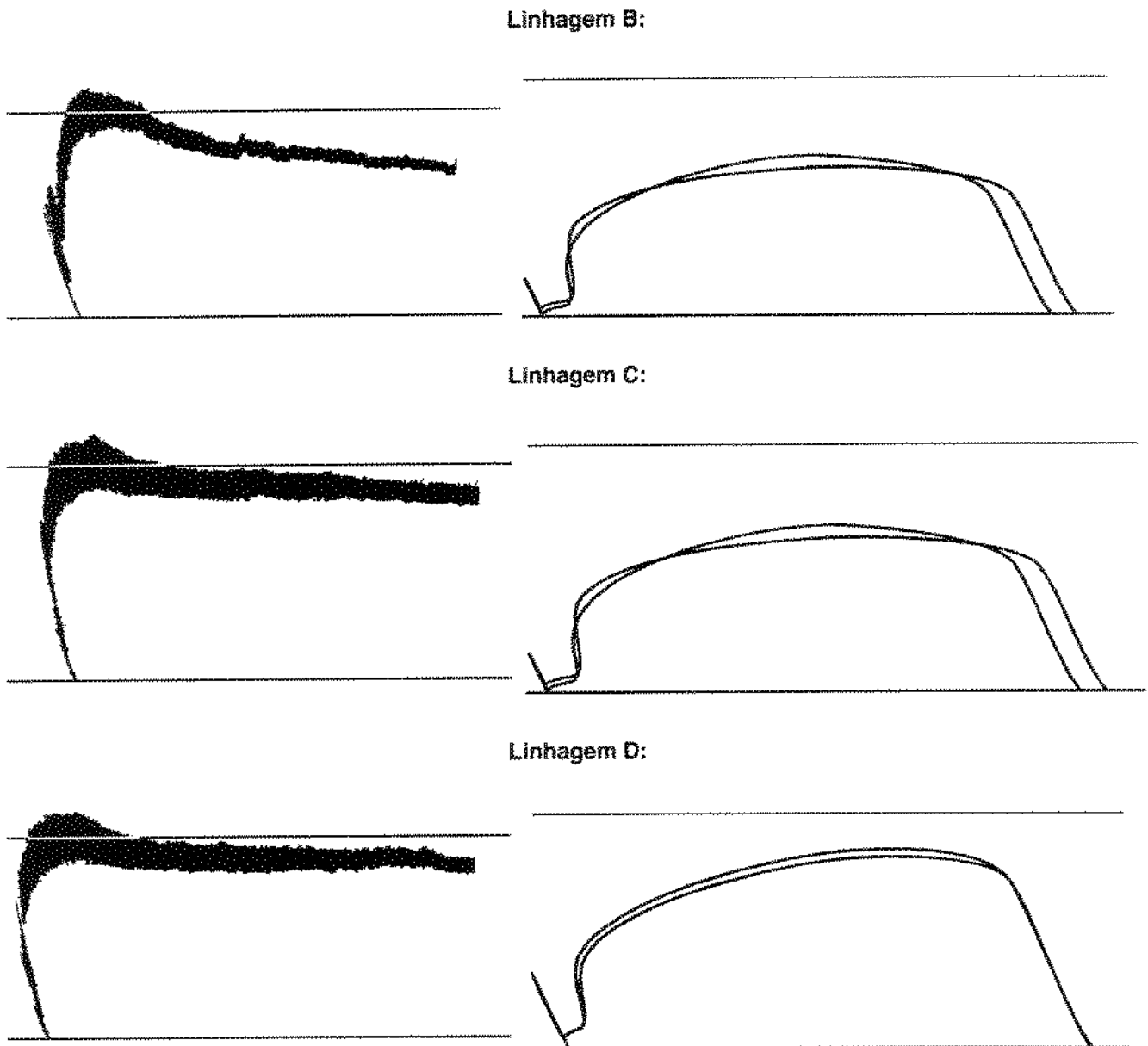
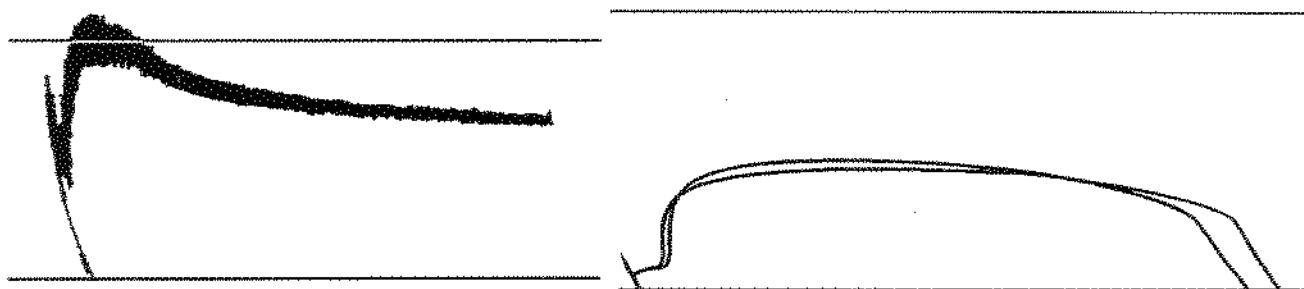


FIGURA 6. Farinogramas (esquerda) e extensigramas a 135 minutos (direita) das farinhas das linhagens B, C e D.

Linhagem E:



Linhagem F:



Linhagem G:

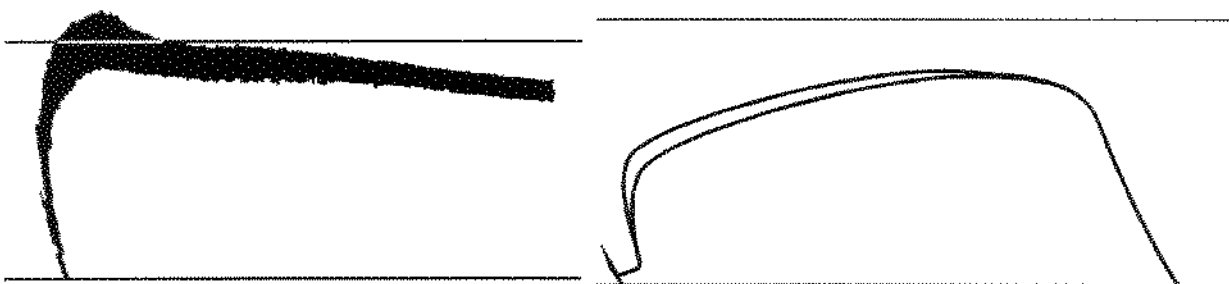
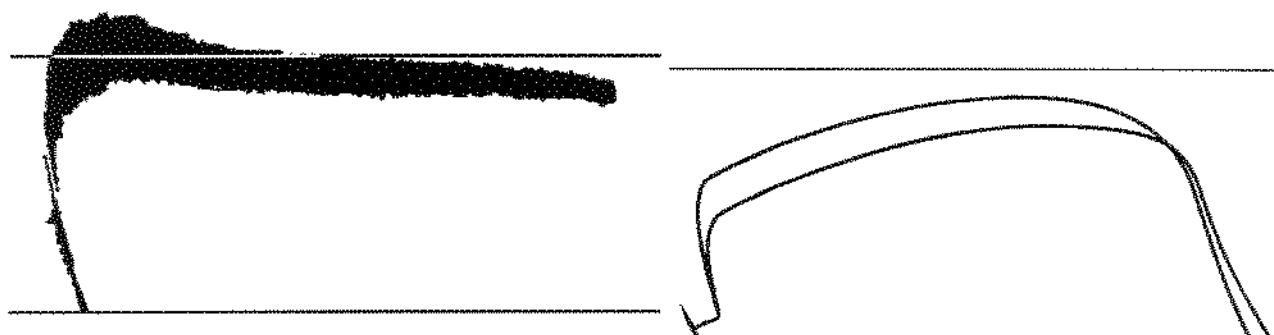


FIGURA 7. Farinogramas (esquerda) e extensogramas a 135 minutos (direita) das farinhas das linhagens E, F e G.

Linhagem H



Linhagem I

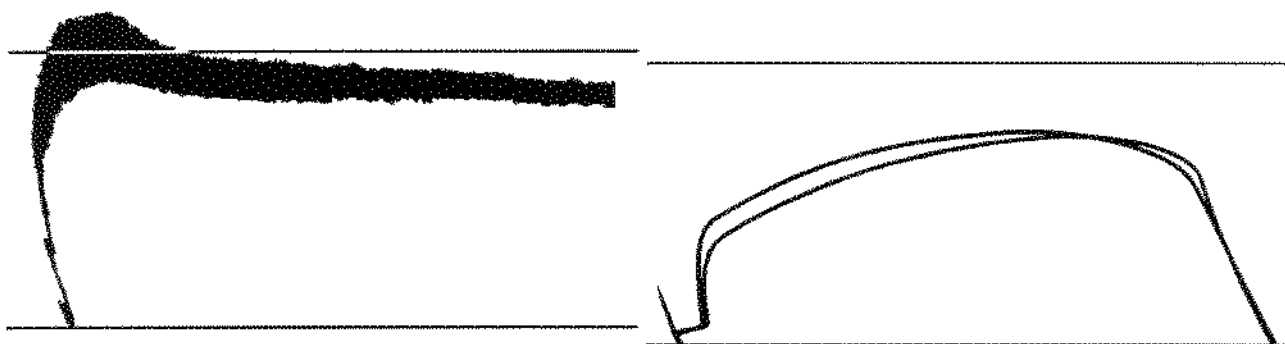


FIGURA 8. Farinogramas (esquerda) e extensogramas a 135 minutos (direita) das farinhas das linhagens H e I.

4.4.2. EXTENSIGRAMAS

A **TABELA VIII** apresenta os valores extensigráficos das amostras e as **Figuras 5 a 8** apresentam os extensigramas das amostras.

Analisando os extensigramas das linhagens nos tempos de 135 minutos notou-se que os valores de *resistência à extensão* variaram entre 220 U.E. (linhagem **B**) e 350 (linhagem **A**), e os de *resistência máxima* variaram entre 250 (linhagens **B** e **E**) e 530 (linhagem **A**).

De acordo com a classificação de JOHNSON et alii (1946), as linhagens **A** e **H** (melhores desempenhos extensigráficos) obtiveram características superiores aos valores médios de "farinhas para crackers" (320 U.E. de *resistência à extensão* e 130 mm de *extensibilidade*) e pouco inferiores aos valores mínimos de "farinhas para pães" (320 U.E. e 150 mm). As linhagens **C**, **D**, **F**, **G** e **I** apresentaram valores superiores ou semelhantes aos valores médios de "farinhas para esponja de crackers" (270 U.E. e 180 mm). As linhagens **B** e **E** (piores desempenhos extensigráficos), apresentaram características semelhantes às apresentados pelas "farinhas para biscoitos" (220 U.E. e 150 mm).

Segundo a classificação de TIPPLES & KILBORN (1972), a farinha da linhagem **A** apresentou perfil extensigráfico próximo ao dos trigos *fortes*, podendo ser classificada como farinha de força *média-forte*, ao passo que as linhagens **B** e **E**, que obtiveram os menores valores de *resistência à extensão* e *resistência máxima* apresentaram perfis semelhantes aos das farinhas de força *fraca*.

A *resistência à extensão* e a *extensibilidade* médias, aos 135 minutos, obtidas pelas linhagens (255 U.E. e 193 mm, respectivamente) foram superiores às apresentadas pelo cultivar de trigo nacional IAC-18BA (70 U.E. e 168 mm, respectivamente), no estudo de VITTI et alii (1982).

Comparando os resultados extensigráficos, aos 135 minutos, do cultivar controle de *T. aestivum* L., utilizado neste experimento (**TABELA VIII**), com o do mesmo cultivar estudado anteriormente por CAMARGO et alii (1993), foram observados valores de *resistência à extensão* (185 U.E.), *resistência máxima* (260 U.E.) e *extensibilidade* (199 mm), inferiores aos encontrados nesse estudo (**TABELA VIII**). As diferenças podem ser atribuídas a diferentes condições de cultivo (local, ano de plantio, adubação, etc.).

Dentre as amostras analisadas, o controle de *T. durum* L. apresentou o maior valor de *resistência à extensão* (620 U.E.) e *resistência máxima* (700 U.E.) e a menor *extensibilidade* (117 mm). A *resistência à extensão* apresentada pelo controle de trigo *T. durum* L. foi superior à média de 440 U.E. obtida por EREJEF & SHIBLI (1993), em nove cultivares de trigos duro (*T. durum* L.), porém a *extensibilidade* foi inferior à média (134 mm) obtida por estes autores.

De acordo com FEILLET (1988) e BOYACIOGLU & D'APPOLONIA (1994), massas de trigos duro (*T. durum* L.) são menos elásticas e mais extensíveis que as de trigos comuns (*T. aestivum* L.). Em relação ao controle de *T. aestivum* L., o controle de *T. durum* L. analisado apresentou um comportamento extensigráfico distinto do esperado por estes autores.

De acordo com MAILHOT & PATTON (1988), as farinhas das linhagens estudadas apresentaram *extensibilidade* de média a curta e *resistência à extensão* de média-baixa a baixa, o que as classifica para a produção de farinhas para bolos, biscoitos e crackers e farinhas de uso caseiro.

TABELA VIII

RESULTADOS EXTENSIGRÁFICOS DAS FARINHAS

| Amostras ^A | Parâmetros | | | | | | | | |
|-----------------------|---|--------|---------|---|--------|---------|-------------------------|--------|---------|
| | Resistência à Extensão (U.E.) ^B | | | Resistência Máxima (U.E.) ^B | | | Extensibilidade (mm) | | |
| | 45 min | 90 min | 135 min | 45 min | 90 min | 135 min | 45 min | 90 min | 135 min |
| TA | 240 | 310 | 340 | 330 | 380 | 410 | 205 | 171 | 174 |
| TD | 455 | 555 | 620 | 495 | 630 | 700 | 120 | 109 | 117 |
| A | 340 | 350 | 350 | 500 | 500 | 530 | 201 | 182 | 195 |
| B | 220 | 215 | 220 | 260 | 245 | 250 | 205 | 225 | 201 |
| C | 240 | 270 | 265 | 305 | 310 | 335 | 197 | 198 | 197 |
| D | 275 | 290 | 305 | 370 | 395 | 400 | 189 | 191 | 186 |
| E | 180 | 220 | 235 | 210 | 240 | 250 | 210 | 209 | 205 |
| F | 265 | 265 | 278 | 350 | 360 | 360 | 197 | 199 | 192 |
| G | 290 | 280 | 300 | 370 | 370 | 370 | 201 | 202 | 186 |
| H | 310 | 315 | 340 | 390 | 410 | 430 | 186 | 189 | 188 |
| I | 270 | 270 | 270 | 345 | 375 | 375 | 195 | 194 | 190 |

^A TA = controle de *Triticum aestivum* L.; TD = controle de *Triticum durum* L.;

A, B, C, D, E, F, G, H e I = linhagens analisadas.

^B (U.E.) = unidades extensigráficas.

4.4.3. AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA DAS ANÁLISES REOLÓGICAS DAS FARINHAS

A **TABELA IX** apresenta os resultados da análise de componente principal dos 8 parâmetros reológicos determinados através das avaliações dos farinogramas e extensigramas das farinhas das amostras.

O primeiro componente principal (CP1) correspondeu a 49,8% da variabilidade, atribuindo autovetores maiores para as variáveis *resistência à extensão*, *resistência máxima* e inversamente para *extensibilidade*, e atribuiu menor peso para a variável *estabilidade*. O segundo componente principal (CP2) atribuiu autovetores maiores para as variáveis *tempo de desenvolvimento* e *estabilidade*, e correspondeu a 31,1% da variação total das observações iniciais. Portanto, CP1 + CP2 responderam juntos por 80,9% da variação total.

Analisando a **FIGURA 9** e observando CP1, as linhagens e o controle de *T. aestivum* L. apresentaram comportamento reológico semelhante, determinado principalmente pela influência dos parâmetros extensigráficos (maiores autovetores), o que distanciou o controle *T. durum* L. das demais amostras.

Considerando CP2, as linhagens **C, D, F, G, H e I**, situaram-se próximas do controle de *T. aestivum* L., ao passo que as linhagens de **B e E** situaram-se próximas ao controle de *T. durum* L., principalmente em função dos baixos valores farinográficos apresentados nas variáveis de maior influência neste componente principal. A linhagem **A** apresentou-se distante das demais, basicamente em função das suas superiores características farinográficas.

TABELA IX

ANÁLISE DOS COMPONENTES PRINCIPAIS DAS ANÁLISES REOLÓGICAS DAS AMOSTRAS

| C P ^a | Prop.% ^b | Autovetor ^c | | | | | | | |
|---------------------------------|---------------------|------------------------|----------------|------------------|--------|-------|-----------------|-----------------|-------|
| | | Abs. | Tempo Cheg. | Tempo Desenv. | Estab. | I T M | Resist. Ext. | Resist. Máx. | Ext. |
| 1 ^o | 49,8 | 0,39 | -0,31 | -0,15 | 0,01 | -0,19 | 0,49 | 0,45 | -0,49 |
| 2 ^o | 31,1 | -0,24 | 0,08 | 0,55 | 0,59 | -0,48 | 0,03 | 0,22 | 0,02 |
| 1 ^o + 2 ^o | 80,9 | . | . | . | . | . | . | . | . |

^a C P = componente principal.

^b Prop.% = proporção em porcentagem.

^c Abs. = absorção de água; Tempo Cheg. = tempo de chegada; Tempo Desenv. = tempo de desenvolvimento; Estab. = estabilidade; I T M = índice de tolerância à mistura; Resist. Ext. = resistência à extensão; Resist. Máx. = resistência máxima; Ext. = extensibilidade.

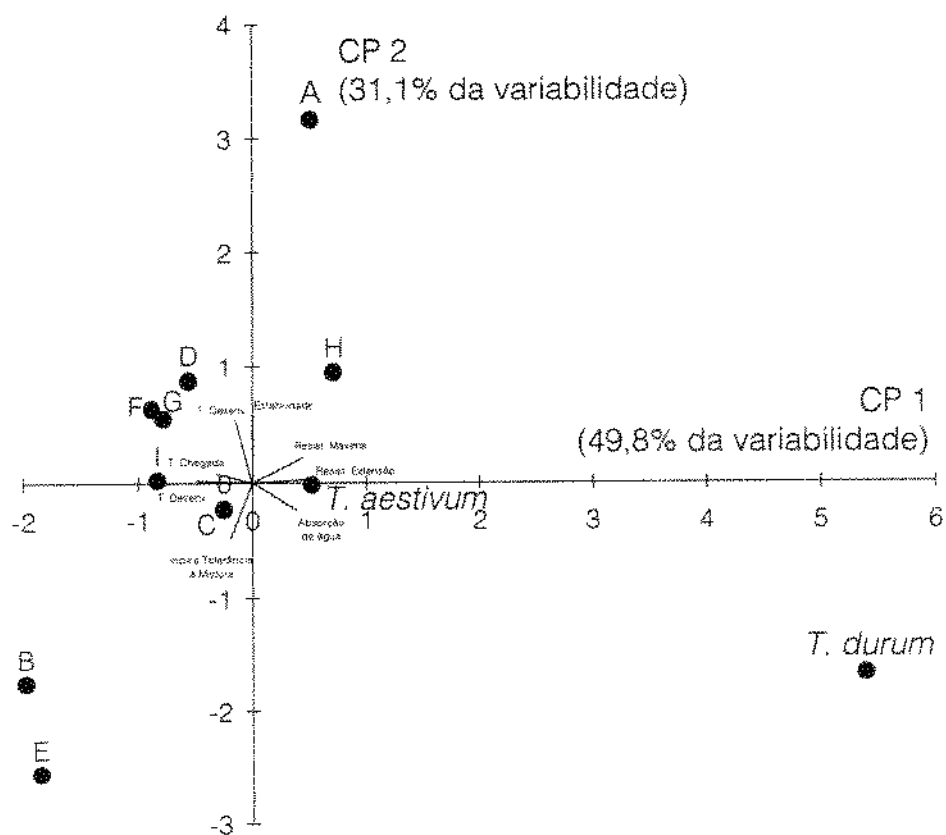


FIGURA 9. Representação gráfica dos dois primeiros componentes principais (CP1 \times CP2) das análises reológicas das farinhas. *T. aestivum* = controle de *Triticum aestivum* L.; *T. durum* = controle de *Triticum durum* L.; A, B, C, D, E, F, G, H e I = linhagens analisadas.

4.5. TESTE DE PANIFICAÇÃO

4.5.1. AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS EXTERNAS DOS PÃES

As *características externas* dos pães confeccionados com as farinhas das amostras de trigo e o aspecto visual externo e interno estão apresentados, respectivamente, na **TABELA X**, e nas **FIGURAS 10** e **11**.

A pontuação das *características externas* dos pães das linhagens variou entre 22,0 (linhagem **I**) e 31,7 (linhagem **A**), para um máximo de 40 pontos. Os valores de volume específico dos pães das linhagens variaram entre 4,02 (linhagem **C**) e 5,32 (linhagem **B**). Apesar dos pães das linhagens **B**, **F** e **I** terem apresentado altos valores de *volume específico*, estes obtiveram as menores pontuações nos itens *cor da crosta*, *simetria* e *quebra*, em função de suas superfícies irregulares, formatos assimétricos e laterais caídas. Estes resultados podem ser justificados tendo em vista que essas linhagens apresentaram parâmetros reológicos característicos de farinhas fracas.

O cultivar usado como controle de *T. aestivum* L. apresentou *características externas* (32,1 pontos e volume específico de 4,69) superiores às apresentadas pelo mesmo cultivar (IAC-24) no experimento realizado por CAMARGO et alii (1993) (30,7 pontos e volume específico de 4,0). No presente estudo, o volume específico do pão do controle de *T. durum* L. foi bem inferior ao apresentado pelas demais amostras, apesar do uso de ácido ascórbico na formulação da massa. BOYACIOGLU & D'APPOLONIA (1994) analisaram seis farinhas de trigos duro (*T. durum* L.) e três de trigos vermelho duro de primavera (*T. aestivum* L.) e reportaram o efeito positivo da adição de um agente oxidante à massa dos pães de trigos duro (*T. durum* L.). De acordo com estes autores, nas formulações sem adição de oxidante (bromato de potássio), os volumes dos pães e as *características externas* das farinhas de trigos duro (*T. durum* L.) foram os mais baixos, porém ligeiramente menor que os dos pães feitos com as farinhas dos trigos comuns (*T. aestivum* L.) de "força fraca". No entanto, nas formulações onde foi utilizado agente oxidante (bromato de potássio), o volume dos pães das farinhas de trigos duro (*T. durum* L.) foi maior e as *características externas* semelhantes às dos pães das farinhas "fracas" dos trigos comuns (*T. aestivum* L.). Estes autores salientaram que o uso de um agente oxidante na formulação pode resultar em uma oxidação excessiva em massas de trigos comuns (*T. aestivum* L.), mas parece ter um efeito positivo nas farinhas de trigos duro (*T. durum* L.).

TABELA X
CARACTERÍSTICAS EXTERNAS DOS PÃES DAS AMOSTRAS

| Amostras ^B | Parâmetros ^A | | | | |
|-------------------------|-------------------------------|---------------|--------|----------|-----------|
| | Volume Específico (× 3,33) | Cor da Crosta | Quebra | Simetria | Somatória |
| TA | 15,6 b, c | 8,0 | 4,5 | 4,0 | 32,1 b |
| TD | 8,3 h | 2,0 | 0,0 | 0,0 | 10,3 h |
| A | 15,2 c, d, e | 9,0 | 3,5 | 4,0 | 31,7 d, e |
| B | 17,7 a | 4,0 | 1,0 | 1,0 | 23,7 e, f |
| C | 13,4 g | 9,5 | 3,0 | 3,0 | 28,9 c |
| D | 14,7 e, f | 7,0 | 3,0 | 3,5 | 28,2 g |
| E | 15,5 b, c, d | 7,0 | 2,0 | 3,0 | 27,5 g |
| F | 14,7 e, f | 6,0 | 2,0 | 2,0 | 24,7 a |
| G | 14,2 f | 9,0 | 3,0 | 3,0 | 29,2 c, d |
| H | 14,8 d, e, f | 9,0 | 4,0 | 3,5 | 31,3 d, c |
| I | 16,0 b | 4,0 | 1,0 | 1,0 | 22,0 f, g |
| Pont. Máx. ^C | 20,0 | 10,0 | 5,0 | 5,0 | 40,0 |

^A Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5%.

^B TA = controle de *Triticum aestivum* L.; TD = controle de *Triticum durum* L.;

A, B, C, D, E, F, G, H e I = linhagens analisadas.

^C Pont. Máx. = pontuação máxima de cada parâmetro.

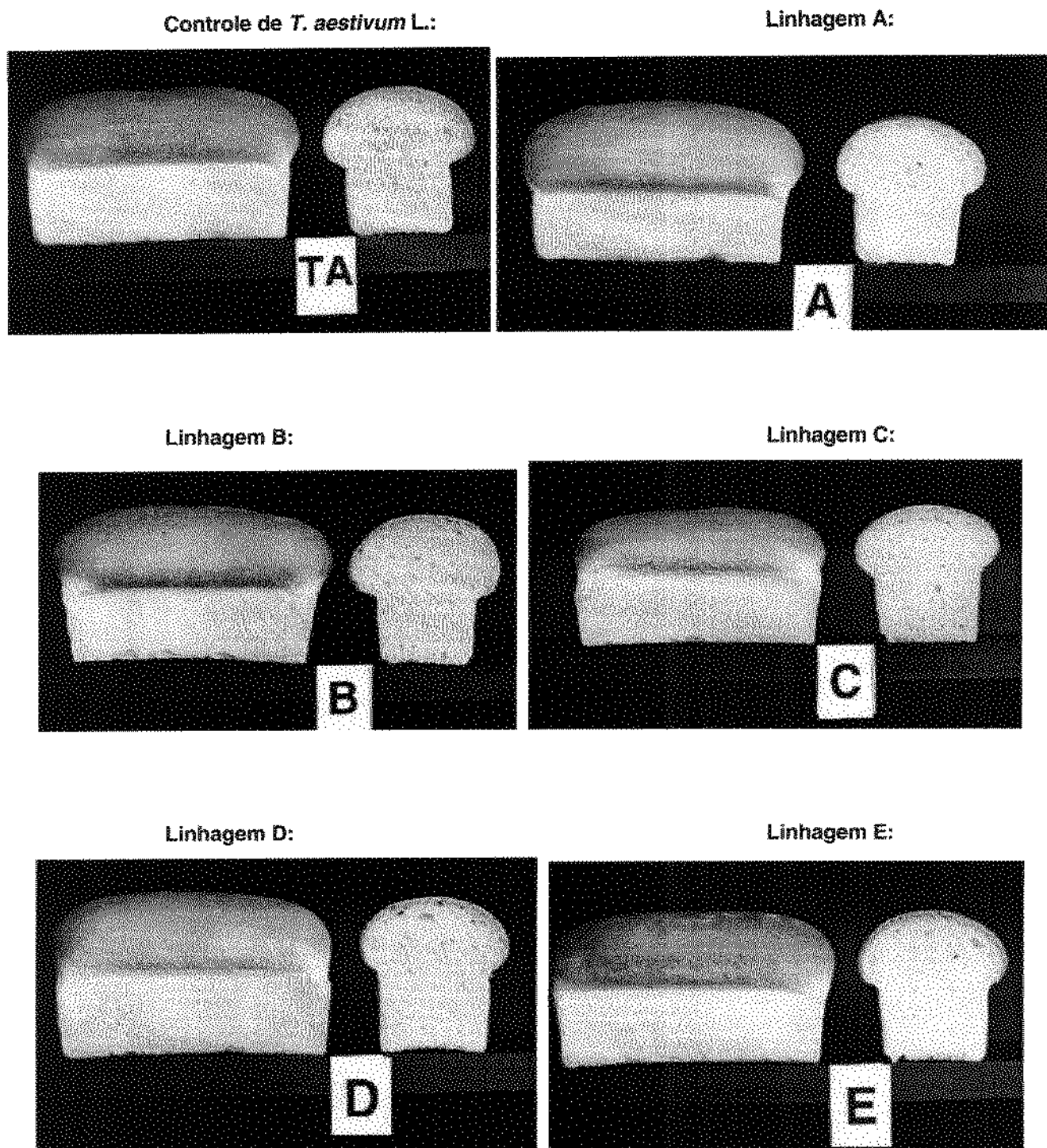
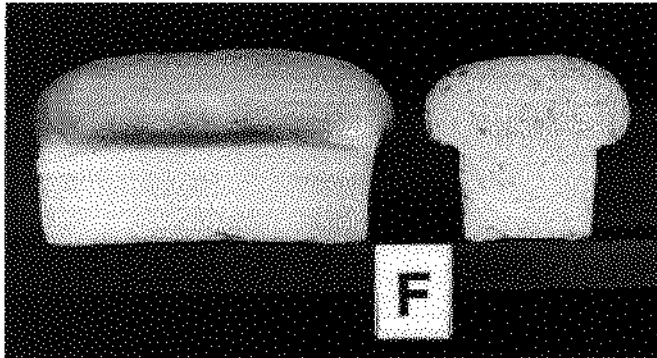
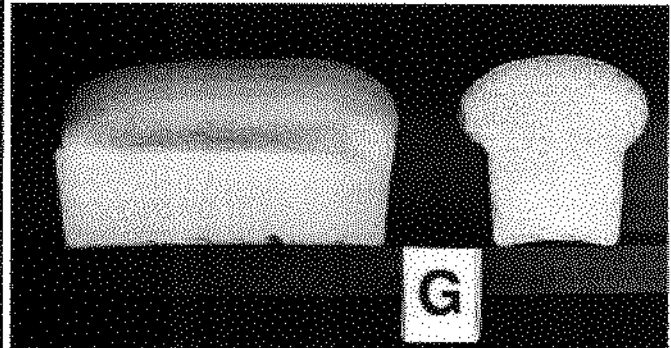


FIGURA 10. Aspecto visual externo e interno dos pães do controle de *Triticum aestivum* L. e das linhagens A, B, C, D e E.

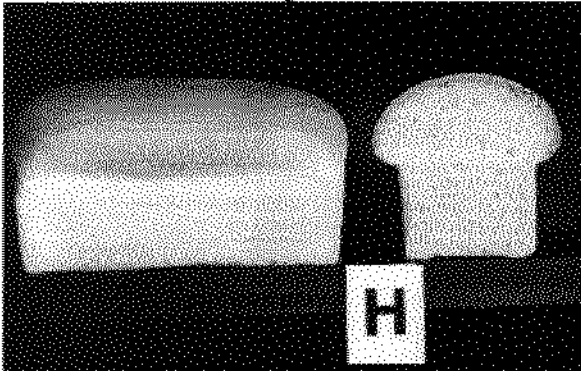
Linhagem F:



Linhagem G:



Linhagem H:



Linhagem I:

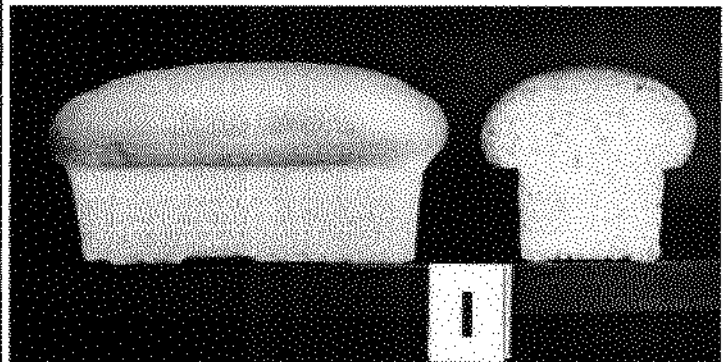


FIGURA 11. Aspecto visual externo e interno dos pães das linhagens E, F, G, H e I.

4.5.1.1. AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA DAS CARACTERÍSTICAS EXTERNAS DOS PÃES

O resultado da ACP das *características externas* dos pães está na **TABELA XI**.

O primeiro componente principal (CP1) correspondeu a 75,1% da variabilidade, atribuindo os maiores autovetores para as variáveis *cor da crosta*, *quebra* e *simetria*, e atribuiu menor peso para a variável *volume específico*. O segundo componente principal (CP2) atribuiu maior autovetor para a variável *volume específico* e correspondeu a 21,0% da variação total das observações iniciais. Portanto, CP1 + CP2 responderam por 96,1% da variabilidade total.

Observando o eixo de CP1 na **FIGURA 12**, observou-se que as linhagens **A** e **H** apresentaram um comportamento semelhante ao do controle de *T. aestivum* L., que obteve o maior peso nas *características externas*, determinado principalmente pela influência dos parâmetros *cor da crosta*, *quebra* e *simetria* (maiores autovetores). Esses três parâmetros foram responsáveis pelo distanciamento do controle de *T. durum* L. das demais amostras.

Considerando o CP2, as linhagens **B** e **I**, e a linhagem **C** e o controle de *T. durum* L. apresentaram os maiores e os menores pesos, respectivamente, principalmente em função dos diferentes *volumes específicos* apresentados (variável de maior autovetor). Neste eixo, a maioria das linhagens situou-se próxima ao controle de *T. aestivum* L.

TABELA XI

ANÁLISE DOS COMPONENTES PRINCIPAIS DAS CARACTERÍSTICAS EXTERNAS DOS PÃES

| Componente Principal | Proporção (%) | Autovetor | | | |
|---------------------------------|---------------|-------------------|---------------|--------|----------|
| | | Volume Específico | Cor da Crosta | Quebra | Simetria |
| 1 ^o | 75,1 | 0,474 | 0,880 | 0,965 | 0,975 |
| 2 ^o | 21,0 | 0,880 | -0,186 | -0,140 | -0,109 |
| 1 ^o + 2 ^o | 96,1 | - | - | - | - |

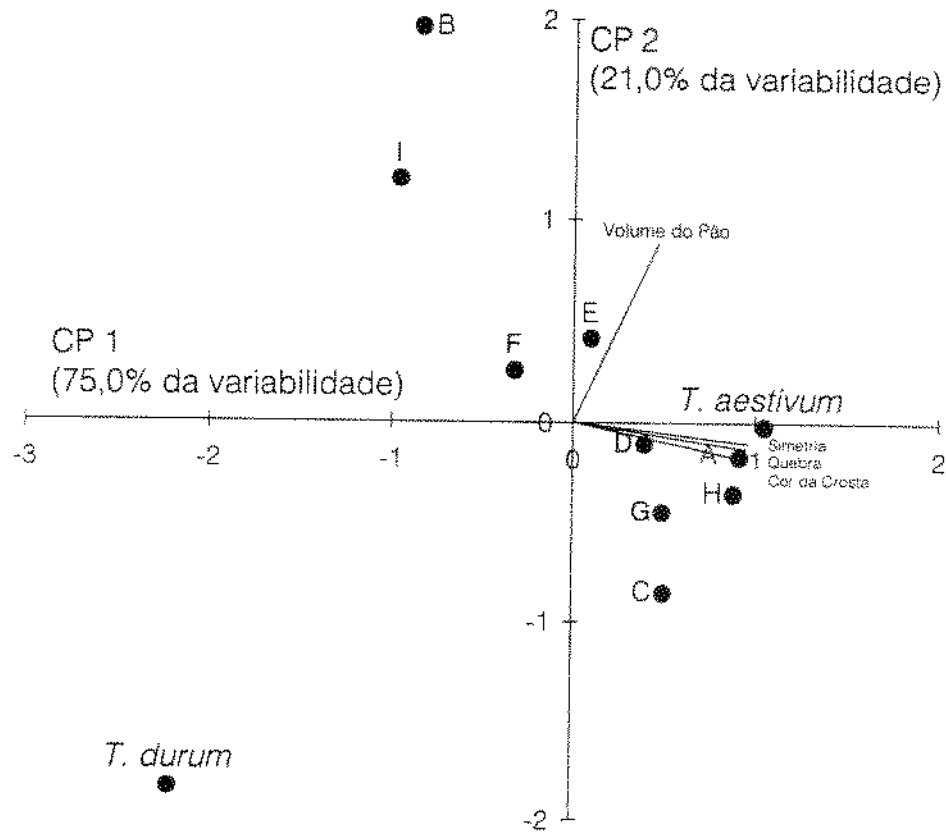


FIGURA 12. Representação gráfica dos dois primeiros componentes principais (CP1 x CP2) das características externas dos pães das amostras. *T. aestivum* = controle de *Triticum aestivum* L.; *T. durum* = controle de *Triticum durum* L.; A, B, C, D, E, F, G, H e I = linhagens analisadas.

4.5.2. AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS INTERNAS DOS PÃES

A **TABELA XII** apresenta os valores das *características internas* dos pães.

As linhagens **A** e **I** apresentaram, respectivamente, a mais alta (26,5) e a mais baixa (17,5) pontuações com relação às *características da crosta, textura do pão e estrutura da célula do miolo*, o que se refletiu também na pontuação total das *características internas* dos pães.

O controle de *T. aestivum* L. apresentou *características internas* semelhantes às das linhagens **C** e **H** e inferiores às das linhagens **A** e **D**. As linhagens **B** e **I** apresentaram as menores contagens (18,5 e 17,5 pontos, respectivamente), principalmente por apresentarem as piores características na *estrutura da célula do miolo*.

A pontuação das *características internas* obtidas pelo controle de *T. aestivum* L. (25,0 pontos) foi inferior à apresentada por este mesmo cultivar (IAC-24) (32,5 pontos) no trabalho de CAMARGO et alii (1993), e muito superior à apresentada pelo controle de *T. durum* L. (6,5 pontos). Farinhas de trigos duro (*T. durum* L.) normalmente apresentam inferiores desempenhos de panificação que trigos comuns (*T. aestivum* L.) e não são recomendadas para a produção de pães (HOSENEY et alii, 1988). BOYACIOGLU & D'APPOLONIA (1994) reportaram que a "estrutura do miolo e a textura dos pães" de trigos duro (*T. durum* L.) foram mais grosseiras, densas e ásperas que os dos pães de trigo comum (*T. aestivum* L.). No entanto, observaram também que a incorporação de um agente oxidante (bromato de potássio) à massa melhorou a textura e a estrutura do miolo dos pães de uma forma geral e, em especial, a dos feitos com as farinhas de trigos duro (*T. durum* L.), além de proporcionar uma diminuição na cor amarela do miolo dos pães de trigos duro (*T. durum* L.), que em razão do elevado conteúdo de xantofilas apresentados por esses trigos, ainda persistiu.

TABELA XII

CARACTERÍSTICAS INTERNAS DOS PÃES DAS AMOSTRAS

| Amostras ^B | Parâmetros ^A | | | | |
|-------------------------|-------------------------|--------------|----------------|----------------|-----------|
| | Carac. Crosta | Cor do Miolo | Estr. do Miolo | Text. do Miolo | Somatória |
| TA | 4,0 | 7,0 | 6,0 | 8,0 | 25,0 |
| TD | 0,5 | 2,0 | 1,0 | 3,0 | 6,5 |
| A | 3,5 | 7,0 | 8,0 | 8,0 | 26,5 |
| B | 2,5 | 6,0 | 4,0 | 6,0 | 18,5 |
| C | 4,0 | 9,0 | 5,5 | 6,5 | 25,0 |
| D | 3,0 | 9,0 | 6,5 | 7,0 | 25,5 |
| E | 3,0 | 8,0 | 6,0 | 6,5 | 23,5 |
| F | 2,0 | 8,0 | 3,5 | 6,5 | 20,0 |
| G | 3,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 24,0 |
| H | 3,0 | 8,0 | 7,0 | 6,5 | 24,5 |
| I | 2,0 | 7,0 | 3,0 | 5,5 | 17,5 |
| Pont. Máx. ^C | 5,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 35,0 |

^A **Carac. Crosta** = características da crosta; **Estr. do Miolo** = estrutura da célula do miolo; **Text. do Miolo** = textura do miolo.

^B **TA** = controle de *Triticum aestivum* L.; **TD** = controle de *Triticum durum* L.; **A, B, C, D, E, F, G, H e I** = linhagens analisadas.

^C **Pont. Máx.** = pontuação máxima em cada parâmetro.

4.5.2.1. AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA DAS CARACTERÍSTICAS INTERNAS DOS PÃES

Os resultados da ACP das características internas dos pães das amostras estão apresentados na **TABELA XIII**.

O primeiro componente principal (CP1) correspondeu a 83,7% da variabilidade, atribuindo autovetores semelhantes para todas as variáveis. O segundo componente principal (CP2) atribuiu maior autovetor para a variável *cor do miolo* e correspondeu a 9,4% da variação total das observações iniciais. Portanto, CP1 + CP2 responderam juntos por 93,1% da variabilidade total.

Observando o eixo CP1 na **FIGURA 13**, observou-se que as linhagens **A** (maior peso), **C**, **D**, **E**, **G** e **H** apresentaram um comportamento próximo ao do controle de *T. aestivum* L., e situaram-se distantes do controle de *T. durum* L. (menor peso).

TABELA XIII

ANÁLISE DOS COMPONENTES PRINCIPAIS DAS CARACTERÍSTICAS INTERNAS DOS PÃES

| Componente Principal | Proporção (%) | Autovetor ^A | | | |
|---------------------------------|---------------|------------------------|--------------|----------------|----------------|
| | | Carac. Crosta | Cor do miolo | Estr. do miolo | Text. do miolo |
| 1 ^o | 83,7 | 0,943 | 0,845 | 0,915 | 0,951 |
| 2 ^o | 9,4 | -0,080 | 0,526 | -0,283 | -0,116 |
| 1 ^o + 2 ^o | 93,1 | - | - | - | - |

^A **Carac. Crosta** = características da crosta; **Estr. do Miolo** = estrutura da célula do miolo; **Text. do Miolo** = textura do miolo.

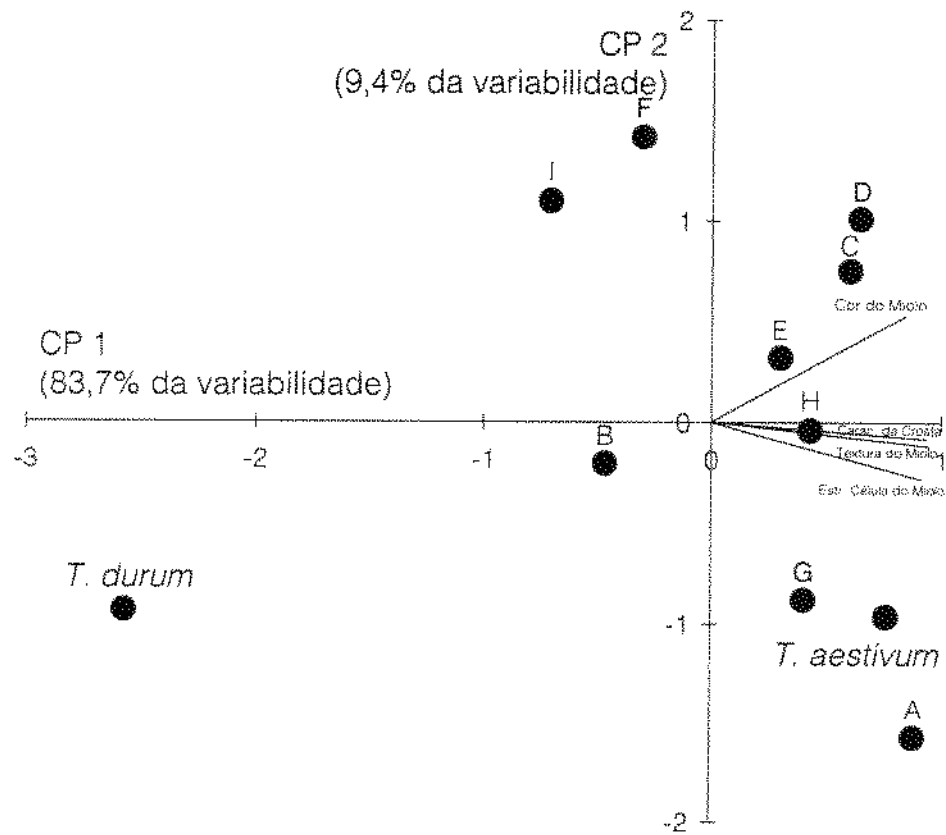


FIGURA 13. Representação gráfica dos dois primeiros componentes principais (CP1 × CP2) das características internas dos pães das amostras. *T. aestivum* = controle de *Triticum aestivum* L.; *T. durum* = controle de *Triticum durum* L.; A, B, C, D, E, F, G, H e I = linhagens analisadas.

4.5.3. AVALIAÇÃO DO AROMA E GOSTO DOS PÃES

A **TABELA XIV** apresenta as pontuações de aroma e gosto apresentados pelas amostras de trigo.

Os pães das linhagens e do controle de *T. aestivum* L. apresentaram *aroma* e *gosto* característicos, obtendo a pontuação máxima (25 pontos).

O controle de *T. durum* L. apresentou *aroma* e *gosto* menos intensos, o que acarretou uma baixa pontuação nestes parâmetros (total de 12,5 pontos).

TABELA XIV

AROMA E GOSTO DOS PÃES DAS AMOSTRAS DE TRIGO

| Amostra ^A | Parâmetros | | |
|-------------------------|------------|-------|-----------|
| | Aroma | Gosto | Somatória |
| TA | 10 | 15 | 25 |
| TD | 5,0 | 7,5 | 12,5 |
| A | 10 | 15 | 25 |
| B | 10 | 15 | 25 |
| C | 10 | 15 | 25 |
| D | 10 | 15 | 25 |
| E | 10 | 15 | 25 |
| F | 10 | 15 | 25 |
| G | 10 | 15 | 25 |
| H | 10 | 15 | 25 |
| I | 10 | 15 | 25 |
| Pont. Máx. ^B | 10 | 15 | 25 |

^A TA = controle de *Triticum aestivum* L.; TD = controle de *Triticum durum* L.; A, B, C, D, E, F, G, H e I = linhagens analisadas.

^B Pont. Máx. = pontuação máxima em cada parâmetro.

4.5.4. CONTAGEM TOTAL DOS ATRIBUTOS DOS PÃES NO TESTE DE PANIFICAÇÃO

A **TABELA XV** apresenta a *contagem total* dos pontos, que representa a soma das pontuações das *características externas, internas, aroma e gosto* obtidos pelas amostras de trigo no teste de panificação.

As *contagens totais* obtidas pelas linhagens variaram entre 64,5 (linhagem **I**) e 83,2 (linhagem **A**), para um máximo de 100 pontos.

Os trigos controle obtiveram 82,1 (*T. aestivum* L.) e 29,3 (*T. durum* L.) pontos de *contagem total*. O controle de *T. aestivum* L. apresentou neste experimento uma *contagem total* inferior aos 88,2 pontos apresentados por este mesmo cultivar no estudo de CAMARGO et alii (1993).

De acordo com a classificação da qualidade do pão, em função da *contagem total* de pontos, as linhagens **A** e **H** e o controle de *T. aestivum* L. foram classificadas como *boas* (entre 80 e 90 pontos), as linhagens **C**, **D**, **E** e **G** foram classificadas como *regulares* (entre 70 e 80 pontos) e as linhagens **B**, **F** e **I** e o controle de *T. durum* L. foram *sufríveis* (menos de 70 pontos).

As linhagens **A** e **H**, que apresentaram os melhores desempenhos reológicos, também apresentaram os melhores desempenhos no teste de panificação.

TABELA XV

PONTUAÇÃO DOS ATRIBUTOS DOS PÃES NO TESTE DE PANIFICAÇÃO

| Amostras ^A | Parâmetros | | | |
|-------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------|----------------|
| | Características Externas | Características Internas | Aroma e Gosto | Contagem Total |
| TA | 32,1 | 25,0 | 25 | 82,1 |
| TD | 10,3 | 6,5 | 12,5 | 29,3 |
| A | 31,7 | 26,5 | 25 | 83,2 |
| B | 23,7 | 18,5 | 25 | 67,2 |
| C | 28,9 | 25,0 | 25 | 78,9 |
| D | 28,2 | 25,5 | 25 | 78,7 |
| E | 27,5 | 23,5 | 25 | 76,0 |
| F | 24,7 | 20,0 | 25 | 69,7 |
| G | 29,2 | 24,0 | 25 | 78,2 |
| H | 31,3 | 24,5 | 25 | 80,8 |
| I | 22,0 | 17,5 | 25 | 64,5 |
| Pont. Máx. ^B | 40 | 35 | 25 | 100 |

^A TA = controle de *Triticum aestivum* L.; TD = controle de *Triticum durum* L.;

A, B, C, D, E, F, G, H e I = linhagens analisadas.

^B Pont. Máx. = pontuação máxima em cada parâmetro.

4.5.4.1. AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA DOS ATRIBUTOS DOS PÃES NO TESTE DE PANIFICAÇÃO

Os resultados da ACP das *características externas, internas, aroma e gosto* e a *contagem total* dos pães das amostras estão apresentados na **TABELA XVI**.

O primeiro componente principal (CP1) correspondeu a 94,8% da variabilidade, atribuindo autovetores de pesos semelhantes para as variáveis. O segundo componente principal (CP2) foi responsável por pequena influência na variação total (4,7%), não sendo determinante na diferenciação de variabilidade entre as amostras.

Observando o eixo CP1 na **FIGURA 14**, observou-se que a linhagem **A** apresentou o maior valor, seguido pelo controle de *T. aestivum* L. e pela linhagem **H**. O menor peso entre as linhagens foi obtido pela linhagem **I**. O controle de *T. durum* L. apresentou um comportamento bem diferente das linhagens, as quais ficaram mais agrupadas e próximas ao controle de *T. aestivum* L.

A análise dos parâmetros reológicos com os atributos das nove linhagens e do controle de *T. aestivum* L., no teste de panificação, revelou que o parâmetro *estabilidade* apresentou correlação significativa ($P < 0,05$) com as *características externas* dos pães e com a *contagem total* dos pães ($P < 0,05$, $r = 0,652$ e $0,644$, respectivamente). O parâmetro extensigráfico *resistência à extensão* aos 135 minutos, também apresentou correlação significativa com as *características externas* dos pães e com a *contagem total* dos pães ($P < 0,01$, $r = 0,765$ e $P < 0,05$ e $r = 0,720$, respectivamente).

TABELA XVI

ANÁLISE DOS COMPONENTES PRINCIPAIS DOS ATRIBUTOS DOS PÃES NO TESTE DE PANIFICAÇÃO

| Componente Principal | Proporção (%) | Autovetor | | | |
|---------------------------------|---------------|--------------------------|--------------------------|---------------|----------------|
| | | Características Externas | Características Internas | Aroma e Gosto | Contagem Total |
| 1 ^o | 94,8 | 0,981 | 0,983 | 0,928 | 0,999 |
| 2 ^o | 4,7 | -0,168 | -0,150 | 0,372 | -0,034 |
| 1 ^o + 2 ^o | 99,5 | - | - | - | - |

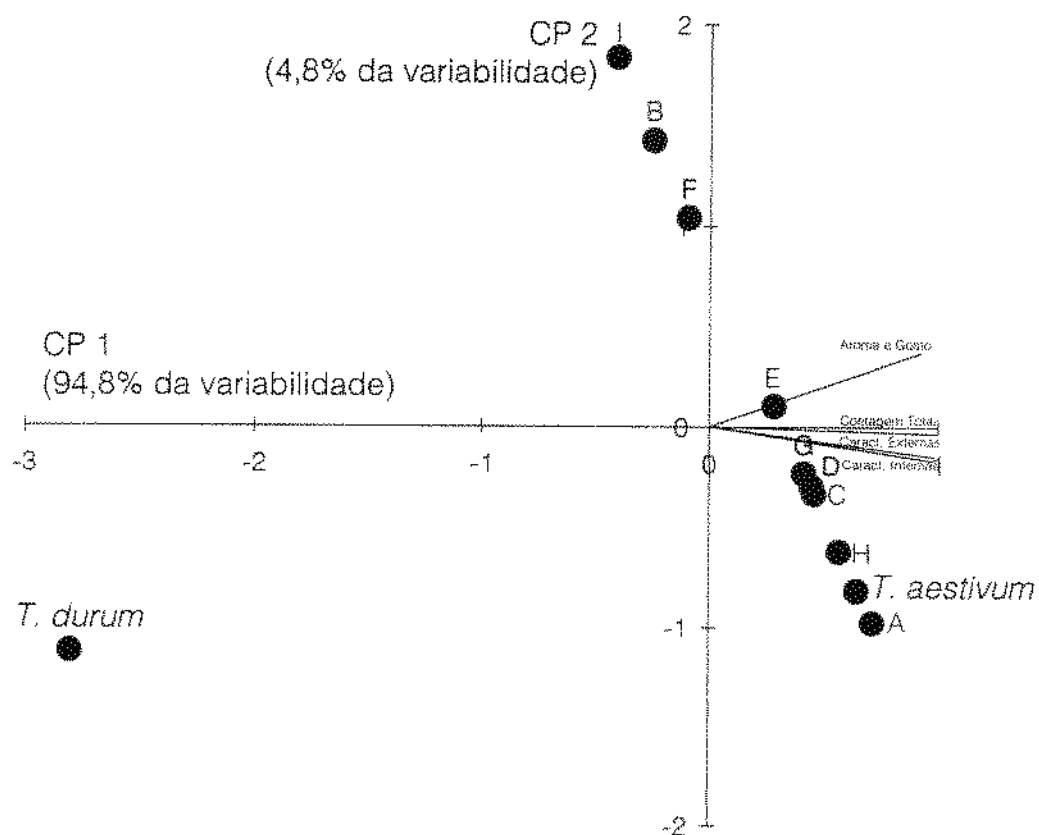


FIGURA 14. Representação gráfica dos dois primeiros componentes principais (CP1 × CP2) dos atributos dos pães das amostras no teste de panificação. *T. aestivum* = controle de *Triticum aestivum* L.; *T. durum* = controle de *Triticum durum* L.; A, B, C, D, E, F, G, H e I = linhagens analisadas.

4.6. ELETROFORESE DAS GLUTENINAS

A determinação das concentrações das bandas de glutenina das amostras, através de suas densidades óticas (DO), teve por objetivo estabelecer relações estatísticas entre as subunidades de gluteninas e parâmetros de qualidade.

A observação visual do gel de eletroforese das gluteninas revelou perfis eletroforéticos similares entre as linhagens e o controle de *T. aestivum* L., sendo que o controle de *T. durum* L. apresentou uma diferente distribuição de subunidades de glutenina (**FIGURA 15**). O gel de eletroforese das amostras revelou de 7 a 9 subunidades de glutenina que foram classificadas, segundo PAYNE & CORFIELD (1979), em função de seus pesos moleculares, em subunidades A (80 a 120 kDa), B (40 a 50 kDa) e C (30 a 40 kDa). Também foram observadas gluteninas do tipo D, definidas por JACKSON et alii (1983) como as subunidades de mobilidade superior às do tipo A e inferior às do tipo B. Na **TABELA XVII** estão os resultados da análise densitométrica, os pesos moleculares (kDa) e as proporções (%) das bandas encontradas nas amostras.

As linhagens apresentaram de uma a quatro subunidades do tipo A (em média 3), uma a duas do tipo D, duas do tipo B e duas a três do tipo C. Entre as bandas observadas nas linhagens e no controle de *T. aestivum* L., as de maiores intensidades pertenceram ao grupo B, totalizando entre 41,1 (linhagem I) e 66,4% (linhagem H) da DO total da banda da linhagem, com pesos moleculares variando na faixa de 46 a 48 kDa.

O controle de *T. durum* L. apresentou uma banda do tipo A, duas bandas do tipo D, duas do tipo B e uma do tipo C. A banda de maior intensidade pertenceu ao grupo D, com DO de 58,2% e peso molecular de 52 kDa.



FIGURA 15. Gel de eletroforese das gluteninas das amostras. *T. aestivum* = controle de *Triticum aestivum* L.; *T. durum* = controle de *Triticum durum* L.; A, B, C, D, E, F, G, H e I = linhagens analisadas; Beta-Galactose = 116 kDa; Fosforilase = 97,4 kDa; BSA = 68 kDa; Ovoalbumina = 43 kDa; Anidrase carbônica = 29 kDa.

TABELA XVII
PESOS MOLECULARES E CONCENTRAÇÕES RELATIVAS DAS SUBUNIDADES DE GLUTENINA DAS AMOSTRAS

| Amostras ^A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-----|------|----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|----|------|
| TA | | TD | | A | | B | | C | | D | | E | | F | | G | | H | | I | | |
| Tipo ^B | pm | % | pm | % | pm | % | pm | % | pm | % | pm | % | pm | % | pm | % | pm | % | pm | % | pm | % |
| A | 111 | 5,0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 110 | 7,0 | 111 | 4,9 | 110 | 2,0 | 110 | 1,9 | - | - |
| A | 103 | 4,5 | - | - | 104 | 1,0 | 105 | 5,8 | 105 | 2,0 | 105 | 2,4 | - | - | 103 | 4,1 | 101 | 3,1 | 101 | 1,5 | - | - |
| A | - | - | - | - | 99 | 4,2 | 99 | 3,2 | 98 | 1,0 | - | - | 98 | 3,6 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| A | 85 | 4,0 | - | - | - | - | 87 | 1,0 | - | - | - | - | - | - | 86 | 5,2 | - | - | - | - | - | - |
| A | 79 | 5,0 | 77 | 3,4 | 80 | 5,3 | - | - | 78 | 2,8 | 80 | 1,2 | 77 | 6,8 | 79 | 5,8 | 78 | 4,3 | 82 | 1,4 | 79 | 13,7 |
| total: | | 18,5 | | 3,4 | | 10,5 | | 10,0 | | 5,8 | | 3,6 | | 17,4 | | 19,0 | | 9,4 | | 4,8 | | 13,7 |
| D | - | - | 67 | 4,4 | 68 | 0,9 | - | - | 69 | 8,3 | 73 | 4,6 | 70 | 7,1 | - | - | 71 | 1,8 | 69 | 4,5 | 73 | 6,8 |
| D | 57 | 3,7 | - | - | - | - | 55 | 3,0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| D | 51 | 3,9 | 52 | 58,2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 53 | 4,4 |
| total: | | 7,6 | | 58,2 | | 0,9 | | 3,0 | | 8,3 | | 4,6 | | 7,1 | | 0,0 | | 1,8 | | 4,5 | | 11,2 |
| B | 46 | 52,5 | 47 | 3,5 | 46 | 56,0 | 47 | 53,3 | 48 | 47,1 | 46 | 43,3 | 46 | 54,4 | 47 | 56,2 | 48 | 55,2 | 46 | 66,4 | 48 | 41,1 |
| B | 37 | 17,2 | 37 | 8,7 | 42 | 2,1 | 40 | 3,9 | 41 | 3,3 | 42 | 5,4 | 40 | 3,3 | 42 | 0,3 | 44 | 2,6 | 40 | 3,2 | 44 | 2,1 |
| total: | | 69,7 | | 12,2 | | 58,1 | | 57,3 | | 50,4 | | 48,7 | | 57,7 | | 56,5 | | 57,8 | | 69,6 | | 43,2 |
| C | 35 | 0,8 | 35 | 0,1 | 36 | 14,4 | 37 | 15,3 | 47 | 20,7 | 36 | 27,1 | 37 | 10,7 | 37 | 17,0 | 37 | 21,6 | 37 | 9,7 | 34 | 4,4 |
| C | 33 | 3,5 | - | - | 33 | 10,2 | 34 | 14,5 | 34 | 10,0 | 33 | 11,4 | - | - | 34 | 3,6 | 34 | 6,8 | 32 | 10,2 | 33 | 5,0 |
| C | - | - | - | - | 31 | 5,9 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| total: | | 4,3 | | 10,1 | | 30,5 | | 29,8 | | 30,7 | | 38,5 | | 10,7 | | 20,6 | | 28,4 | | 19,9 | | 9,4 |

^A TA = controle de *Triticum aestivum* L.; TD = controle de *Triticum durum* L.; A, B, C, D, E, F, G, H e I = linhagens analisadas; pm = peso molecular aparente da subunidade; % = percentual de aparecimento da banda em relação ao total da amostra.

^B Tipo = tipo de subunidade; A = subunidades do tipo A, alto peso molecular (80 a 120 kDa); D = subunidades do tipo D, baixo peso molecular (50 a 80 kDa); B = subunidades do tipo B, baixo peso molecular (40 a 50 kDa); C = subunidades do tipo C, baixo peso molecular (30 a 40 kDa).

4.6.1. AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS DA ELETROFORESE DAS AMOSTRAS

Os resultados da leitura densitométrica no gel de eletroforese foram analisados pela ACP (TABELA XVIII e FIGURA 16). O primeiro componente principal explicou 50,0% da variabilidade total, e foi mais influenciado pelas variáveis *subunidade do tipo B* (0,91), *subunidade de maior concentração* (0,90) e de forma inversa pela variável *subunidades do tipo D* (-0,87). O segundo componente principal explicou 31,6% da variabilidade total, e foi influenciado pelas *subunidades do tipo C* (0,91), *subunidades do tipo B* (0,60) e inversamente pelas *subunidades do tipo A* (-0,60).

Com o objetivo de associar a composição de subunidades de glutenina com características de qualidade das linhagens e do trigo controle *T. aestivum* L., foram correlacionados os resultados densitométricos das subunidades de glutenina com os parâmetros das análises reológicas e do teste de panificação. Foi encontrada correlação significativa ($P < 0,05$, $r = 0,644$) entre a proporção de *subunidades do tipo B* e as *características externas dos pães*.

Associações entre características extensigráficas da massa e subunidades de baixo peso molecular foram encontradas por METAKOVSKI et alii (1990), em um grupo de 28 trigos australianos para pão (*T. aestivum* L.) e por GUPTA et alii (1989) que encontraram, em linhagens de trigos deficientes em certas subunidades de baixo peso molecular, características extensigráficas prejudicadas.

Os resultados obtidos neste trabalho não apresentaram correlação significativa ($P < 0,05$) entre o aparecimento, a concentração ou o total das subunidades de alto peso molecular de gluteninas com qualquer característica reológica ou parâmetro de qualidade dos pães. Baixas correlações entre as subunidades de glutenina de alto peso molecular e parâmetros de qualidade têm sido reportadas em outros estudos (HUEBNER & BIETZ, 1985; LAWRENCE et alii, 1988; GUPTA et alii, 1991; HAMER et alii, 1992).

TABELA XVIII
ANÁLISE DOS COMPONENTES PRINCIPAIS DAS
ANÁLISES ELETROFORÉTICAS DAS FARINHAS DAS AMOSTRAS

| Componente Principal | Proporção (%) | Autovetor ^A | | | | | | |
|---------------------------------|---------------|------------------------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| | | DO | APM | BPM | SMI | Sub B | Sub C | Sub D |
| 1 ^º | 50,0 | 0,14 | 0,74 | -0,74 | 0,90 | 0,91 | -0,03 | -0,87 |
| 2 ^º | 31,6 | -0,46 | -0,60 | 0,60 | 0,39 | 0,26 | 0,91 | -0,46 |
| 1 ^º + 2 ^º | 81,6 | - | - | - | - | - | - | - |

^A **DO** = densidade ótica total das bandas do gel; **APM** = densidade ótica das subunidades de alto peso molecular; **BPM** = densidade ótica das subunidades de baixo peso molecular; **SMI** = densidade ótica da subunidade de maior intensidade de cada amostra; **Sub B** = densidade ótica das subunidades de baixo peso molecular do tipo B; **Sub C** = densidade ótica das subunidades de baixo peso molecular do tipo C; **Sub D** = densidade ótica das subunidades de baixo peso molecular do tipo D.

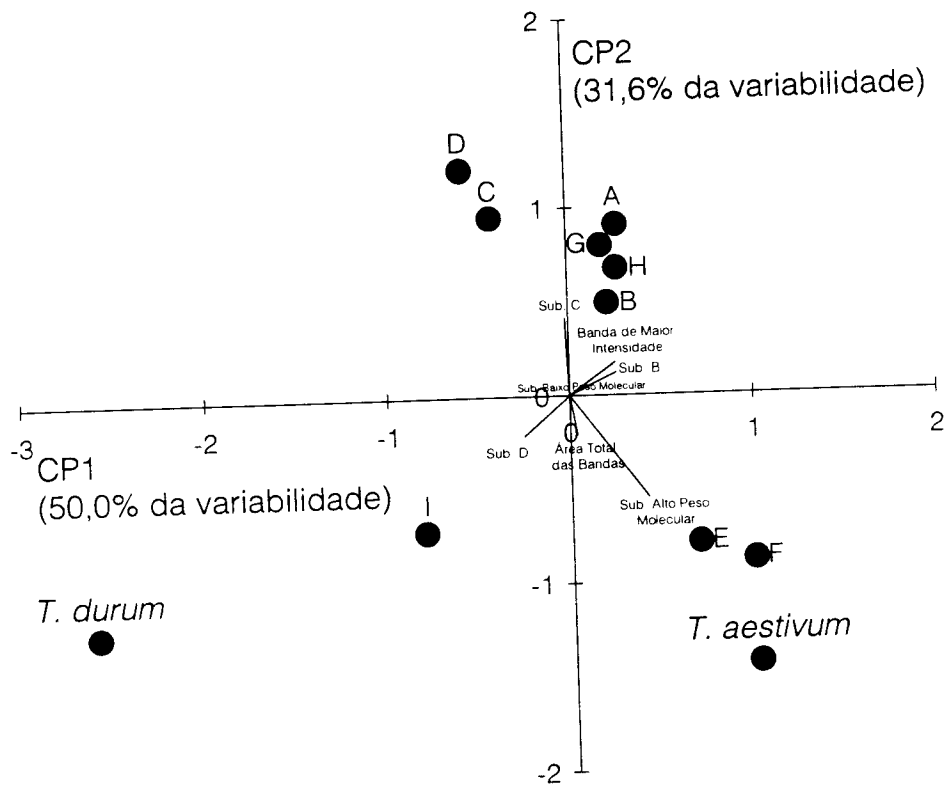


FIGURA 16. Representação gráfica dos dois primeiros componentes principais (CP1 × CP2) das análises eletroforéticas das gluteninas das amostras. *T. aestivum* = controle de *Triticum aestivum* L.; *T. durum* = controle de *Triticum durum* L.; A, B, C, D, E, F, G, H e I = linhagens analisadas.

5. CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos neste trabalho concluiu-se que:

As linhagens, exceto as **A**, **B** e **E**, apresentaram características físicas dos grãos (peso hectolitro, vitreosidade e dureza) semelhantes às do **TA**, o que foi confirmado pela Análise de Componente Principal (ACP). A linhagem **A** apresentou características físicas próximas às do **TD**.

As linhagens apresentaram conteúdos protéicos nos grãos variando entre 12,1 (linhagem **D**) e 14,4% (linhagem **E**) e nas farinhas entre 11,1 (linhagem **I**) e 13,2% (linhagem **B**), respectivamente. A análise da composição química (*proteínas, cinzas e lipídios*) dos grãos das amostras através da ACP revelou que as linhagens **A**, **C** e **I** foram mais próximas ao **TA**, ao passo que a linhagem **H** foi mais próxima ao **TD**.

Os volumes do teste de sedimentação variaram entre 29,7 (linhagem **E**) e 37,3 ml (linhagem **H**) e não apresentaram correlação significativa com a qualidade de panificação. Os resultados das análises físico-químicas das farinhas (*teste de sedimentação, conteúdos de glúten úmido e seco e índice de queda*) mostraram através da ACP que as linhagens apresentaram características mais próximas às do controle de **TA**, do que às do **TD**.

As 9 linhagens analisadas, exceto a **A** (força média-fraca), foram classificadas como farinhas de força fraca, com base nos parâmetros farinográficos de tempo de desenvolvimento, estabilidade e índice de tolerância à mistura. A ACP das características reológicas mostrou que as linhagens apresentaram características farinográficas e extensigráficas mais próximas das expressas pelo **TA**, exceto a linhagem **A**, que se distanciou das demais em função das suas superiores características farinográficas. A associação entre os parâmetros reológicos e o desempenho no teste de panificação das nove linhagens e do **TA** revelou que a *estabilidade* apresentou correlação significativa com as *características externas dos pães* e com a *pontuação total*. O parâmetro extensigráfico *resistência à extensão* aos 135 minutos, também apresentou correlação significativa com as *características externas* e com a *pontuação total dos pães*.

De acordo com a classificação da qualidade do pão em função da *contagem total* (máximo de 100 pontos), as linhagens **A** e **H** e o **TA** foram classificadas como *boas* (entre 80 e 90 pontos), as linhagens **C**, **D**, **E** e **G** foram classificadas como *regulares* (entre 70 e 80 pontos) e as linhagens **B**, **F** e **I** e o **TD** apresentaram qualidade *sofrível* (menos de 70 pontos). A ACP dos resultados das *características externas, internas* e a *contagem total* dos pontos da qualidade dos pães mostrou que as linhagens apresentaram comportamento mais próximo ao do **TA**, com exceção das linhagens **B**, **F** e **I** e do controle **TD**.

A observação do gel de eletroforese das gluteninas mostrou perfis eletroforéticos similares entre as linhagens e o **TA**, sendo que o **TD** apresentou uma diferente distribuição de subunidades de glutenina. As linhagens apresentaram de 7 a 9 subunidades de gluteninas classificadas nos tipos **A**, **D**, **B** e **C**, de acordo com os seus pesos moleculares. A análise densitométrica do gel permitiu identificar e quantificar as subunidades de gluteninas. Foi encontrada correlação significativa entre a proporção das *subunidades do tipo B* e as *características externas dos pães*.

Os resultados deste estudo permitiram concluir que as farinhas das linhagens analisadas apresentaram comportamento mais próximo ao do **TA** do que ao do **TD**. As linhagens **A** e **H** apresentaram as melhores características reológicas (farinográficas e extensigráficas) e performances no teste de panificação, em relação às demais linhagens estudadas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AACC **Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists**. 8. ed. Saint Paul, 1983. v. 1-2.
- ACKER, L.; SCHMITZ, H. L.; HAMZA, Y. Über die lipide des weizens. **Getreide Mehl und Brot**, Bochum, v. 18, p. 45-50, 1968.
- AUTRAN, J.-C. Recent perspectives on the genetics, biochemistry and functionality of wheat proteins. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 4, n. 11, 1993.
- AXFORD, W. E.; McDERMOTT, E. E.; REDMAN, D. G. Small-scale test of bread-making quality. **Milling Feed and Fertilizer**, London, v. 161, n. 5, p. 18-20, 1978.
- BÄR, W. H. Obtenção de farinhas tipificadas de máximo rendimento industrial levadas a efeito na moagem. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 173-185, 1989.
- BÄR, W. H. Avaliação tecnológica de variedades comerciais de trigo do Brasil. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 16, n. 3, p. 307-323, 1979.
- BASS, E. J. Wheat flour milling. In: Pomeranz, Y. **Wheat: Chemistry and Technology**. 3. ed. Saint Paul: AACC, 1988. vol. 2, p. 1-68.
- BELIN PERUFFO, A. DAL.; POGNA, N. E.; TEALDO, E.; TUTTA, C.; ALBUZIO, A. Isolation and partial characterization of gamma-gliadins 40 and 43.5 associated with quality in common wheat. **Journal of Cereal Science**, London, v. 3, n. 4, p. 355-362, 1985.
- BELITZ, H. D.; KIM, J. J.; KIEFFER, R.; SEILMEIER, W.; WERBECK, U.; WIESER, H. Separation and characterization of reduced glutenins from different wheat varieties and importance of the gliadin/glutenin ratio for the strength of the gluten. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON GLUTEN PROTEINS, 3., 1987, Singapore. **Proceedings**. Singapore: World Scientific, 1987. p. 189-205.
- BETSCHART, A. Nutritional quality of wheat. In: Pomeranz, Y. **Wheat: Chemistry and Technology**. 3. ed. Saint Paul: AACC, 1988. vol. 2, p. 91-130.
- BIETZ, J. A.; HUEBNER, F. R.; WALL, F. S. Glutenin, the strength protein of wheat flour. **Bakers Digest**, Chicago, v. 47, n. 1, p. 26-31, 34-35, 67, 1973.
- BIETZ, J. A. Separation of cereal proteins by reversed-phase high-performance liquid chromatography. **Journal of Chromatography**, Amsterdam, v. 225, p. 219-238, 1983.

- BIETZ, J. A. High-performance liquid chromatography of cereal proteins. **Advances in Cereal Science and Technology**, Saint Paul, v. 8, p. 105-170, 1986.
- BIETZ, J. A. How knowledge of proteins is improving cereal quality and utilization. **Industrie des Cereals**, Paris, n. 3, p. 5-15, 1992.
- BIETZ, J. A.; HUEBNER, F. R. Structure of glutenin: achievements at the Northern Regional Research Center. **Annales de Technologie Agricole**, Paris, v. 29, n. 2, p. 249-277, 1980.
- BIETZ, J. A.; WALL, J. S. Wheat gluten subunits: Molecular weights determined by sodium dodecyl sulfate-polyacrilamide gel electrophoresis. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 49, n. 4, p. 416-430, 1972.
- BIETZ, J. A.; WALL, J. S. Isolation and characterization of gliadin-like subunits from glutenin. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 50, n. 4, p. 537-547, 1973.
- BLACKMAN, J. A.; GILL, A. A. A comparison of small-scale tests for bread-making quality used in wheat breeding. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 95, n. 1, p. 29-34, 1980.
- BLAKENEY, A. B.; ALMGREN, G.; JACOB, E. H. Analysis of first break milling of hard and soft wheats. **Milling Feed and Fertilizer**, London, v.162, n. 9, p. 22, 24-25, 28, 1979.
- BLOKSMA, A. H.; BUSHUK, W. Rheology and chemistry of dough. In: Pomeranz, Y. **Wheat: Chemistry and Technology**. 3. ed. Saint Paul: AACC, 1988. vol. 2, p. 131-217.
- BOTTOMLEY, R. C.; KEARNS, H. F.; SCHOFIELD, J. D. Characterization of wheat flour and gluten proteins using buffers containing sodium dodecyl sulphate. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 33, n. 5, p. 481-491, 1982.
- BOYACIOGLU, M. H.; D'APPOLONIA, B. L. Characterization and utilization of durum wheat for breadmaking. I. Comparison of chemical, rheological, and baking properties between bread wheat flours and durum wheat flours. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 71, n. 1, p. 21-28, 1994.
- BRANLARD, G.; DARDEVET, M. Diversity of grain proteins and bread wheat quality. I. Correlation between gliadin bands and flour quality characteristics. **Journal of Cereal Science**, London, v. 3, n. 4, p. 329-343, 1985.
- BRANLARD, G.; ROUSSET, M. Les caracteristiques electrophoretiques des gliadines et la valeur en panification du ble tendres. **Annales de L' Amelioration des Plantes**, Paris, v. 30, n. 3, p. 133-140, 1980.
- BRASÍL. Portaria no. 167, 29 Jul. 1994. Aprova a Norma de Identidade, Qualidade, Embalagem e Apresentação do Trigo, para a comercialização interna. Porto Alegre: EMATER/RS, 1994. 11p.

- BURNOUF, T.; BOURIQUET, R. Glutenin subunits of genetically related European hexaploid wheat cultivars: Their relation to bread-making quality. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, New York, v. 58, n. 3/4, p. 107-111, 1980.
- CAMARGO, C. E. de O.; CAMARGO, C. R. de O.; FELÍCIO, J. C.; FERREIRA FILHO, A. W. P.; SANTOS, R. R.; DECOT, G. Avaliação das características agrônômicas e tecnológicas de genótipos de trigo duro, trigo e triticale. **Boletim Científico 29**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1993. 27p. (Boletim científico, 29).
- CAMARGO, C. E. de O.; FELÍCIO, J. C.; FERREIRA FILHO, A. W. P.; FREITAS, J. G. de; BARROS, B. C.; CASTRO, J. L. de; SABINO, J. C.; ROCHA JÚNIOR, L. S. Melhoramento do trigo: XXI. Avaliação de linhagens em diferentes regiões paulistas. **Bragantia**, Campinas, v. 48, n.1, p. 53-71, 1992.
- CAMARGO, C. E. de O.; FELÍCIO, J. C.; TULMANN NETO, A.; FERREIRA FILHO, A. W. P.; PETTINELLI JUNIOR, A.; CASTRO, J. L. de. Melhoramento do trigo: XXVIII. Novos genótipos obtidos por seleções em populações segregantes interespecíficas submetida à irradiação gama. **Bragantia**, Campinas, v. 54, n. 1, p. 51-65, 1995a.
- CAMARGO, C. E. de O.; TULMANN NETO, A.; FERREIRA FILHO, A. W. P.; FREITAS, J. G. de; PETTINELLI JUNIOR, A.; CASTRO, J. L. de. Avaliação de genótipos de trigo oriundos de cruzamento interespecífico e radiação gama no Estado de São Paulo. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 52, n. 1, p. 25-37, 1995b.
- CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE MAIZ Y TRIGO. **Informe anual 1987**. México, D.F., 1988. 91p.
- CHANG, C. S. Porosity and density of grain kernels. **Cereal Foods World**, Saint Paul, v. 31, n. 8, p. 586, 1986.
- COOLEY, W. W.; LOHNES, P. R. **Multivariate Data Analysis**, New York: John Wiley & Sons, Inc, 1971.
- COULSON, C. B.; SIM, A. K. Proteins of various species of wheat and closely related genera and their relationship to genetical characteristics. **Nature**, London, v. 202, n. 4939, p. 1305-1308, 1964.
- DAMIDAUX, R.; AUTRAN, J. C.; FEILLET, P. Determinisme genetique des constitutans gliadines de *Triticum durum* DESF. associés à la qualité culinaire intrinsèque des variétés. **Comptes Rendus des Scéances de L' Academie des Sciences**, Paris, v. 291, Série D, n. 6, p. 585-588, 1980.
- DAMIDAUX, R.; AUTRAN, J. C.; GRIGNAC, P.; FEILLET, P. Mise en evidence de relations applicable in sélection entre l'électrophorégramme des gliadines et les propriétés viscoélastiques du gluten de *Triticum durum* DESF. **Comptes Rendus des Scéances de L' Academie des Sciences**, Paris, v. 287, Série D, p. 701-704, 1978.
- D'EGIDIO, M. G.; MARIANI, B. M.; NARDI, S; NOVARO, P.; CUBBADA, R. Chemical and technological variables and their relationships: A predictive equation for pasta cooking quality. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 67, n. 3, p. 275-281, 1990.

- DEXTER, J. E.; MATSUO, R. R.; PRESTON, K. R.; KILBORN, R. H. Comparison of gluten strength, mixing properties, baking quality of some Canadian durum and common wheats. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**, Ottawa, v. 14, n. 2, p. 108-111, 1981.
- DEXTER, J. E.; MATSUO, R. R.; MARTIN, D. G. The relationship of durum wheat test weight to milling performance and spaghetti quality. **Cereal Foods World**, Saint Paul, v. 32, n.10, p. 772-777, 1987.
- DICK, J. W. Basic structure of durum wheat emphasizing its unique chemical, physical, and quality characteristics. **Macaroni Journal**, Palatine, v. 63, n. 6, p. 35, 38-40, 42-43, 1981.
- DICK, J. W.; MATSUO, R. R. Durum wheat and pasta products. In: Pomeranz, Y. **Wheat: Chemistry and Technology**. 3. ed. Saint Paul: AACC, 1988. vol. 2, p. 507-547.
- DICK, J. W.; WALSH, D. E.; GILLES, K. A. The effect of field sprouting on the quality of durum wheat. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 51, n. 2, p. 180-188, 1974.
- EL-DASH, A. A. Standardized mixing and fermentation procedure for experimental baking test. **Cereal Chemistry**, v. 55, n. 4, p. 436-446, 1978.
- EREJEF, K. I.; SHIBLI, R. Rheological properties and baking quality of flour from a Landrace and Durum wheat cultivars grown in Jordan. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 70, n. 4, p. 486-488, 1993.
- EVERS, A. D.; BECHTEL, D. B. Microscopic structure of the wheat grain. In: Pomeranz, Y. **Wheat: Chemistry and Technology**. 3. ed. Saint Paul: AACC, 1988. vol. 1, p. 47-95.
- EWART, J. A. D. Amino acid analysis of glutenins and gliadins. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 18, n. 3, p. 111-116, 1967.
- EWART, J. A. D. Re-examination of the linear glutenin hypothesis. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 28, n. 2, p. 191-199, 1977.
- EWART, J. A. D. Glutenin structure. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 30, n. 5, p. 482-492, 1979.
- EWART, J. A. D. Calculated molecular weight distribution for glutenin. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 38, n. 3, p. 277-289, 1987.
- EWART, J. A. D. Comments on recent hypotheses for glutenin. **Food Chemistry**, Oxford, v. 38, n. 3, p. 159-169, 1990.
- FERNANDES, M. Citogenética. In: **Trigo no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1982. vol. 1, p. 95-143.

- FERNANDES, J. L. A.; SHUEY, W. C.; MANEVAL, R. D. Bread wheat granular millstreams with a potential for pasta production. I. Physical and analytic properties. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 55, n. 3, p. 308-320, 1978.
- FEILLET, P. The biochemical basis of pasta cooking quality. Its consequences for durum wheat breeders. **Science des Aliments**, Paris, v. 4, n. 4, p. 551-566, 1984.
- FINNEY, K. F. Fractionation and reconstituting techniques as tools in wheat flour research. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 20, p. 381-396, 1943.
- FINNEY, K. F.; BARMORE, M. A. Loaf volume and protein content of hard winter and spring wheats. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 25, n. 5, p. 291-312, 1948.
- FINNEY, K. F. Experimental breadmaking studies, functional (breadmaking) properties, and related gluten protein fractions. **Cereal Foods World**, Saint Paul, v. 30, n. 11, p. 794-796, 798-799, 801, 1985.
- FINNEY, K. F.; JONES, B. L.; SHOGREN, M. D. Functional (bread-making) properties of wheat protein fractions obtained by ultracentrifugation. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 59, n. 6, p. 449-453, 1982.
- GAINES, C. S. Associations among soft wheat flour particle size, protein content, chlorine response, kernel hardness, milling quality, white layer cake volume, and sugar-snap cookie spread. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 62, n. 4, p. 290-292, 1985.
- GNANADESIKAN, R. **Methods for Statistical Data Analysis of Multivariate Observations**, New York: John Wiley & Sons, Inc. 1977.
- GRAVELAND, A.; BOSVELD, P.; LICHTENDONK, W. J.; MARSEILLE, J. P.; MOONEN, J. H. E.; SCHEEPSTRA, A. A model for the molecular structure of the glutenins from wheat flour. **Journal of Cereal Science**, London, v. 3, n. 1, p. 1-16, 1985.
- GRAYBOSCH, R. A.; MORRIS, R. An improved SDS-PAGE method for the analysis of wheat endosperm storage proteins. **Journal of Cereal Science**, London, v. 11, n. 3, p. 201-212, 1990.
- GUPTA, R. B.; BEKES, F.; WRIGLEY, C. W. Prediction of physical dough properties from glutenin subunit composition in bread wheats: correlation studies. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 68, n. 4, p. 328-333, 1991.
- GUPTA, R. B.; MacRITCHIE, F. A rapid one-step procedure for analysis of subunit composition of glutenin in wheat. **Journal of Cereal Science**, London, v. 14, n. 2, p. 105-109, 1991.
- GUPTA, R. B.; SHEPHERD, K. W. Genetic control of LMW glutenin subunits in bread and association with physical doughs properties. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON GLUTEN PROTEINS, 3., 1987, Singapore. **Proceedings**. Singapore: World Scientific, 1987. p.13-19.

- GUPTA, R. B.; SHEPHERD, K. W. Two-step one-dimensional SDS-PAGE analysis of LMW subunits of glutenin. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, New York, v. 80, n. 1, p. 65-74, 1990.
- GUPTA, R. B.; SINGH, N. K.; SHEPHERD, K. W. The cumulative effect of allelic variation in LMW and HMW glutenin subunits on dough properties in the progeny of two bread wheats. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, New York, v. 77, n. 1, p. 57-64, 1989.
- HAGBERG, S. A rapid method for determining alpha-amylase. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 37, n. 2, p. 218-222, 1960.
- HALVERSON, J.; ZELENY, L. Criteria of wheat quality. In: Pomeranz, Y. **Wheat: Chemistry and Technology**. 3. ed. Saint Paul: AACC, 1988. vol. 1, p. 15-45.
- HAMADA, A. S.; McDONALD, C. E.; SIBBIT, L. D. Relationship of protein fractions of spring wheat flour to baking quality. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 59, n. 4, p. 296-301, 1982.
- HAMER, R. J.; WEEGELS, P. L.; MARSEILLE, J. P. Prediction of the breadmaking quality of wheat: the use of HMW glutenin-A subunit-based quality scoring systems. **Journal of Cereal Science**, London, v. 15, n. 1, p. 91-102, 1992.
- HEVIA, F. H.; TOLLENAAR, H. G.; VILLEGAS, R. F. Evaluación de los métodos que utilizan sulfato de dodecilo de sodio (SDS) para determinar la calidad panadera del trigo. **Agro Sur**, Valdivia, v. 13, n. 1, p. 27-32, 1985.
- HINTON, J. J. C. The distribution of ash in the wheat kernel. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 36, p. 19-31, 1959.
- HOSENEY, R. C. Dry milling of cereals. In: HOSENEY, R. C. **Principles of Cereal Science and Technology**. Saint Paul: AACC, 1986. p. 133-152.
- HOSENEY, R. C.; DRESSE, P. C.; DOESCHER, L. C.; FAUBION, J. M. Thermal properties of gluten. In: 3rd INTERNATIONAL WORKSHOP ON GLUTEN PROTEINS, 3., 1987, Singapore. **Proceedings**. Budapest: World Scientific Publishing Co. Teaneck, N.J., 1987. p. 518-528.
- HOSENEY, R. C.; FINNEY, K. F. Functional (breadmaking) and biochemical properties of wheat flour components. XI. A review. **Bakers Digest**, Chicago, v. 45, n. 5, p. 30-36, 39-40, 1971.
- HOSENEY, R.C.; ROGERS, D.E. The formation and properties of wheat flour doughs. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 29, n. 2, p. 73-93, 1990.
- HOSENEY, R. C.; SEIB, P. A. Structural differences in hard and soft wheats. **Bakers Digest**, Chicago, v. 47, n. 6, p. 26-28, 1973.

- HOSENEY, R. C.; WADE, P.; FINLEY, J. W. Soft wheat products. In: Pomeranz, Y. **Wheat: Chemistry and Technology**. 3. ed. Saint Paul: AACC, 1988. vol. 2, p. 407-456.
- HUEBNER, F. R.; BIETZ, J. A. Detection of quality differences among wheats by high-performance liquid chromatography. **Journal of Chromatography**, Amsterdam, v. 327, p. 333-342, 1985.
- HUEBNER, F. R.; BIETZ, J. A. Assessment of the potential breadmaking quality of hard wheats by reversed-phase high-performance liquid chromatography of gliadins. **Journal of Cereal Science**, London, v. 4, n. 4, p. 379-388, 1986.
- HUEBNER, F. R.; WALL, J. S. Fractionation and quantitative differences of glutenin from wheat varieties varying in baking quality. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 53, n. 2, p. 258-269, 1976.
- JACKSON, E. A.; HOLT, L. M.; PAYNE, P. I. Characterization of high molecular weight gliadin and low-molecular-weight glutenin subunits of wheat endosperm by two-dimensional electrophoresis and the chromosomal localization of their controlling genes. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, New York, v. 66, n. 1, p. 29-37, 1983.
- JANSSEN, A. M.; VEREIJKEN, J. B.; BEITEMA, M. J. J.; WITHOLD, B.; VLIET, T. Rheological studies on gluten. In: BUSHUK, W. & TKACHUK, R. **Gluten Proteins 1990**. Saint Paul: AACC, 1992. p. 180-186.
- JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. Principal Components. **Applied Multivariate Statistical Analysis**. 2. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1988, p. 340-377.
- JOHNSON, J. A.; SHELLENBERGER, J. A.; SWANSON, C. O. Extensograph studies of commercial flours and their relation to certain other physical dough tests. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 23, p. 401-409, 1946.
- JONES, B. L.; LOOKHART, G. L.; HALL, S. B.; FINNEY, K. F. Identification of cultivars by gliadin electrophoresis: electrophoregrams of the 88 wheat cultivars most commonly grown in the United States. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 59, n. 3, p. 181-188, 1982.
- KASARDA, D. D. Glutenin structure in relation to wheat quality. In: Pomeranz, Y. **Wheat is Unique: Structure, Composition, Processing, end-use Properties, and Products**. Saint Paul: AACC, 1989, p. 277-302.
- KHAN, K.; BUSHUK, W. Studies of glutenin. XII. Comparison by sodium dodecyl sulfate-polyacrilamide gel electrophoresis of reduced and unreduced glutenin from various isolation and purification procedures. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 56, n. 1, p. 63-68, 1979.
- KHAN, K.; TAMMINGA, G.; LUKOW, O. The effect of wheat flour proteins on mixing and baking- Correlations with protein fractions and high molecular weight glutenin subunit composition by gel electrophoresis. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 66, n. 5, p. 391-396, 1989.

- KILBORN, R. H.; BLACK, H. C.; DEXTER, J. E.; MARTIN, D. G. Energy consumption during flour milling: Description of two measuring systems and the influence of wheat hardness on energy requirements. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 59, n. 4, p. 284-288, 1982.
- KIM, J. -J.; KIEFER, R.; BELITZ, H. -D. Rheological properties of wheat gluten containing different amounts of prolamin from various cereals. **Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung**, Berlin, v. 186, n. 1, p. 16-23, 1988.
- KITTERMAN, J. S.; BARMORE, M. A. A modified micro-sedimentation test for screening early generation wheat selections. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 46, n. 3, p. 273-280, 1969.
- KOSMOLAK, F. G.; DEXTER, J. E.; MATSUO, R. R.; LEISLE D.; MARCHYLO, B. A. A relationship between durum wheat quality and gliadin electrophoregrams. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 60, n. 2, p. 427-432, 1980.
- KRATTIGER, A. F.; LAW, C. L. The effects of adding NaCl and 2-Mercaptoethanol and of other modifications to the SDS-Sedimentation test. In: **Gluten Proteins 1990**. 2. ed. Saint Paul: AACC, 1991, p. 156-169.
- KRUGER, J. E.; MARCHYLO, B. A.; HATCHER, D. Preliminary assessment of a sequential extraction scheme for evaluating quality by reversed-phase high performance liquid chromatography and electrophoretic analysis of gliadins and glutenins. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 65, n. 3, p. 208-214, 1988.
- KRUGER, J. E.; REED, G. Enzymes and color. In: Pomeranz, Y. **Wheat: Chemistry and Technology**. 3. ed. Saint Paul: AACC, 1988. vol. 1, p. 441-500.
- KULKARNI, R. G.; PONTE, J. G. Jr.; KULP, K. Significance of gluten content as an index of flour quality. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 64, n. 1, p. 1-3, 1987.
- LAGOS, M. B.; FERNANDES, M. I. B. de M.; CAMARGO, C. E. de O.; FEDERIZZI, L. C.; CARVALHO, F. I. F. Genetics and monosomic analysis of aluminum tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 14, n. 1, p. 1011-1020, 1991.
- LAWRENCE, G. J.; MacRITCHIE, F.; WRIGLEY, C. W. Dough and baking quality of wheat lines deficient in glutenin subunits controlled by the *Glu-A1*, *Glu-B1* and *Glu-D1* loci. **Journal of Cereal Science**, London, v. 7, n. 2, p. 109-112, 1988.
- LAWRENCE, G. J.; MOSS, H. J.; SHEPHERD, K. W.; WRIGLEY, C. W. Dough quality of biotypes of eleven Australian cultivars that differ in high-molecular-weight glutenin subunit composition. **Journal of Cereal Science**, London, v. 6, n. 1, p. 99-101, 1987.
- LORENZO, A.; KRONSTAD, W. E. Reliability of two laboratory techniques to predict bread quality in nontraditional growing areas. **Crop Science**, Madison, v. 27, n. 2, p. 247-252, 1987.

- LEE, J. W.; WRIGLEY, C. W. The protein composition of gluten extracted from different wheats. **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, Melbourne, v. 3, n. 9, p. 85-88, 1963.
- LINDAHL, L.; ELIASSON, A. -C. A comparison of some rheological properties of durum and wheat flour doughs. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 69, n. 1, p. 30-34, 1992.
- LUKOW, O. M.; PAYNE, P. J.; TKACHUK, R. The HMW glutenin subunit composition of Canadian wheat cultivars and their association with breadmaking quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 46, n. 4, p. 451-460, 1989.
- MacRITCHIE, F. Conversion of a weak flour to a strong one by increasing the proportion of its high molecular weight gluten protein. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 24, n. 11, p. 1325-1329, 1973.
- MacRITCHIE, F. Baking quality of wheat flours. **Advances in Food Research**. New York, v. 29, p. 201-277, 1984.
- MacRITCHIE, F. Evaluation of contributions from wheat protein fractions to dough mixing and breadmaking. **Journal of Cereal Science**, London, v. 6, n. 3, p. 259-268, 1987.
- MacRITCHIE, F.; DU CROS, D. L.; WRIGLEY, C. W. Flour polypeptides related to wheat quality. **Advances in Cereal Science and Technology**, Saint Paul, v. 10, p. 79-145, 1990.
- MAILHOT, W. C.; PATTON, J. C. Criteria of flour quality. In: Pomeranz, Y. **Wheat: Chemistry and Technology**. 3. ed. Saint Paul: AACC, 1988. vol. 2, p. 69-90.
- MATSUO, R. R.; DEXTER, J. E.; KOSMOLAK, F. G.; LESLIE, D. Statistical evaluation of tests for assessing spaghetti-making quality of durum wheat. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 59, n. 3, p. 222-228, 1982.
- METAKOWSKY, E. V.; WRIGLEY, C. W.; BEKES, F.; GUPTA, R. B. Gluten polypeptides as useful genetic markers in Australian wheats. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 41, n. 2, p. 289-306, 1990.
- MILLER, B. S.; AFEWORK, S.; POMERANZ, Y.; BRUINSMA, B. L.; BOOTH, G. D. Measuring the hardness of wheat. **Cereal Foods World**, Saint Paul, v. 27, n. 2, p. 61-64, 1982.
- MOONEN, J. H. E.; SCHEEPSTRA, A.; GRAVELAND, A. Use of the SDS-sedimentation test and SDS-polyacrilamide gel electrophoresis for screening breeder's samples of wheat of bread-making quality. **Euphytica**, Wageningen, v. 31, n. 3, p. 677-690, 1982.
- MOONEN, J. H. E.; SCHEEPSTRA, A.; GRAVELAND, A. The positive effects of the high molecular weight subunits 3 + 10 and 2* of glutenin on the bread-making quality of wheat cultivars. **Euphytica**, Wageningen, v. 32, n. 3, p. 735-742, 1983.

- MORRIS, V. H.; ALEXANDER, T. L.; PASCOE, E. D. Studies of the composition of the wheat kernel. I. Distribution of ash and protein in center section. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 22, p. 351-361, 1945.
- MORRISON, W. R. Lipids in flour, dough and bread. **Bakers Digest**, Chicago, v. 50, n. 4, p. 29-34, 36, 47-49, 1976.
- MORRISON, W. R. Cereal lipids. **Advances in Cereal Science and Technology**, Saint Paul, v. 2, p. 221-348, 1978a.
- MORRISON, W. R. The stability of wheat starch lipids in untreated and chlorine-treated cake flours. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 29, n. 4, p. 365-371, 1978b.
- MOSS, H. J.; DERERA, N. F.; BALAAM, L. N. Effect of pre-harvest rain on germination in the ear and α -amylase activity of Australian wheat. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 23, p. 769-777, 1972.
- NAGAO, S.; ISHIBASHI, S.; IMAI, S.; SATO, T.; KANBE, T.; KANEKO, Y.; OTSUBO, H. Quality characteristics of soft wheats and their utilization in Japan. II. Evaluation of wheats from the United States, Australia, France and Japan. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 54, n. 1, p. 198-204, 1977.
- OBUCHOWSKI, W.; BUSHUK, W. Wheat hardness: Comparison of methods of its evaluation. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 57, n. 6, p. 421-425, 1980a.
- OBUCHOWSKI, W.; BUSHUK, W. Wheat hardness: Effects of debranning and protein content. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 57, n. 6, p. 426-428, 1980b.
- OLIVER, J. R.; ALLEN, H. M. The prediction of bread baking performance using the farinograph and extensograph. **Journal of Cereal Science**, London, v. 15, n. 1, p. 79-89, 1992.
- ORTH, R. A.; BUSHUK, W. A Comparative study of the proteins of wheats of diverse baking qualities. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 49, n. 3, p. 268-275, 1972.
- OSBORNE, T. B. The proteins of the wheat kernel. **Carnegie Institute of Washington**, Washington, D.C., n. 84, p.1-119, 1907.
- PAYNE, P. I., Breeding for Protein Quantity and Protein Quality in Seed Crops. In: Daussant, J., Mosse, J., Vaughan, J. **Seed proteins**. New York: Academic Press, 1983. p. 223-253.
- PAYNE, P. I.; CORFIELD, K. G. Subunit composition of wheat glutenin proteins, isolated by gel filtration in a dissociating medium. **Planta**, New York, v. 145, n. 1, p. 83-88, 1979.
- PAYNE, P. I.; CORFIELD, K. G.; BLACKMAN, J. A. Identification of a high-molecular-weight subunit of glutenin whose presence correlates with bread-making quality in wheats of related pedigree. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, New York, v. 55, n. 3/4, p. 153-159, 1979.

- PAYNE, P. I.; LAW, L. N.; MUDD, E. E. Control by homologous group 1 chromosomes of the high-molecular-weight subunits of glutenin, a major protein of wheat endosperm. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, New York, v. 58, n. 3/4, p. 113-120, 1980.
- PAYNE, P. I.; CORFIELD, K. G.; HOLT, L. M.; BLACKMAN, J. A. Correlation between the inheritance of certain high-molecular weight subunits of glutenin and bread-making quality in progenies of six crosses of bread wheat. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 32, n. 1, p. 51-60, 1981.
- PAYNE, P. I.; HOLT, M. G.; LAW, C. N. Structural and genetical studies on the high-molecular-weight subunits of wheat glutenin. Part 1: Allelic variation in subunits amongst varieties of wheat (*Triticum aestivum*). **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, New York, v. 60, n. 4, p. 229-236, 1981.
- PAYNE, P. I.; JACKSON, E. A.; HOLT, L. M.; LAW, C. N. Genetic linkage between endosperm storage protein genes on each of the short arms of chromosomes 1A and 1B in wheat. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, New York, v. 67, n. 2/3, p. 235-243, 1984.
- PAYNE, P. I.; NIGHTINGALE, M. A.; KRATTIGER, A. F.; HOLT, L. M. The relationship between HMW glutenin subunit composition and the bread-making quality of British-grown wheat varieties. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 40, n. 1, p. 51-65, 1987.
- PELSHENKE, P. F.; BOLLING, H. Wet gluten-protein relation. **Getreide Mehl und Brot**, Bochum, v. 12, n. 3, p. 29-33, 1962.
- PERTEN, H. Application of the falling-number method for evaluation of alpha-amylase activity. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 41, n. 3, p. 127-140, 1964.
- POGNA, N.; LAFIANDRA, D.; FEILLET, P.; AUTRAN, J. C. Evidence for a direct casual effect of low molecular weights subunits of glutenin on gluten viscoelasticity in durum wheats. **Journal of Cereal Science**, London, v. 7, n. 3, p. 211-214, 1990.
- POMERANZ, Y. Mehlbestandteile und backverhalten (Flour components and baking behavior). **Getreide Mehl und Brot**, Bochum, v. 36, n. 10, p. 264-272, 1982.
- POMERANZ, Y. Grain Quality. In: Pomeranz, Y. **Modern Cereal Science and Technology**. Weinheim: VCH Publishers, 1987, p. 72-150.
- POMERANZ, Y. Composition and functionality of wheat flour components. In: Pomeranz, Y. **Wheat: Chemistry and Technology**. 3. ed. Saint Paul: AACC, 1988. vol. 2, p. 219-370.
- POMERANZ, Y.; CZUCHAJOWSKA, Z.; SHOGREN, M. D.; RUBENTHALER, G. L.; BOLTE, L. C.; JEFFERS, H. C.; MATTERN, P. J. Hardness and functional (bread and cookie-making) properties of U.S. wheats. **Cereal Foods World**, Saint Paul, v. 33, n. 3, p. 297-298, 300-304, 1988.

- POMERANZ, Y.; WILLIAMS, P. C. Wheat hardness: its genetic, structural, and biochemical background, measurement, and significance. **Advances in Cereal Science and Technology**, Saint Paul, v. 10, p. 471-544, 1990.
- PRESTON, K. R.; MARCH, P. R.; TIPPLES, K. H. An assessment of the SDS-sedimentation test for the prediction of Canadian bread wheat quality. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 62, n. 3, p. 545-553, 1982.
- PRIMARD, P.; GRAYBOSCH, R.; PETERSON, C. J.; LEE, J. -H. Relationships between gluten protein composition and quality characteristics in flour populations of high-protein, hard red winter wheat. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 68, n. 3, p. 305-312, 1991.
- QUAGLIA, G. B. Other durum wheat products. In: Fabriani, G., Lintas, C. **Durum Wheat: Chemistry and Technology**. Saint Paul: AACC, 1988. p. 263-282.
- QUICK, J. S.; DONNELLY, B. J. A rapid test for estimating durum wheat gluten quality. **Crop Science**, Madison, v. 20, n. 6, p. 816-818, 1980.
- RAO, C. R. The Use and Interpretation of Principal Component Analysis in Applied Research. **Sankhya Series A**, n. 26, part 1, p. 329-358.
- RASPER, V. F.; PICO, M. -L.; FULCHER, R. G. Alveography in quality assessment of soft white winter wheat cultivars. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 63, n. 5, p. 395-400, 1986.
- ROGERS, W. J.; SAYERS, E. J.; HARRIS, P. A.; LAW, C. N.; PAYNE, P. I. Effect of allelic variation for glutenin subunits and gliadins on bread-making quality; exploitation of novel alleles found in wild relatives of wheat. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON GLUTEN PROTEINS, 3., 1987, Singapore. **Proceedings**. Singapore: World Scientific, 1987. p. 46-56.
- SÃO PAULO. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. **Relatórios do Acordo entre a S.A.A., através do Instituto Agrônômico, e as Cooperativas Rurais do Vale do Paranapanema**, Campinas, 1990, 1991, 1992.
- SAS The Princomp Procedure. In: **SAS/STAT User's Guide, Release 6.03**. Cary: SAS Institute Inc., 1988, p. 751-771.
- SCHOFIELD, J. D.; BOOTH, M. R. Wheat proteins and their technological significance. In: Hudson, B. F. J. **Developments in Food Protein**. London: Applied Science Publishers, 1983. vol. 2, p. 1-65.
- SHELLENBERGER, J. A. Advances in milling technology. **Advances in Cereal Science and Technology**, Saint Paul, v. 3, p. 227-269, 1980.
- SHUEY, W. C. Interpretation of the farinogram. In: Shuey, W. C. **The Farinograph Handbook**. 2. ed. Saint Paul: AACC, 1972. p.45-49.

- SIMMONDS, D. H. Chemical basis of hardness and vitreosity in the wheat kernel. **Bakers Digest**, Chicago, v. 48, n. 5, p. 16-29, 1974.
- SINGH, N. K.; DONOVAN, G. R.; MacRITCHIE, F. Use of sonication and size-exclusion HPLC in the study of wheat flour proteins. II. Relative quantity of glutenin as a measure of breadmaking quality. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 67, n. 2, p. 161-170, 1990.
- SINGH, N. K.; SHEPHERD, K. W. Linkage mapping of genes controlling endosperm storage proteins in wheat. I. Genes on the short arms of group I chromosomes. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, New York, v. 75, n. 4, p. 628-641, 1988.
- SINGH, N. K.; SHEPHERD, K. W.; LANDRIDGE, P.; GRUEN, L. C. Purification and biochemical characterization of triticin, a legumin-like protein in wheat endosperm. **Journal of Cereal Science**, London, v. 13, n. 3, p. 207-219, 1991.
- STENVERT, N. L.; 1972. The measurement of wheat hardness and its effect on milling characteristics. **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, Melbourne, v. 12, p. 141-149, 1972.
- STENVERT, N. L.; KINGWOOD, K. Factors influencing the rate of moisture penetration into wheat during tempering. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 54, n. 3, p. 627-637, 1977.
- TIPPLES, K. H.; KILBORN, R. H. Factor affecting mechanical dough development. I. Effect of mixing intensity and work input. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 49, n. 1, p. 34-48, 1972.
- TIPPLES, K. H.; PRESTON, K. R.; KILBORN, R. H. Implications of the term "Strength" as related to wheat and flour quality. **Bakers Digest**, Chicago, v. 56, n. 6, p. 16-18, 20, 1982.
- TOEPFER, E. W.; POLANSKY, M. M.; EHEART, J. F.; SLOVER, H. T.; MORRIS, E. R.; HEPBURN, F. N.; QUACKENBUSH, F. W. Nutrient composition of selected wheats and wheat products. XI. Summary. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 49, n. 2, p. 173-186, 1972.
- VAN LONKHUIJSEN, H. J.; HAMER, R. J.; SCHREUDER, C. Influence of specific gliadins on the breadmaking quality of wheat. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 69, n. 2, p. 174-177, 1992.
- VITTI, P.; MOREIRA, R. T.; BÄR, W. H. Estudo tecnológico da cultivar de trigo nacional IAC-18BA. **Boletim do ITAL**, Campinas, v. 19, n. 2, p.183-194, 1982.
- ZELNY, L. Criteria of wheat quality. In: Pomeranz, Y. **Wheat: Chemistry and Technology**. 2. ed. Saint Paul: AACC, 1971. p. 19-49.
- ZILLMAN, R. R.; BUSHUK, W. Wheat cultivar identification by gliadin electrophoregrams. II. Effects of environmental and experimental factors on gliadin electrophoregram. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 59, n. 2, p. 281-286, 1979.