

LEANDRO SOARES SANTOS

**PERFIL PROTÉICO E QUALIDADE DE PANIFICAÇÃO EM
LINHAGENS DE TRIGO DESENVOLVIDAS PARA A REGIÃO DO
CERRADO BRASILEIRO**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa, como
parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Ciência e Tecnologia de
Alimentos, para obtenção do título de
Magister Scientiae.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2008

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

S237p
2008

Santos, Leandro Soares, 1982-

Perfil protéico e qualidade de panificação em linhagens
de trigo desenvolvidas para a região do cerrado brasileiro /
Leandro Soares Santos. – Viçosa, MG, 2008.
xiii, 65f.: il. (algumas col.) ; 29cm.

Inclui anexos e apêndices.

Orientador: Mônica Ribeiro Pirozi.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 44-56.

1. Trigo - Qualidade. 2. Glutenina. 3. Trigo -
Variedades. 4. Trigo - Teor protéico. 5. Alimentos -
Conteúdo de proteína. I. Universidade Federal de Viçosa.
II. Título.

CDD 22.ed. 664.722

LEANDRO SOARES SANTOS

**PERFIL PROTÉICO E QUALIDADE DE PANIFICAÇÃO EM
LINHAGENS DE TRIGO DESENVOLVIDAS PARA A REGIÃO DO
CERRADO BRASILEIRO**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa, como
parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Ciência e Tecnologia de
Alimentos, para obtenção do título de
Magister Scientiae.

APROVADA: 20 de fevereiro de 2008.

Prof^ª. Jane Sélia dos Reis Coimbra
(Co-Orientador)

Prof. Moacil Alves de Souza
(Co-Orientador)

Prof^ª. Renata Cristina Ferreira Bonomo

Prof. Luis Antônio Minim

Prof^ª. Mônica Ribeiro Pirozi
(Orientadora)

*Dedico esta dissertação a MINHA FAMÍLIA, pelo amor,
Apoio e dedicação.*

“A verdadeira felicidade está no coração dos homens que acreditam em seus sonhos e têm coragem de se arriscar por eles para um dia, vivê-los realmente”

AGRADECIMENTOS

Primeiramente ao meu bom DEUS por todas as bênçãos a mim dispensadas, por todas as tempestades que estiveste comigo, por me mostrar o quão grande é o seu amor e ter me ensinado em todos os momentos que é bom depender de VOCÊ.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) e ao Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA), pelo Programa de Pós-Graduação.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CTAA-EMBRAPA), na pessoa do Dr. Rogério Germani e em especial a Adriana Paula.

À professora Mônica Ribeiro Pirozi, pela orientação, confiança, incentivo e apoio durante todo o mestrado.

Ao professor Luis Antônio Minim e co-orientadores Jane Sélia dos Reis Coimbra e Moacil Alves de Souza pela orientação e incentivo oferecidos.

A professora Renata Bonomo e família, sou muito grato pela amizade e companheirismo destes últimos anos, vou sempre lembrar de você como um presente de DEUS.

À Daniela, pela amizade, carinho, amor, paciência, respeito, dedicação e acima de tudo compreensão, você tem sido uma verdadeira companheira.

Aos amigos Vitor e Rogério por todos esses anos de convivência. De fato viramos uma família, vocês são verdadeiros irmãos. E a todos os demais amigos que ao longo dessa jornada fizeram parte de minha vida.

À Ritinha e Ingrid, agradeço a DEUS por ter a amizade de vocês.

Aos amigos e colegas do Laboratório de Amido e Farinha e do laboratório de Processos de Separação: João, Claudia Regina, Claudia Vieira, Talita, Julia, Omar, Rafael, Rosana, Roney e Priscila. Em especial gostaria de agradecer a Danúbia e Aline, a contribuição de vocês foi fundamental para que este trabalho fosse possível.

Aos funcionários do DTA, em especial ao Divino.

E a todos os amigos que de alguma forma contribuíram neste trabalho e não foram aqui citados, meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS	viii
RESUMO	x
ABSTRACT	xii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Panorama da triticultura nacional	3
2.2 A triticultura no cerrado brasileiro	4
2.3 Aspectos de qualidade tecnológica de trigo	5
2.4 Proteínas de trigo	7
2.4.1 Proteínas monoméricas	8
2.4.2 Proteínas poliméricas	9
2.5 Relação entre proteína de reserva de trigo e qualidade de panificação	11
2.6 Tendências em técnicas de análise na ciência de trigo	14
3. MATERIAL E MÉTODOS	18
3.2 Eletroforese SDS-PAGE	20
3.3 Cromatografia líquida de alta eficiência por exclusão molecular (HPLC-SE)	20
3.3.1 Extração de proteína	21
3.4 Teste de panificação	24
3.5 Delineamento experimental	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1 Testes iniciais	26
4.2 Perfil eletroforético de subunidades de alta massa molecular (HMW-GS)	29
4.2 Composição de proteínas poliméricas do trigo	33
4.4 Teste de Panificação	36
4.5 Relação entre subunidade HMW-GS e composição das proteínas poliméricas com qualidade de panificação	41
5. CONCLUSÃO	43
6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	44
ANEXO	57
APÊNDICE	59

LISTA DE FIGURAS

Figuras 1: Separação dos extratos de proteína não extraíveis de farinha de trigo mediante SE-HPLC. 1 (polimérica) e 2 (monomérica).....	23
Figuras 2: Separação dos extratos de proteína extraível de farinha de trigo mediante SE-HPLC. 1 (polimérica) e 2 (monomérica).....	23
Figuras 3: Separação dos extratos de proteína total de farinha de trigo mediante SE-HPLC. 1 (polimérica) e 2 (monomérica).....	23
Figura 4: Batedeira adaptada para produção de pão a partir de 35 gramas de farinha.....	24
Figura 5: Formas confeccionadas para preparo de pão com 10 gramas de massa.....	24
Figura 6: Perfil eletroforético de proteínas do endosperma de trigo por SDS-PAGE. 1- Wings; 2-VI00219; 3-Nugaines Brabender; 4-VI01370; 5-Karl 92; 6-IVI01270; 7-VI03236; 8-TAM 107; 9-Nugaines; 10-IVI01078; 11-TAM 107; 12-IVI01296; 13-Cajeme 71; 14-IVI02036; 15-Atlas 66.....	30
Figura 7: Comparação das características internas de pão produzido com a amostra Controle (C) e das linhagens estudadas, 1-IVI02036; 2-EMBRAPA 22; 3-IVI01172; 4-IVI01265; 5-IVI01120; 6-IVI01614; 7-IVI01270; 8-VI00219; 9-VI00191; 10-VI98053; 11-VI03236; 12-IVI01296; 13-VI03025; 14-IVI01078; 15-PIONEIRO.....	39
Figura 8: Comparação das características internas de pão produzido com a amostra Controle (C) e das linhagens estudadas, 1-VI03033; 2-IVI01043; 3-VI03221; 4-VI03170; 6-VI03224; 7-VI03061; 8-IVI01127; 9-IVI01313; 10-IVI01094; 11-VI01149; 12-IVI01453; 13-VI01148; 14-IVI01321; 15-IVI01324.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação do trigo nacional em grupos (<i>T. aestivum</i> L.).....	7
Tabela 2: Relação das subunidades de gluteninas de alto peso molecular e respectivos escores para aptidão de panificação.....	13
Tabela 3: Identificação de linhagens introduzidas do CIMMYT (centro internacional de melhoramento de milho e trigo) em linhagens desenvolvidas pela UFV e seus respectivos cruzamentos.....	18
Tabela 4: Identificação de linhagens brasileiras obtidas pela UFV e seus respectivos cruzamentos.....	19
Tabela 5: Composição e rendimento de extração de grãos de trigo obtido de linhagens introduzidas do CIMMYT.....	26
Tabela 6: Composição e rendimento de extração de grãos de trigo obtido de linhagens da UFV.....	27
Tabela 7: Identificação das subunidades de alto peso molecular por SDS-PAGE de farinha de trigo de linhagens introduzidas do CIMMYT.....	31
Tabela 8: Identificação das subunidades de alto peso molecular por SDS-PAGE de farinha de trigo de linhagens obtidas da UVF.....	32
Tabela 9: Composição de proteínas polimérica de farinha de trigo por SE-HPLC em linhagens introduzidas do CIMMYT.....	34
Tabela 10: Composição de proteínas polimérica de farinha de trigo por SE-HPLC em linhagens desenvolvidas pela UFV.....	35
Tabela 11: Teste de Panificação de farinha de trigo obtida por cruzamentos entre variedades brasileiras e mexicanas.....	37
Tabela 12: Teste de Panificação de farinha de trigo obtida de cruzamentos entre variedades brasileiras.....	38
Tabela 13: Matriz de correlação para parâmetros de composição protéica das farinhas e qualidade de panificação.....	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

LMW-GS – Subunidades de gluteninas de baixo peso molecular

HMW-GS – subunidades de gluteninas de alto peso molecular

CIMMYT – Centro Internacional de Melhoramento de Milho e Trigo

VCU - Ensaio de valor de cultivo e uso

EPL – Ensaio preliminar de linhagens

“IVI” – Grupo de linhagens introduzidas do CIMMYT pela UFV

“VI” - Grupo de linhagens obtidas por cruzamento pelo programa de melhoramento da UFV

SDS-PAGE – Eletroforese em gel de poliacrilamida e duodecil sulfato de sódio

SE-HPLC – Cromatografia líquida de alta resolução por exclusão molecular.

PF – Teor de proteína da farinha (%)

PPT- Extrato proteína polimérica total

PPE – Extrato proteína polimérica extraível

PPNE – Proteína polimérica não extraível

PPP - Percentagem de proteína polimérica total

UPP – Percentagem de proteína polimérica não extraível

PPF – Percentagem proteína polimérica na farinha

UPPF - Percentagem proteína polimérica não extraível na farinha.

ACN – Acetonitrila

TFA- Ácido trifluoracético

Área pico₁_{PPT} - Área cromatográfica do pico 1 da fração PPT.

Área pico₂_{PPT} - Área cromatográfica do pico 2 da fração PPT.

Área picol_{PPNE} - Área cromatográfica do pico 1 da fração PPNE.

Área picol_{PE} - Área cromatográfica do pico 2 da fração PPNET.

b.u.- Base úmida

G – Grão

F - Farinha

S- Classe superior

I- Classe intermediário

-SH – Ligação sulfidril

CE – Características externas do pão

CI – Características internas do pão

CG- Escore total do pão

RESUMO

SANTOS, Leandro Soares, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2008.
Perfil protéico e qualidade de panificação em linhagens de trigo desenvolvidas para a região do cerrado Brasileiro. Orientadora: Mônica Ribeiro Pirozi. Co-orientadores: Jane Sélia dos Reis Coimbra e Moacil Alves de Souza.

A região do Cerrado constitui importante alternativa para a expansão da área tritícola brasileira, necessária para aumentar a produção nacional e reduzir a evasão de divisas com a importação deste cereal. O cultivo de trigo nessa região exige, no entanto, o desenvolvimento de cultivares adaptadas às suas condições edafoclimáticas e que possuam alta qualidade tecnológica. Este trabalho objetivou-se identificar subunidades de glutenina responsáveis pela qualidade tecnológica em vinte e sete linhagens e dois cultivares de trigo, buscar relação entre os resultados da eletroforese com os parâmetros obtidos em cromatografia líquida de alta resolução por exclusão molecular (SE-HPLC) e identificar o potencial de panificação do material em estudo, estes testes em microescala com potencial para estimar acuradamente a qualidade tecnológica de trigo nos primeiros estágios de desenvolvimento de novos cultivares. As amostras foram estudadas quanto à composição de subunidades de glutenina de elevado peso molecular (HMW-GS), por meio de eletroforese em SDS-PAGE e a distribuição de peso molecular das proteínas poliméricas utilizando SE-HPLC. O teste de panificação foi utilizado para comprovar o potencial tecnológico das amostras e para verificar a existência de correlação entre os parâmetros de eletroforese e SE-HPLC com a qualidade de panificação. No total das amostras em estudo, foram identificadas treze HMW-GS distintas, 1, 2*, 7, 8, 9, 13, 16, 17, 18, 2, 5, 10 e 12. Foi observado que linhagens com progenitores em comum não exibiram combinações alélicas idênticas. A distribuição de massa molecular das proteínas do trigo em estudo foi determinado pelos seguintes dados de SE-HPLC: percentagem de proteína polimérica total (PPP), percentagem de proteína polimérica não extraível (UPP), teor de proteína polimérica na farinha (PPF) e teor de proteína polimérica não extraível na farinha (UPPF). As linhagens que tiveram maior UPP não apresentaram necessariamente maior PPP, uma evidência de que o grau de polimerização das subunidades de glutenina não depende do total de proteínas poliméricas presente. As linhagens com maior UPP expressaram as subunidades 5+10, enquanto as linhagens com valor menor possuíam o par alélico 2+12,

exceto na cultivar Pioneiro. A presença de terminadores de cadeias, que impediram a polimerização completa das gluteninas, foi sugerida neste cultivar. As subunidades 2*; 7, 8 e 9 (em suas combinações alélicas 7+8 e 7+9); e o par 5+10 apresentaram maior relação com volume de pão e escore total de panificação (CG). As linhagens com baixa qualidade de panificação expressaram as subunidades 2+12. Dos parâmetros avaliados, UPP apresentou maior correlação positiva com o volume de pão e com CG, de 0,94 e 0,69, respectivamente. Já PPP apresentou baixa correlação com o volume de pão (0,35) e correlação não significativa com CG, demonstrando que apenas as frações de proteína polimérica de maior massa molecular parecem estar relacionadas com qualidade de panificação. O elevado grau de correlação, principalmente da UPP e do escore Glu-1, com volume de pão e CG indica que esses parâmetros podem ser utilizados nos programas de melhoramento de trigo para estimar a qualidade de panificação, permitindo que apenas o material genético de melhor qualidade tecnológica seja utilizado como matriz no desenvolvimento de novas cultivares.

ABSTRACT

SANTOS, Leandro Soares, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, february, 2008. **Profile protein and quality of bakery in strains of wheat developed for the region of the Brazilian Cerrado.** Adviser: Mônica Ribeiro Pirozi. Co-advisers: Jane Sélia dos Reis Coimbra and Moacil Alves de Souza.

The region of Cerrado constitutes important alternative in the expansion of Brazilian wheat area, considering the need of wheat supply for milling industries of the country and the expenses with this cereal import. Besides, there is the difficulty of alternatives of winter crops. Nonetheless, wheat cultivation in Cerrado and Minas Gerais State demands the development of new varieties, adapted to the specific soil and climate conditions, and with high technological quality. This work aims to identify glutenin subunits responsible for the technological quality in twenty-seven in-breeding wheat lines and two wheat cultivars, to examine the relationship between the electrophoresis results and size-exclusion high-performance liquid chromatography (SE-HPLC) parameters, and to identify the bread-making potential of the wheat material. The ultimate goal is to present to breeders potential micro-scale tests that could accurately estimate the technological quality of wheat in the early breeding stages of a new wheat cultivar. Wheat samples were studied for the composition of high molecular weight glutenin subunits (HMW-GS), through electrophoresis in SDS-PAGE and the molecular weight distribution of the polymeric proteins using SE-HPLC. Bread-making test was used to determine the technological quality of the samples, and to verify the correlation between electrophoresis and SE-HPLC data with bread-making quality parameters. Thirteen different HMW-GS, 1, 2 *, 7, 8, 9, 13, 16, 17, 18, 2, 5, 10 and 12, were identified in the samples studied. It was observed that breeding lines with the same progenitors exhibited different allelic combinations. The molecular weight distribution of wheat protein was determined by the following SE-HPLC data: percentage of polymeric protein in the total protein (PPP), percentage of unextractable polymeric protein (UPP), content of polymeric protein in the flour (PPF) and content of unextractable polymeric protein in the flour (UPPF). Breeding lines with greater UPP did not necessarily present greater PPP, evidence that the polymerization degree of the glutenin subunits does not depend on the total content of polymeric proteins. Breeding lines with greater UPP expressed subunits 5+10, and breeding lines with low value expressed the

allelic pair 2+12, except for the Pioneer variety. It was suggested that chain terminators, which reduce glutenins polymerization, could be present in this variety. Subunits 2*; 7, 8 and 9 (in their allelic combinations 7+8 and 7+9); and the pair 5+10 presented greater correlation with bread volume and total bread-making score (CG). Breeding lines with low bread-making quality expressed the subunits 2+12. Of all evaluated parameters, UPP presented higher positive correlation, of 0.94 and 0.69 with bread volume and CG, respectively. PPP showed low correlation with the bread volume (0.35), and no significative correlation with CG, demonstrating that only the larger molecular weight fractions of polymeric protein seem to be related with bread-making quality in the studied flours. The high correlation degree, mainly from UPP and Glu-1 score, with bread volume and CG indicates that those parameters can be successfully used to estimate the bread-making quality in wheat breeding programs, allowing that only the genetic material of better technological quality to be used in the development of new varieties.

1. INTRODUÇÃO

Um dos maiores problemas da cadeia produtiva do trigo no Brasil está na logística de distribuição e armazenamento. O sul do país concentra mais de 90% da produção e em curto período. O consumo, porém, distribui-se ao longo do ano em todo território nacional (AGRIANUAL, 2007). A região do Brasil-Central comprovadamente constitui uma alternativa para a expansão da área tritícola brasileira, o que possibilitaria a descentralização do cultivo e promoveria melhorias na logística de distribuição e armazenamento deste cereal.

Até 1990 as pesquisas voltadas ao setor tritícola estavam centradas principalmente na busca de ganhos de produtividade e na adaptação de cultivares para as diferentes regiões do país, principalmente, Sudeste, Centro-Oeste e Sul. Após a total desregulamentação do mercado de trigo a pesquisa se voltou imediatamente para as cultivares de melhor qualidade para a panificação. A variável qualidade foi incorporada como objetivo principal na corrida para oferecer ao produtor cultivares de qualidade superior e, conseqüentemente, sustentar a indústria brasileira com matéria-prima compatível ao produto importado (COLLE, 1998).

A qualidade de panificação da farinha é uma característica de fundamental importância para os melhoristas de trigo, que conseqüentemente buscam métodos acurados e rápidos de determinação da qualidade em linhagens de trigo. A maioria dos testes de avaliação da qualidade de panificação não se enquadra às necessidades dos melhoristas, pois geralmente requerem um longo tempo para execução, e necessitam de grandes quantidades de amostra, em geral indisponíveis nos trabalhos de melhoramento genético, mas apresentam, com freqüência, boa correlação com outros parâmetros de qualidade.

Os elementos de qualidade de panificação considerados chave para seleção de linhagens de trigo são principalmente identificados através de testes de eletroforese (SDS-PAGE), pela separação dos componentes (subunidades) das proteínas ditas "formadoras de glúten". Tais proteínas são insubstituíveis do ponto de vista tecnológico, por conferir à massa as características adequadas de extensibilidade e elasticidade, necessárias à fabricação de pão (LAWRENCE, MACRITCHIE E WRIGLEY, 1988; GERMANI *et al*, 1994). Entretanto a interpretação dos géis é muitas vezes complexa, dependendo das características do gel e da habilidade do responsável pela análise. Isto implica na

necessidade de testes mais precisos para quantificação das subunidades de proteína.

A análise da composição protéica em cromatografia líquida de alta performance por exclusão de tamanho (SE-HPLC, por sua denominação inglês, "size-exclusion high performance liquid chromatography") é uma das mais difundidas atualmente. Dados de SE-HPLC têm sido usados com sucesso para demonstrar a relação entre cada subunidade protéica do trigo com sua função tecnológica (GUPTA, BATEY E MACRITCHIE, 1992; MACRITCHIE, 1999; ANTES E WIESER, 2001). Segundo MacRitchie, Kasarda e Kuzmicky (1991), a análise das proteínas do trigo por SE-HPLC pode ser utilizada na obtenção da "percentagem de proteína não-extraível" ou UPP. Tem sido demonstrado que a UPP apresenta excelente correlação com volume do pão, *resistência máxima* á extensão (medida da elasticidade), e outros parâmetros de qualidade (DACHKEVITCH E AUTRAN, 1989; MACRITCHIE, 1999; PIROZI, 2003).

O presente trabalho buscou identificar as subunidades HMW-GS e determinar o perfil protéico de linhagens de trigo desenvolvidas para o estado de Minas Gerais e região do Cerrado, correlacionando as características, perfil protéico e subunidades, com qualidade tecnológica de panificação. Considerando a relevância destes aspectos, o presente trabalho apresenta os seguintes objetivos específicos:

- Identificar a composição protéica, por eletroforese (SDS-PAGE) de linhagens de trigo em desenvolvimento na UFV para o Estado de Minas Gerais e região do Cerrado brasileiro;
- Quantificar as frações de proteínas poliméricas das linhagens em estudo;
- Estudar a relação das subunidades protéicas identificadas com a qualidade tecnológica, através do percentual de proteínas não-extraíveis (UPP) e testes de qualidade de panificação em micro-escala;
- Estabelecer os padrões de composição protéica das linhagens de trigo produzidas para o estado de Minas Gerais e região do Cerrado brasileiro.
- Estudar a correlação entre UPP e Escore de Glu-1 com parâmetros de qualidade tecnológica de panificação.
- Definir as linhagens mais adequadas, em estudo, que devem continuar no programa de melhoramento de trigo da UFV.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Panorama da triticultura nacional

Essencial na alimentação humana, o trigo vem merecendo ao longo dos tempos especial atenção por parte dos governantes. O cereal é matéria-prima utilizada em larga escala na elaboração de vários produtos, principalmente na indústria alimentícia (COLLE, 1998; ROSSI e NEVES, 2004).

A triticultura brasileira teve sua história e seu desempenho determinadas pela evolução da regulamentação instituída pelo Estado sobre a produção e importação do trigo. Na década de 50, o Ministério da Agricultura administrava um grupo de trabalho do trigo nacional, mais tarde transformado em Câmara Setorial do Trigo, que estudava a cadeia e propunha políticas. A execução destas em geral trazia resultados favoráveis à cadeia produtiva. No início da década de 1990, por meio do Decreto-lei nº8.096 de 21/11/1990, houve a privatização da comercialização do trigo nacional e a abertura de mercado. Ambas as ações foram prejudiciais ao setor, que não estava preparado para competir (AGRIANUAL, 2007). Com o afastamento do Estado a correlação de forças foi disputada entre: produtores agrícolas, setor industrial da moagem, indústrias de transformação e consumidores finais. (COLLE, 1998).

A análise da cadeia produtiva mostrou que o trigo brasileiro perdeu área, 3,28 milhões a 1,82 milhões de ha, e produção, 5,55 milhões a 3,83 milhões de toneladas, entre os anos de 1989 a 2008, respectivamente.

A partir da safra 1996-1997 houve expansão do plantio de trigo na região Centro-Oeste. Nessa safra a região era responsável por 2,5% da produção nacional, valor que passou para 4,4% na safra 2003-2004. A produtividade da região aumentou 32% nesse período, passando de 1.747 para 2.306 kg/ha (CONAB, 2005). O aumento na produção permitiu exportações inéditas na safra 2003-2004, cujo volume chegou a 1,4 milhões de toneladas. Além disso, as importações brasileiras que representavam 77,4% do consumo

interno, na safra 1999-2000 passaram para 56,2% na safra 2003-2004. Uma redução de 2 milhões de toneladas (CONAB, 2005).

O plano de revitalização da triticultura nacional deu um grande impulso ao volume de produção, mas ainda precisa ser atualizado sob um enfoque qualitativo, de demanda específica do mercado. Aumentar o volume produzido sem atender às necessidades do mercado interno não torna o país auto-suficiente, apenas o transforma em um potencial exportador de trigo para farinha de uso doméstico (AGRIANUAL, 2006). Portanto é necessário que a variável qualidade seja incorporada como objetivo principal na corrida para oferecer aos produtores cultivares de qualidade superior e, conseqüentemente, sustentar a indústria brasileira com matéria-prima compatível ao produto importado (COLLE, 1998).

A triticultura no cerrado brasileiro

Segundo Santos (2001), a cultura do trigo desenvolve-se melhor em temperaturas de clima temperado e frio. No entanto, devido ao desenvolvimento de novas tecnologias foi possível a expansão desta cultura nas regiões de cerrado, apresentando alta produtividade. A intensificação do plantio de trigo no cerrado em sistemas de rotação com culturas já difundidas poderá abrir espaço para o Brasil tornar-se não apenas um grande abastecedor do mercado internacional, mas também conquistar sustentabilidade na produção do cereal Roman (2004).

A região do Brasil-Central, envolvendo Minas Gerais, parte de São Paulo, Goiás, Mato Grosso, Distrito Federal, parte da Bahia e parte do Mato Grosso do Sul, comprovadamente constitui uma alternativa para a expansão da área tritícola brasileira, possibilitando o cultivo deste cereal em condições de sequeiro ou com irrigação. O estado de Minas Gerais já possui mais de 100 mil hectares irrigados por aspersão, onde o trigo é cultivado desde a década de 80 e tem atingido produtividades superiores a 6,0 toneladas por hectare. (FRONZA, 2004).

Segundo Roman (2004), áreas não-tradicionais, como o cerrado, possuem tanto potencial quanto as Regiões Sul e Sudeste, possuindo até mesmo algumas características vantajosas para o agricultor. O trigo irrigado, por exemplo, cultivado depois da época das

chuvas, permite maior segurança na manutenção da qualidade do produto, uma vez que o risco de precipitações pluviométricas na colheita é baixo. No Cerrado outro fator é que essa colheita coincide justamente com a entressafra, quando o produto está melhor cotado, devido à sua escassez nos estoques. Além disso, nesse período, o trigo importado da Argentina ainda não entrou no mercado nacional.

Decorridos mais de 70 anos desde o início do melhoramento do trigo em Minas Gerais, claramente observa-se uma mudança no perfil dos cultivares. Os patamares de produtividade dos cultivares atual superam os 2000 kg/ha em cultivo de sequeiro e mais de 6000 kg/ha para lavouras irrigadas. O ganho em produtividade é o resultado da combinação do maior potencial genético e redução no porte da planta mais adequados ao nível tecnológico utilizado, principalmente o uso intensivo de adubações e ou irrigação (SOUZA, 1999).

Visando atender às exigências dos moageiros e, ao mesmo tempo, oferecer aos triticultores cultivares melhores que os atuais, com maior resistência às doenças e estabilidade de rendimento, alguns cultivares têm sido desenvolvidos ou melhorados e recomendados para a região do cerrado brasileiro.

Rendimento e qualidade do grão são, sem dúvida, os aspectos de maior relevância para a cadeia agroindustrial do trigo e, portanto, determinantes ao êxito de qualquer variedade. Para alcançar melhor rentabilidade o produtor necessita de cultivares de trigo de alta produtividade; a fim de atender os moinhos e os panificadores os cultivares devem apresentar requisitos mínimos de qualidade, evitando o uso de aditivos, por razões de custos e segurança alimentar. Neste contexto, os programas de melhoramento genético enfrentam o desafio de obter cultivares que satisfaçam da melhor maneira todos os elos da cadeia agroindustrial do trigo (VERGES, 2006).

Reconhece-se que o trabalho tem sido bem sucedido e portanto hoje se produz trigo no cerrado, obtendo-se produto de qualidade comparável ao canadense e produtividade similar ao cereal francês (AGRIANUAL, 2005).

2.3 Aspectos de qualidade tecnológica de trigo

A qualidade de grãos e farinhas de cereais é determinada por características, de ordem genética, das condições de clima e solo, da incidência de pragas e moléstias, do modo de cultivo e do manejo, que assumem diferentes significados dependendo da designação de uso ou tipo de produto (POMERANZ, 1987; RASPER, 1991; PIROZI, 1995).

O conceito de qualidade do trigo está relacionado com o seu uso e depende do segmento que o avalia. Dessa forma, para o moageiro, a qualidade significa matéria-prima uniforme em tamanho e forma, alto peso hectolítrico, alto rendimento em farinha e baixos teores de cinzas, coloração desejável do produto final e baixo consumo de energia elétrica durante o processamento industrial. Para o segmento industrial de produção de farinha, os parâmetros de qualidade variam se a mesma for destinada à panificação, produção de massas alimentícias, de bolo ou biscoito. Para o consumidor, o trigo de boa qualidade é aquele capaz de produzir pães de grande volume, com texturas interna e externa adequadas, cor clara e alto valor nutritivo (SCHROEDER, 1987; PIROZI, 1995).

No Brasil a portaria nº 167 de 29 de julho de 1994, aprova a Norma de Identidade, Qualidade, Embalagem e Apresentação do Trigo, classificando em 4 grupos, Melhorador, Superior, Intermediário e Comum, em função dos parâmetros de Farinografia, de Alveografia (W), e do Índice de Queda, como mostra a Tabela 1.

Nos grãos, a qualidade é identificada por parâmetros físicos, como peso hectolítrico, peso de 1000 grãos, dureza e cor dos grãos, e físico-químicos, como umidade, cinza, teor de proteína e índice de queda ("Falling Number"). Na farinha de trigo os parâmetros de qualidade são principalmente químicos e reológicos, sendo comumente verificados umidade, acidez, cinzas, proteína, índice de queda, teor e força de glúten, absorção de água, propriedades de mistura, capacidade elástica e extensível da massa, e volume do pão (POMERANZ, 1978; PYLER, 1988). Nestes testes o potencial de panificação, ou seja, a força e o desempenho da farinha sob condições mecanizadas são avaliados. Tal avaliação é considerada importante por predizer as características de processamento da massa e a qualidade dos produtos finais (PRATT JR., 1978; OLIVER et al., 1992; RAO e RAO, 1993). Há dois objetivos principais nestes tipos de testes de farinhas: o primeiro deles é acompanhar e controlar os parâmetros específicos da farinha e o segundo, predizer o comportamento da massa em uma padaria convencional. (OLIVER e ALLEN, 1992).

TABELA 1: Classificação do trigo nacional em grupos (*T. aestivum L.*).

Classes	Farinografia estabilidade (minutos)	Alveografia W (10⁻⁴J)	Índice de Queda	Aplicações
Melhorador	14 (mínimo)	280 (mínimo)	200 (mínimo)	Adição Farinha Fraca.
Superior	5 (mínimo)	200 (mínimo)	200 (mínimo)	Panificação, massas e pastas alimentícias e Crackers.
Intermediário	3 (mínimo)	140 (mínimo)	200 (mínimo)	Uso doméstico e panificação.
Comum	Não se enquadra em nenhum dos grupos acima			Biscoitos, bolachas, pizzas, produtos de confeitaria, rações e e.t.c.

Fonte: Ministério da Agricultura e Pecuária, 1998.

Em programas de melhoramento a qualidade é estimada em gerações tardias, quando uma grande parte da variabilidade genética já foi eliminada. Um objetivo prioritário nestes programas é produzir cultivares de trigo que apresentem massa com características reológicas adequadas a produção de pães. Devido a grande quantidade de farinha necessária para a realização dos testes de rotina em programas de melhoramento, técnicas rápidas, acuradas e que utilizem pequenas quantidades de amostra têm sido utilizadas.

2.4 Proteínas de trigo

Entre todos os grãos de cereais as proteínas do trigo são as únicas a apresentar capacidade para a formação de massa. Essa capacidade está relacionada à formação do

glúten que tem papel fundamental na qualidade tecnológica do trigo (MACRITCHIE, 1992; SHEWRY, 1995; SHEWRY et al, 1994, 1995; SHEWRY e TATHAM, 1997; GIANIBELLI et al, 2001).

O glúten é constituído pelas frações hidratadas de gliadinas e gluteninas e pelo resíduo protéico. As gliadinas conferem extensibilidade, enquanto as gluteninas dão elasticidade à massa. O glúten é responsável pela estrutura do pão, formando uma rede elástica e contínua que retém o gás carbônico liberado durante o processo de fermentação da massa pelas leveduras, permitindo sua expansão (WALL, 1979; BIETZ e HUEBENDER, 1980; BUSHUK, 1985; MANDARINO, 1993; WIESER et al, 1994; HOSENEY, 1996). Essas proteínas podem ser classificadas de acordo com a solubilidade (OSBORNE, 1907), com a estrutura molecular (KREIS e SHEWRY, 1985) com a estrutura (MACRITCHIE, 1992) similaridades químicas e genéticas (SHEWRY et al, 1986)

Segundo um sistemático estudo conduzido por Osborne (1907), as proteínas dos grãos de cereais podem ser classificadas nos seguintes grupos segundo sua solubilidade: albuminas (solúveis em água e tampões diluídos), globulinas (não solúveis em água mas solúveis em solução salina diluída), prolaminas (solúveis em solução de álcool etílico 70-90%) e gluteninas (solúveis em ácidos ou bases diluídas). Chen e Bushuk (1970) adicionaram um quinto grupo a classificação de Osborne, dividiram as gluteninas em duas frações: as solúveis em ácido acético (0,05M) e as insolúveis neste solvente. Para Hosene (1996), essa classificação resiste ao tempo por que de fato funciona, produz resultados reprodutíveis e trazem alguma informação sobre as características das proteínas.

Partindo da estrutura molecular como modo de classificação é conveniente dividir as proteínas de trigo em dois grupos principais, geralmente referidas como monoméricas e poliméricas (MACRITCHIE e LAFIANDRA, 1997).

2.4.1 Proteínas monoméricas

As proteínas monoméricas são aquelas que apresentam cadeias com ligações simples ou as que apresentam em sua estrutura apenas ligações dissulfídicas intramoleculares. Partindo desse pressuposto é possível reconhecer três classes principais

neste grupo de proteína no trigo; albuminas/globulinas e gliadinas.

Albuminas e globulinas são compostos com baixo peso molecular, sendo na maioria enzimas ou enzimas inibidoras. Apresentam massa molecular inferior aos encontrados para as gliadinas (< 30000 Da). A composição de aminoácidos destas proteínas difere das proteínas do glúten por apresentarem baixa quantidade de ácido glutâmico e alta lisina (MACRITCHIE e LAFIANDRA, 1997; GIANIBELLI et al, 2001).

As gliadinas são prolaminas monoméricas que podem ser divididas em quatro grupos com base na mobilidade em Acid-PAGE, α -(mobilidade mais alta), β -, γ -, e ω -gliadinas (mobilidade mais baixa). O massa molecular varia de 30000 a 40000 Da para os tipos α -, β - e γ -gliadinas, e 60000 a 80000 Da para o tipo ω -gliadinas. Apresentam extensivo polimorfismo podendo ser utilizadas na identificação de cultivares de trigo hexaploide e tetraploide (MECCHAM e KASARDA, 1978; MACRITCHIE e LAFIANDRA, 1997; GIANIBELLI et al, 2001).

Muitas gliadinas são similares na composição de aminoácidos, com níveis elevados de glutamina e prolamina e baixos de lisina e de outros aminoácidos sulfurados (PYLER, 1988). As γ -gliadinas diferem das α - e β -gliadinas na quantidade de ácido aspartico, prolamina, metionina, tirosina fenilalanina e triptofano (BIETZ et al, 1977). Já as ω -gliadinas diferem dos outros tipos de gliadinas por não apresentar cisteína (TATHAM e SHEWRY 1995).

As gliadinas são geralmente correlacionadas às características de viscosidade e extensibilidade do glúten. Embora, alguns autores associem gliadinas específicas com qualidade de panificação, e isto tem sido aceito, estas proteínas não devem ter um efeito direto na qualidade do trigo em termos de força da massa (GIANIBELI et al, 2001). Segundo Pyler (1988) frações de gliadina com massa molecular mais elevada afetam significativamente as propriedades de mistura e reológicas da massa de trigo.

2.4.2 Proteínas poliméricas

Proteínas poliméricas são aquelas que apresentam ligações dissulfídicas intramoleculares e intermoleculares formando assim cadeias compostas por subunidades. São considerados três grupos principais, albuminas de alta massa molecular, triticinas e

glutenina.

As triticinas são consideradas globulinas, elas foram extensivamente estudadas por Singh e Shepherd (1985) e Sing et al (1991c, 1993). As triticinas, de acordo com a mobilidade em SDS-PAGE e massa molecular, são formadas por quatro subunidades: D (58000 Da); δ (22000 Da); A (52000 Da) e α (23000 Da).

As gluteninas são proteínas poliméricas de elevada massa molecular, variando de ≈ 100000 Da a milhões de KDa. São formadas por dois grupos de subunidades, os de baixa massa molecular (LMW-GS) e de alta massa molecular (HMW-GS) (SHEWRY *et al.*, 1986). As subunidades de gluteninas LMW-GS se subdividem de acordo com a mobilidade em SDS-PAGE em dois grupos, subunidade B e C, com massa molecular igual a 40000Da e 50000Da, respectivamente (SINGH e SHEPERD, 1988). As subunidades de gluteninas HMW-GS ou tipo-A têm massas moleculares de 95000 a 136000 (SHEWRY *et al.*, 1986). As LMW-GS representam 60% do total de gluteninas presente no endosperma do trigo, entretanto recebem menos atenção por parte dos pesquisadores que as HMW-GS. Isto ocorre em parte pela similaridade de massas moleculares com as gliadinas o que dificulta a identificação em SDS-PAGE unidimensional (BIETZ e WALL, 1973; GIANIBELLI et al, 2001) A composição de aminoácidos e a estrutura das LMW-GS são consideradas similares as γ -gliadinas (KASARDA, 1989).

As HMW-GS, embora sejam um dos componentes minoritários das proteínas do endosperma de trigo, são primordiais no processo de panificação, por ser o principal determinante da elasticidade do glúten (TATHAM et al 1985a). Muitas variedades de trigo apresentam quatro ou cinco subunidades HMW, frequentemente elas diferem em mobilidade em SDS-PAGE podendo ser divididas em tipo x e y (PAYNE et al., 1984). Em variedades com cinco subunidades, três delas apresentam elevada mobilidade (subunidade x) e duas de baixa mobilidade (subunidade y). Em variedades com quatro subunidades, duas são tipo y e duas x (KASARDA, 1989). Ambos os tipos de HMW-GS apresentam um domínio repetitivo central e dois domínios não repetitivos terminais (N-terminal e C-terminal) com conteúdo elevado de resíduos de cisteína (KASARDA, 1989; GIANIBELLI, 2001). Esses domínios, presumivelmente, são as bases moleculares utilizadas para explicar o papel das HMW-GS com a funcionalidade do glúten, uma vez que, os resíduos de cisteína estão relacionados à promoção das ligações disulfídicas entre as subunidades HMW-GS e

LMW-GS, responsáveis pela formação das proteínas poliméricas (SHEWRY et al., 1992; MACRITCHIE, 1992; WRIGLEY, 1996).

Subunidades de HMW apresentam conteúdo elevado de prolina e glicina e baixo conteúdo de lisina. Por causa da diferença na distribuição de aminoácidos dentro da cadeia, a região central é hidrofílica e os domínios não repetitivos, C e N-terminal, são hidrofóbicos (SHEWRY et al., 1989 e GIANIBELLI, 2001).

2.5 Relação entre proteína de reserva de trigo e qualidade de panificação

As propriedades viscoelásticas da massa de trigo são o fator principal na determinação da qualidade de panificação, sendo essas propriedades resultantes da estrutura e interações das proteínas do glúten (SHEWRY e TATHAM, 1999).

O balanço preciso das propriedades viscoelásticas da massa é fator essencial para a determinação de seu uso final. A presença de glúten elástico é necessária tanto em farinhas de panificação, quanto de massas alimentícias, enquanto que um glúten menos elástico é requerido em farinhas para bolos e biscoitos (DOBRASZCZYK e MORGENSTERN, 2003). A expressão “força de glúten” normalmente é utilizada para designar a maior ou menor capacidade de uma farinha sofrer um tratamento mecânico ao ser misturada com água. Também é associada à maior ou menor capacidade de absorção de água pelas proteínas formadoras de glúten, que combinadas à capacidade de retenção do gás carbônico resulta em um pão de volume aceitável, textura interna sedosa e de granulometria aberta (TIPPLES, 1982).

Gupta, Batey e MacRitchie (1992) estudaram a relação entre composição protéica e propriedades funcionais de farinha de trigo e concluíram que o aumento no percentual de proteína na farinha (PF) não provocou variação sistemática na proporção de glutenina (PG), gerou incremento na proporção de gliadina e decréscimo nas proporções de albumina e glutenina. Ainda neste trabalho os autores observaram que PF, PG e percentual de glutenina na farinha (GF) tiveram relação significativa com os seguintes parâmetros de qualidade: extensibilidade, tempo de desenvolvimento da massa (TDM), volume de pão e máxima resistência à extensão. Uthayakumaran et al. (1999) encontraram que a variação no tempo de mistura é uma função, não apenas, do teor de proteína, mas também da variedade

estudada. Este autor e seus colaboradores observaram também que o aumento no teor de proteína da farinha tem relação positiva com resistência máxima, volume de pão e extensibilidade. Em vários trabalhos de pesquisa (AITKEN e GEDDES, 1934; HARRIS e SIBBIT, 1943; FINNEY, 1943; HARRIS e SIBBIT, 1956) mostram a relação significativa e positiva entre o conteúdo protéico e o volume de pão.

As subunidades de alta massa molecular (HMW-GS) têm sido associadas à qualidade de panificação em função de serem as principais determinantes da elasticidade da massa. Payne et al. (1981), analisando progenitores de cruzamentos entre variedades de trigo comum, relacionou composição de HWM-GS com volume de sedimentação em SDS da farinha. Ele mostrou que os alelos responsáveis pela produção das subunidades de HWM apresentam efeito diferencial na qualidade do glúten. Como exemplo dessa variação de alelos, observou-se o locus Glu-D1 que pode produzir alternativamente os pares de subunidade 5+10 (associados à boa qualidade de panificação) e as subunidades 2+12 (associada com qualidade de panificação inferior). Tal resultado tem sido confirmado por meio de diversos trabalhos, como o realizado por Branlard e Dardevet (1985), onde foi demonstrado que parâmetros de alveografia, W (força do glúten) e P (tenacidade) e valor de sedimentação de Zeleny foram correlacionados positivamente com as subunidades 7+9 e 5+10, e negativamente com as bandas 2+12, neste mesmo trabalho a subunidade 1 foi correlacionada com W e a subunidades 2* e 17+18 com extensibilidade (G).

Baseado na análise de grande número de cultivares, um sistema de escores foi desenvolvido (PAYNE et al., 1987), onde para cada subunidade foram estipulados escores de 1 a 4, com base na correlação com os valores de sedimentação da farinha, sendo que um genótipo pode apresentar escore mínimo de 4 e máximo de 10 pontos, de acordo com o eletroforegrama obtido (Tabela 2). Desta forma, um genótipo que apresente as bandas 2*, 7+8 e 5+10, somará uma pontuação igual a 10, indicativa de germoplasma com glúten forte. Por outro lado, um genótipo que apresente as bandas, 6+8 e 2+12, somará apenas 4 pontos, o que sugere ser este um germoplasma de glúten fraco (ZANATTA et al., 2002).

TABELA 2: Relação das subunidades de gluteninas de alto peso molecular e respectivos escores para aptidão de panificação.

Escore	Cromossomos/Genoma		
	1A	1B	1D
4	-	-	5+10
3	1	17+18	-
3	2*	14+15	-
3	-	13+16	-
3	-	7+8	-
2	-	7+ 9	2+12
2	-	-	3+12
1	NULO	20	4+12
1	-	6+8	-
1	-	7	-

FONTE: Zanatta et al., 2002.

A distribuição de pesos moleculares (MWD) de proteínas de trigo pode ser caracterizada a partir da relação de dois grupos principais, as proteínas monoméricas e poliméricas. O efeito da MWD das proteínas de trigo em determinadas propriedades como, mistura de massa e características reológicas é bem estabelecida (SOUTHAN e MACRITCHIE, 1999). As frações poliméricas podem ser separadas em dois grupos de acordo com a solubilidade em tampão fosfato de sódio SDS: a fração extraível (PPE) e não extraível (UPP), destas frações, apenas UPP tem boa correlação (geralmente acima de 0,6) com a força da massa (R_{max} do teste extensográfico), “tempo do pico mixografia” (MPT) e volume de pão, indicando que esta fração tem maior contribuição na variação da qualidade de massa de pão (MACRITCHIE e LAFIANDRA, 1997; WEEGELS, 1996).

A quantidade e a MWD de proteínas de reserva de trigo e a variação quantitativa e qualitativa de polímeros de glutenina tem sido correlacionados com diferentes parâmetros de qualidade avaliados por testes tecnológicos e de panificação (MACRITCHIE, 1992; PAYNE et al., 1987; WRIGLEY e BIETZ, 1980). As propriedades viscoelásticas da massa parecem ser determinadas por diferentes tipos de glutenina. A diferença na estrutura quaternária, resultado da formação dos polímeros (ligações dissulfídicas), formação de

agregados (ligações de hidrogênio) e da diferença de tamanho, influencia a quantidade de UPP e parâmetros de massa dentre outros (AUSSENAC et al., 2001).

2.6 Tendências em técnicas de análise na ciência de trigo

Visando o estabelecimento da relação entre subunidades protéicas e a qualidade de panificação, testes reológicos da farinha de trigo também foram adaptados. A extensibilidade e a resistência máxima da massa de farinha de trigo, parâmetros conhecidos de qualidade determinados por extensógrafo Brabender em grande quantidade de amostra, podem ser adequadamente estimadas pelo teste de extensibilidade em um aparato de Kiefer-Rig acoplado ao texturômetro TA-XT2 (SUCHY *et al.*, 2000).

O teste SE-HPLC é considerado altamente eficiente na investigação da composição protéica do trigo, e, aliado a eletroforese, pode ser usado nos diversos setores de pesquisa e processamento de trigo no Brasil. Apesar do alto custo de implantação, a versatilidade deste teste permite que, mediante maximização de seu uso, o custo operacional seja razoável. Além disso, a alta precisão de resposta com utilização de amostras muito pequenas também justifica o investimento, que vai ser interpretado em economia de tempo e dinheiro nos programas de melhoramento, por propiciar que materiais genéticos com tendência a produzir farinhas de baixa qualidade tecnológica não sejam utilizados como matrizes no desenvolvimento de novas variedades. A maior aceitação deste teste depende, entretanto de que sejam firmados os padrões de composição protéica dos trigos brasileiros, visando relacionar subunidades de glutenina dos trigos nacionais com os parâmetros obtidos pelo SE-HPLC.

Segundo MacRitchie e Lafiandra (1997), muitas informações sobre aspectos bioquímicos e genéticos de proteínas de reserva têm sido extensivamente estudados por meio, da eletroforese e de técnicas cromatográficas.

Os sistemas analíticos mais utilizados são a cromatografia líquida de alta resolução (HPLC) de exclusão de tamanho, assim como os sistemas electroforéticos com duodecil sulfato sódico (SDS) em géis de poliacrilamida (SDS-PAGE). BIETZ (1984) analisou extratos não reduzidos em SDS de trigos de diferente qualidade de panificação mediante SE-HPLC e encontrou uma relação inversa entre a quantidade de glutenina nativa

facilmente extraída de HMW-GS e a qualidade da farinha. Posteriormente, Singh *et al.* (1990), desenvolveu um procedimento para extrair completamente as proteínas não reduzidas da farinha mediante esforço mecânico. Após a extração completa das proteínas, a quantidade relativa de gluteninas se correlacionou positivamente e significativamente com a qualidade de panificação de diversos genótipos de trigo. Vários estudos (SINGH *et al.*, 1990; GUPTA *et al.*, 1992; LOOKHART *et al.*, 1993; WEEGELS *et al.*, 1996; VASIL *et al.*, 2001; RUBIO *et al.*, 2005; PIROZI *et al.*, 2007) tem reportado relações entre, o conteúdo de macropolímeros de gluteninas e parâmetros de qualidade.

A cromatografia líquida de exclusão molecular (SE-HPLC) é uma técnica valiosa na caracterização da composição de proteínas que em combinação com ultrassom tem sido extensivamente utilizada em estudos de proteínas do endosperma de cereais, particularmente no trigo (MacRITCHIE, 1999). Neste método, as proteínas são divididas em três grupos: gluteninas (proteína polimérica), gliadinas e albuminas + globulinas (monoméricas) (Batey *et al.* 1999). A técnica é utilizada também para analisar a distribuição molecular das proteínas poliméricas (Gupta *et al.* 1993). Parâmetros como a percentagem de proteínas poliméricas (PPP), percentagem de gliadinas (PG), proporção glutenina gliadina (GLU/GLI), proteínas poliméricas na farinha (FPP), e percentagem de proteínas poliméricas não extraíveis (%UPP), esses parâmetros são utilizados para medir a qualidade de panificação (HUEBNER AND WALL 1976, DACHKEVITCH E AUTRAN 1989, MACRITCHIE E LAFIANDRA 1997). A partição ocorre devido ao acesso diferenciado das moléculas de tamanhos variados nos volumes dos poros das partículas que compõem o gel de filtração. Os compostos de baixas massas moleculares, como os sais, penetrarão no poro e terão um volume de retenção igual ao volume interno do poro ocupado pelo solvente por serem pequenos quando comparados com o tamanho do poro do gel de filtração. Se os compostos apresentarem tamanho intermediário, somente penetrarão uma parte do volume do poro. Quando forem muito grandes, seu volume de retenção será igual ao volume intersticial da coluna, como é o caso de proteínas (PHARMACIA BIOTECH, 1998). Uma desvantagem desta técnica é a necessidade de quebrar a glutenina em suas subunidades, o que impossibilita estudos das propriedades da proteína em seu estado nativo (WEEGELS, *et al.*, 1995).

A eletroforese é um dos métodos mais importantes na análise de proteínas. Duas formas têm sido bastante utilizadas na caracterização de proteínas de reserva de trigo: SDS-PAGE e ácido lactato em poliacrilamida (A-PAGE). SDS-PAGE é rotineiramente utilizada para separação e caracterização das HMW-GS, enquanto A-PAGE é utilizado, principalmente, na identificação de diferentes cultivares.

Os géis de poliacrilamida, sistema PAGE, apresentam uma matriz porosa que pode ser usada para separar as proteínas com base na densidade de cargas ou /e no tamanho. O tamanho dos poros são inversamente proporcionais à concentração de acrilamida e bis-acrilamida, bem como das condições de polimerização (WANG et al., 2006). Para proteína de trigo o percentual de acrilamida/bis-acrilamida varia de acordo com a fração a ser caracterizada, 6% a 17% (LOOKHART et al., 1991; LOOKHART e WRIGLEY 1995;).

Outras técnicas de fracionamento de macromoléculas por tamanho têm sido consideradas alternativas a SE-HPLC na caracterização e fracionamento de polímeros de diversas origens, dentre elas podemos citar o “Flow-Field-Flow Fractionation” (FFF) (GIDDINGS, 1993; SOUTHAN e MACRITCHIE, 1999). Esta técnica permite o fracionamento e a separação é atingida pela eluição dos componentes através de um canal fino em forma de fita, sujeito a um campo (centrífugo, elétrico ou térmico) perpendicular ao fluxo do canal. Componentes que apresentam maior resposta à força exercida pelo campo são deslocadas para locais mais distantes do centro, em direção à parede do canal. A linha de fracionamento, a resolução e o tempo de corrida podem ser ajustados variando o fluxo do canal e a força do campo exercido (STEVENSON e PRESTON, 1995; PRESTON e STEVENSON, 2003).

Visando o estabelecimento da relação entre subunidades protéicas e a qualidade de panificação, testes reológicos da farinha de trigo foram adaptados. O teste de micro-sedimentação em SDS (MS-SDS) tem sido outro teste usado em linhagens de trigo, desenvolvido para estimar simples e rapidamente a qualidade de panificação de uma farinha, utilizando vidrarias e equipamentos comuns em laboratório de análises de cereais. Considerado bom indicador de qualidade da proteína e do potencial tecnológico do trigo, o teste classifica as proteínas pelo volume do sedimento (índice de Sedimentação) e considera tanto melhor o glúten quanto maior este volume. (GERMANI et al, 1994; PIROZI, 1995). A extensibilidade e a resistência máxima da massa de farinha de trigo, parâmetros

conhecidos de qualidade e determinados por extensógrafo Brabender, podem ser adequadamente estimados em um aparato de Kiefer-Rig acoplado ao texturômetro TA-XT2 (SUCHY et al, 2000).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Foram escolhidas vinte e sete linhagens e dois cultivares de trigo do Programa de Melhoramento de Trigo da UFV. As linhagens estão em fase final de avaliação recomendação para cultivo irrigado em regiões do Brasil Central As Tabelas 3 e 4 apresentam a identificação das amostras, dados de produtividade, peso hectolítrico e os cruzamentos que lhes deram origem.

TABELA 3: Identificação de linhagens do CIMMYT (Centro Internacional de Melhoramento de Milho e Trigo) introduzidas pela UFV e seus respectivos cruzamentos.

Linhagem	Peso hectolítrico (kg/hL)	Cruzamento
IVI 01043**	79,15	TRAP#1/YACO/3/KAUZ*2/TRAP//KAUZ
IVI 01078**	81,1	MNCH/3*BCN
IVI 01094*	79.5	BAW898
IVI 01127*	82.3	PFAV/WEAVER
IVI 01129	-----	PUNJAB 96
IVI 01172*	83.1	SITTA/CHIL//IRENA
IVI 01265*	80.3	FANG6O/SERI
IVI 01270**	80,95	KAUZ/6/ATL66/H567.71//ATL66/5PMN5//S948.A1/4CND67/3/PMN5/ 4/CMH5A.66
IVI 01296**	77,25	HANN/2*WEAVER
IVI 01307**	78,58	TSH/DOVE//HD2329
IVI 01313*	78.2	STAR//TR771773/SLM
IVI 01321*	81.0	STAR//KAUZ/STAR
IVI 01324*	80.5	KAUZ//KAUZ/STAR
IVI 01453**	79,98	V763.2312/V879.C8.11.11.11(36)/3/HE1/3*CND79//2*SERI/4/HE1/ 3*CND79//2*SERI
IVI 01614*	82.9	BAV92/STAR
IVI 02036*	80.7	CBRD//VEE#10/2*PVN

Fonte: Programa de Melhoramento de Trigo da UFV - 2008

Aproximadamente 1,0 Kg de cada amostra foi coletado e dividido em duas frações que constituíram as repetições. Para cada repetição, as amostras foram limpas, em equipamento limpador de trigo Sintel e condicionadas até 15% de umidade (b.u.), seguindo metodologia descrita por Pirozi (1995). As amostras foram, então, moídas em Moinho Quadrumat Jr. BRABENDER (Brabender OHG, Duisburg, Alemanha), e em seguida peneiradas por 10 minutos em agitador de peneiras mecânico (Ro-Tap modelo RX-30, Alemanha), utilizando peneira com abertura de 2 μ m (para separação da fração de farelo), e armazenadas sob congelamento (-18°C) até a realização dos demais testes. Os experimentos foram realizados nos laboratórios de Panificação e de Farinha e Amido da Universidade Federal de Viçosa e no laboratório de Tecnologia de Cereais da EMBRAPA-CTAA.

TABELA 4: Identificação de linhagens obtidas pela UFV e cultivares testemunhas com seus respectivos cruzamentos.

Linhagem	Peso hectolítrico (kg/hL)	Cruzamento
EMBRAPA 22*	81.4	LAP 689/MS7936
PIONEIRO*	82.4	VEERY5/NACUZARI
VI 00191**	79,32	BR12/EMB22//EP8725/EMB22
VI 00219**	77,1	BR12/BH//EMB22
VI 01148*	82.7	EMB22/BR 12
VI 01149**	79,38	EMB22/BR12
VI 03025***	79.02	BRS207/EP9287
VI 03033***	79.17	BRS207/EP9287
VI 03061*	82.6	ANA/EP9320
VI 03170***	80.80	BRS207/EP93541
VI 03221***	79.90	EMB22/EP93541
VI 03224***	79.45	EMB22/EP93541
VI 03236***	77.85	EMB22/EP93541

Fonte: Programa de Melhoramento de Trigo da UFV - 2008

3.1 Testes Iniciais

Foi determinados o teor de umidade, cinzas e proteína nos grão e na farinha obtida segundo os métodos oficiais, AACC 44-15A, AACC 08-01, AOAC 140276, respectivamente(AACC, 1990; AOAC, 1984). O rendimento de moagem foi determinado em função da massa total de grãos após o condicionamento, Equação 1.

$$\% \text{ Rend} = \frac{\text{Farinha extraída}}{\text{Massa de grãos}} * 100 \quad (1)$$

3.2 Eletroforese SDS-PAGE

Para identificação das HMW-GS, foi utilizada a eletroforese unidimensional SDS-PAGE. Foi adotado o procedimento de Laemmli (1970) para a extração das proteínas da farinha de trigo e fracionamento em gel de poliacrilamida com algumas modificações. No preparo de cada amostras 50 mg de farinha foram pesadas em tubos eppendorf e 1mL de solução tampão da amostra (240mM de Tris-HCl, pH 6,8; 0,8% SDS; 200mM de β -mercaptoetanol; 40% glicerol e 0,02% azul de bromofenol) foi adicionado no tubo. Em seguida, as amostras foram agitadas em um vórtex para completa dispersão da farinha, aquecidas em banho-maria a $93 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$, por 5 minutos e centrifugadas a $7200 \times g$ por 8 minutos. Após o preparo das amostras, uma alíquota de $6 \text{ } \mu\text{L}$ foi fracionada em gel de poliacrilamida na concentração de 3,8% e 12% para os géis de empilhamento e reserva, respectivamente. A corrida ocorreu em um sistema SIGMA, corrente constante de ≈ 100 volts por um período de aproximadamente cinco horas. Após estes procedimentos os géis foram corados (0,3% de azul de Coomassie R-250; 50% de metanol; 10% de ácido acético e 1 Litro de água destilada) e revelados (10% de etanol; 7% de ácido acético e 1 Litro de água destilada).

3.3 Cromatografia líquida de alta eficiência por exclusão molecular (HPLC-SE)

Foi utilizada técnica de análise conforme descrita por Pirozi (2003) e Rubio et al. (2005):

3.3.1 Extração de proteína

3.3.1.1 Proteína polimérica total (PPT)

Foram adicionados 10 mg de amostra em tubo eppendorf e 1 mL de tampão-SDS (0,5 % SDS em 0,05 M fosfato, pH 6,9) que foi agitado em vórtex por 5 min. Posteriormente, a suspensão foi tratada em sonicador de haste (Ultrasonic Homogenizer 4710, Parmer Instrumentos, Chicago, Illinois), em potência de 8 W por 15 segundos. As amostras foram então centrifugadas a 17800 x g por 15 minutos. O sobrenadante foi filtrado em um filtro de nylon de 0,45 µm para vials de 2 mL, que então foram aquecidos a 80 °C ± 1 °C por dois minutos e resfriados em banho de gelo. As amostras foram analisadas SE-HPLC, em um sistema SHIMADZU SCL-10AVP com injeção automática, empregando uma coluna ZORBAX BIO GF-450 (6 µm, 300 Å, 9,4 x 25 0mm). O solvente de arraste utilizado foi acetonitrila (ACN) e água na proporção de 1:1 contendo 0,05% de ácido trifluoroacético (TFA). A quantidade de amostra injetada, o comprimento de onda e o tempo de eluição foram de 20 µL, 214 nm e 18 minutos, respectivamente.

3.3.1.2 Proteína polimérica extraível (PPE)

A proteína extraível foi obtida da coleta do sobrenadante obtida da suspensão de farinha em Tampão-SDS (10 mg em 1mL), agitada por 5 min e centrifugada a 17800 x g por 15 min. O sobrenadante foi filtrado, utilizando um filtro de nylon de 0,45 µm para vials de 2 mL, e o resíduo foi reservado para obtenção de proteína polimérica não extraível. Os vials foram aquecidos a 80 °C por 2 minutos, resfriados em banho de gelo e analisados em SE-HPLC, da mesma maneira que descrito no item 3.3.1.1.

3.3.1.3 Proteína polimérica não extraível (PPNE)

O resíduo da extração das proteínas poliméricas extraíveis foi adicionado de 1mL de Tampão-SDS (0,5 % SDS em 0,05 m fosfato, pH 6,9), e agitado em vórtex até a sua

completa dispersão. A suspensão foi tratada em sonicador de haste na potência de 8 W por 30 segundos, centrifugadas a 17800 x g por 15 minutos, o sobrenadante foi tratada do mesmo modo que a fração polimérica extraível, sendo analisado por SE-HPLC nas mesmas condições descritas no item 3.3.1.1.

3.3.1.4 Avaliação dos cromatogramas

Os cromatogramas foram divididos em picos principais denominados picos 1 e 2, que correspondem às frações de proteínas polimérica (gluteninas), e monoméricas (gliadinas e albuminas/globulinas), respectivamente. A porcentagem de proteína polimérica total (PPP) e porcentagem de proteína polimérica não extraível (UPP) foram definidas por meio das Equações 2 e 3.

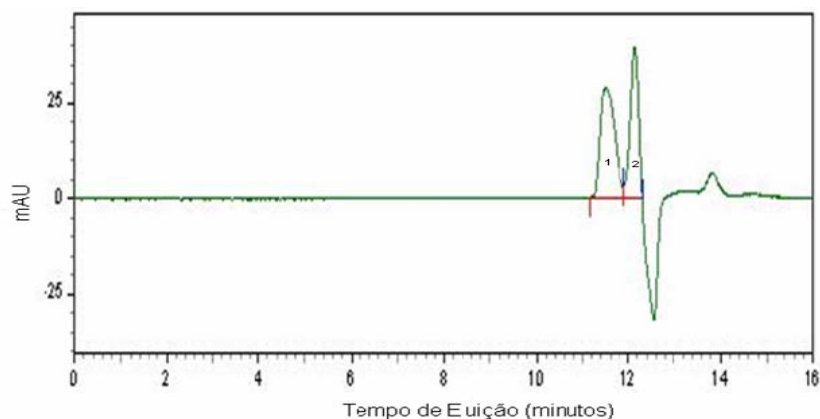
$$PPP = \left(\frac{\text{Área Pico1}_{PPT}}{\text{Área pico1}_{PPT} + \text{Área pico2}_{PPT}} \right) * 100 \quad (2)$$

$$UPP = \left(\frac{\text{Área pico1}_{PPNE}}{\text{Área pico1}_{PPNE} + \text{Área pico1}_{PPE}} \right) * 100 \quad (3)$$

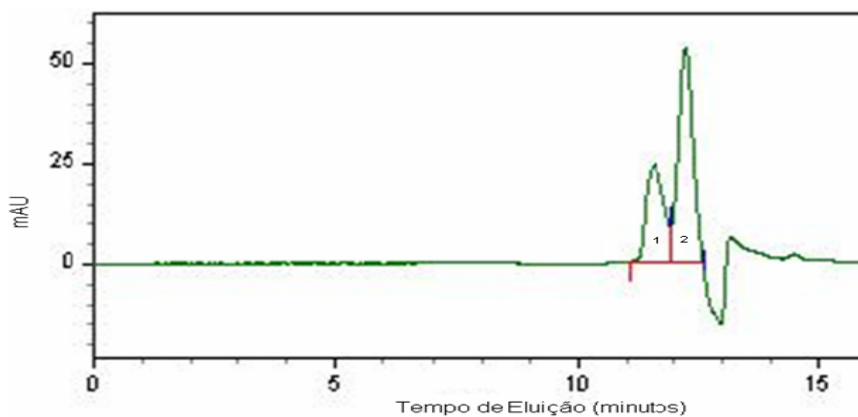
O percentual de proteína polimérica total da farinha (PPF) e o percentual de proteína polimérica não extraível (UPPF) foram calculados pelas Equações 4 e 5, respectivamente.

$$PPF = \frac{PF * PPP}{100} \quad (4) \quad \text{e} \quad UPPF = \frac{PPF * UPP}{100} \quad (5)$$

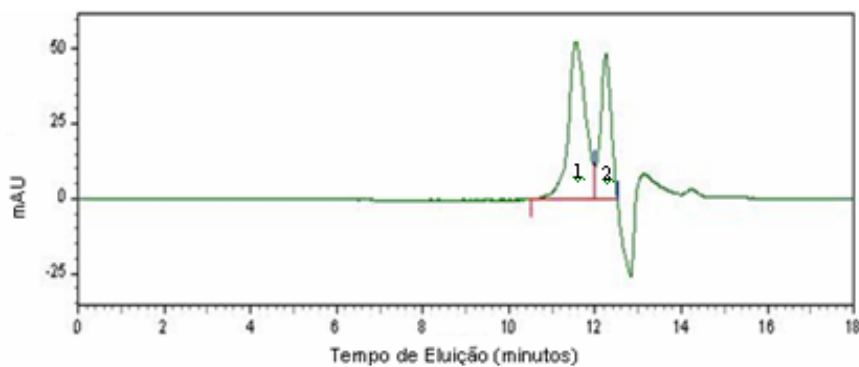
Onde PF é o percentual de proteína na farinha.



Figuras 1: Separação das proteínas presentes nos extratos de proteína não extraíveis de farinha de trigo em SE-HPLC. 1 (polimérica) e 2 (monomérica).



Figuras 2: Separação das proteínas presentes nos extratos de proteína extraível de farinha de trigo em SE-HPLC. 1 (polimérica) e 2 (monomérica).



Figuras 3: Separação das proteínas presentes nos extratos de proteína total de farinha de trigo em SE-HPLC. 1 (polimérica) e 2 (monomérica).

3.4 Teste de panificação

Os pães foram elaborados segundo método 10-10B da AACC (1995) com modificações. Para cada amostra, 35 g de farinha (14% b.u.) foram utilizados no preparo dos pães, com a seguinte formulação:

Ingrediente	Formulação (Baker's %)
Glúten	3,0
Sacarose	6,0
Fermento Biológico	5,5
Sal	1,5
Gordura vegetal hidrogenada	1,0

A quantidade de água adicionada, baseada em 60% de absorção, foi calculada de acordo com o teor de proteína e umidade da farinha, Anexo1.

A massa foi misturada em uma batedeira Walita RI715, modificada para misturar pequena quantidade de amostra com batedor tipo gancho (Figura 4) em duas etapas: na primeira foram misturados os ingredientes secos durante um minuto, e em seguida a água foi adicionada e a mistura prosseguiu por mais cinco minutos. Após o desenvolvimento da massa, esta foi boleada, ficando em repouso por 20 minutos e dividida em cinco alíquotas de 10 gramas. Cada alíquota passou por cilindragem, modelagem, fermentação final por 80 minutos e assamento a 230°C por 12 minutos. Para o assamento foram confeccionadas formas de 52,8 X 15,6 X 23,8 mm de dimensão, em folha de alumínio, conforme mostra a (Figura 5). Vinte minutos após o término do forneamento o volume do pão foi medido utilizando o método de deslocamento de sementes (modificado de AACC 10-05, 2000). O mesmo procedimento foi seguido para uma amostra de farinha de trigo das primeiras quebras sem adição de ferro e ácido fólico (doado pelo Moinho Vera Cruz-Mg), que foi utilizado como controle.



Figura 4: Batedeira adaptada para produção de pão com 35 g de farinha



Figura 5: Formas confeccionadas para preparo de pão com 10 g de massa.

As características de panificação foram avaliadas por meio da aplicação de uma escala subjetiva (Anexo 2), onde a cada característica foi atribuída uma nota de 1 a 10 pontos. Foram consideradas quatro características subjetivas. Duas externas: cor de crosta e quebra e simetria; Duas internas: cor de miolo e estrutura das células. A avaliação dos pães foi realizada pela comparação entre as amostras das variedades testadas e o pão controle. A amostra controle recebeu nota máxima (10) para todas as características avaliadas e quaisquer das amostras que apresentaram características semelhantes ou melhores que o controle receberam nota máxima.

3.5 Delineamento experimental

Todo o experimento foi conduzido seguindo delineamento inteiramente casualizado (DIC) com duas repetições, exceto o teste de panificação, onde os provadores e dias de produção foram considerados blocos. A análise estatística foi realizada no software SAS versão nove, onde as características avaliadas foram submetidas a análise de variância (ANOVA) e para os parâmetros que foram encontrados diferença significativa ($p < 0,05$) o teste de comparação de médias de Duncan foi aplicado, com nível de significância de 5%.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Testes iniciais

Os resultados encontrados para as linhagens introduzidas do CIMMYT, pelo programa de melhoramento da UFV (grupo IVI) são apresentados na Tabela 5. Foi observado que os grãos das linhagens IVI 02036, IVI 01453 e IVI 01321 foram as que apresentaram maior teor de proteína total.

TABELA 5: Composição e Rendimento de extração de farinha e grãos de trigo obtido de linhagens introduzidas do CIMMYT.

Linhagem	Rendimento(%)	Cinzas ^G	Cinzas ^F	Proteína ^G	Proteína ^F
IVI 02036	47,83 ^{EF}	1,76 ^A	0,66 ^{ABC}	12,17 ^A	11,53 ^A
IVI 01453	52,50 ^C	1,55 ^{CDE}	0,67 ^{ABC}	11,20 ^B	10,00 ^B
IVI 01321	55,63 ^B	1,71 ^{AB}	0,65 ^{ABCD}	10,93 ^{BC}	9,70 ^{BC}
IVI 01043	49,33 ^{DE}	1,59 ^{BCD}	0,56 ^G	10,90 ^{CD}	9,53 ^{BCD}
IVI 01127	51,90 ^C	1,63 ^{ABC}	0,67 ^{AB}	10,90 ^{CD}	9,47 ^{BCD}
IVI 01324	51,53 ^{CD}	1,50 ^{CDEF}	0,58 ^{FG}	10,63 ^{DE}	9,43 ^{BCD}
IVI 01265	49,50 ^{DE}	1,47 ^{DEF}	0,69 ^A	10,40 ^{GH}	9,00 ^{BCDE}
IVI 01094	52,13 ^C	1,70 ^{AB}	0,45 ^H	10,30 ^{FG}	8,87 ^{BCDE}
IVI 01313	48,90 ^{EF}	1,63 ^{ABC}	0,60 ^{DEFG}	10,20 ^{FG}	8,77 ^{CDE}
IVI 01270	58,10 ^A	1,48 ^{DEF}	0,56 ^G	10,17 ^{FG}	8,47 ^{DEF}
IVI 01078	48,17 ^{EF}	1,70 ^{AB}	0,63 ^{BCDE}	10,01 ^G	8,43 ^{DEF}
IVI 01614	48,13 ^{EF}	1,73 ^{AB}	0,69 ^A	10,00 ^G	8,20 ^{EF}
IVI 01120	46,53 ^F	1,41 ^{EFG}	0,63 ^{BCDE}	10,00 ^G	8,10 ^{EF}
IVI 01296	48,90 ^{EF}	1,31 ^G	0,65 ^{BCD}	9,70 ^H	7,50 ^F
IVI 01172	53,77 ^{BC}	1,39 ^{FG}	0,62 ^{CDE}	9,30 ^I	6,40 ^G

Os valores de cinzas e proteínas são expressos em %, baseadas em 14 % b.u.;

G = Grãos e F= Farinha;

Médias na mesma coluna com letras iguais não diferem significativamente ($p \geq 0,05$), pelo teste de Duncan.

Os dados apresentados na Tabela 6 referem-se às linhagens obtidas por cruzamento realizado pela UFV (grupo VI). Nestes, pode-se observar que maior teor de

proteína foi encontrado para as linhagens VI 00219, VI 01148, VI 03170 e VI 00191 e cultivar EMBRAPA 22.

TABELA 6: Composição e rendimento de extração de farinha de grãos de trigo obtido de linhagens da UFV.

Linhagem	Rendimento	CinzasG	CinzasF	ProteínaG	ProteínaF
VI 00219	44,10 ^E	1,83 ^{BC}	0,78 ^{BC}	11,40 ^A	10,60 ^A
VI 01148	49,30 ^{BCD}	2,06 ^A	0,62 ^{EFG}	11,23 ^A	9,70 ^{ABC}
VI 03170	47,77 ^{CD}	1,66 ^D	0,56 ^{FG}	10,80 ^B	9,40 ^{BCD}
VI 00191	47,97 ^{CD}	1,92 ^B	0,41 ^H	10,50 ^{BC}	9,23 ^{BCD}
VI 98053	43,13 ^E	1,83 ^{BC}	0,69 ^{DE}	10,37 ^{CDE}	9,20 ^{BCD}
VI 03221	45,83 ^{BC}	1,66 ^D	0,73 ^{CD}	10,23 ^{CD}	9,07 ^{CD}
VI 01149	51,00 ^B	1,44 ^F	0,65 ^{DE}	10,10 ^{CDE}	9,07 ^{CD}
VI 03025	49,10 ^{BCD}	1,50 ^E	0,55 ^G	10,00 ^{DE}	8,50 ^{DE}
VI 03061	50,77 ^{BC}	1,29 ^G	0,61 ^{EFG}	9,90 ^{DE}	8,50 ^{DE}
VI 03224	50,37 ^{BC}	1,53 ^E	0,55 ^G	9,80 ^{DE}	8,50 ^{DE}
VI 03033	48,87 ^{BCD}	1,79 ^C	0,56 ^{FG}	9,73 ^E	8,30 ^{DE}
VI 03236	50,90 ^{BC}	1,35 ^{GF}	0,63 ^{EF}	9,10 ^F	7,47 ^E
PIONEIRO	55,43 ^A	1,44 ^F	0,82 ^A	10,10 ^{CDE}	8,63 ^{CD}
EMBRAPA 22	53,70 ^A	1,66 ^D	0,59 ^{FG}	11,37 ^A	10,30 ^{AB}

Os valores de cinzas e proteínas são expressos em %, baseadas em 14 % b.u.;

G = Grão e F= Farinha;

Médias na mesma coluna com letras iguais não diferem significativamente ($p \geq 0,05$), pelo teste de Duncan.

Os grupos de linhagens estudadas, IVI e VI, apresentaram teor proteína do grão variando entre 9,3% a 12,17% e 9,1% a 11,4%, respectivamente. Esses valores são considerados baixos quando comparados às cultivares australianas (UTHAYAKUMARANN et al., 1999), de 9,2% a 15,8%, espanholas (MICHELENA et al., 1995), de 13,2% a 15,2%, canadenses (SAPIRTEIN e FU, 1998), de 9,5% a 13,7%, argentinas (CUNIBERTI et al., 2003; TOSI et al., 2000), de 10,7% a 17%, e até mesmo a outras cultivares desenvolvidas para a região do Cerrado brasileiro (GUTKOSKI, et al., 2007), de 15,11% a 15,95%.

O teor de proteína nos grãos de trigo é um importante parâmetro de qualidade na escolha de linhagens em programas de melhoramento, tendo em vista o potencial de panificação. Grãos de trigo com maior percentual de proteína produzem farinhas mais ricas em proteína. De fato, isto foi observado nos resultados do presente trabalho em que o teor de proteína da farinha variou de 7,47% (linhagem VI 03236) a 11,53% (IVI02036).

Diversos estudos têm correlacionado o teor de proteína com parâmetros de qualidade tecnológica, principalmente das proteínas formadoras de glúten, como tenacidade (P), tempo de desenvolvimento de massa no mixografo e no farinógrafo, absorção de água, W (energia), L (extensibilidade) e volume do pão. Gupta et al, (1992) encontraram uma relação diretamente proporcional entre os teores de proteína do glúten (gliadinas e gluteninas) na farinha com o teor de proteínas no grão, esses autores também observaram um aumento no volume de pão com o aumento da concentração de proteína. Cuniberti, Roth e MacRitchie (2003) encontraram correlações positivas entre o teor de proteína nos grãos e R_{max} , volume de pão, W e P/L.

O teor de cinzas no grupo de linhagens “IVI” variou de 1,76% a 1,31% nos grãos e 0,45% a 0,69% na farinha. As linhagens que obtiveram menor teor de cinzas na farinha foram IVI 01313, IVI 01324, IVI 01270, IVI 01043 e IVI 01094. Já nas linhagens do grupo VI, pode-se observar uma variação no teor de cinzas de 1,29% a 2,06% nos grãos e de 0,41 a 0,82% na farinha, sendo que as linhagens VI 00191, VI 03224 e VI 03025 apresentaram o menor teor ($p < 0,05$).

O teor de cinzas é considerado um indicativo do grau de extração de farinha de trigo, de modo que quanto maior o grau de extração, maior o teor de cinzas. Nos resultados encontrados não foi observada relação entre o teor de cinzas na farinha com o rendimento de extração. É possível que a utilização do mesmo teor de umidade no condicionamento das diferentes linhagens tenha influenciado os resultados observados. O condicionamento melhora o rendimento de extração de farinha com baixo teor de cinzas, e seu procedimento varia com a dureza dos grãos, sendo que, de modo geral, grãos duros devem ser condicionados à umidade mais elevada que grãos moles.

Nas tabelas 5 e 6 ainda é possível observar que as linhagens IVI 01321, IVI 01172 e IVI 01270 apresentaram maior rendimento de extração, e IVI 01614, IVI 02036, IVI 01296, IVI 01120, IVI 01078 e IVI 01313, o menor ($p < 0,05$). Quanto ao grupo “VI” as variedades Pioneiro e EMBRAPA 22 apresentaram maior rendimento de extração enquanto VI00219 e VI98053 as menores. A extração de farinha variou de 58,1% a 46,53% no grupo IVI, e de 55,43% a 43,13%, no grupo “VI”. Tais valores estão abaixo dos que foram encontrados experimentalmente por outros autores, mas são resultados típicos de se observar no moinho utilizado. Felício et al. (1996), avaliando qualidade tecnológica de

linhagens desenvolvidas para o estado de São Paulo observou variações entre 59,8% a 72,5% para as variedades IAC-287 e TUIS, respectivamente. Estudos realizados por Abdel-Aal et al. (1997) com variedades canadenses e trabalhos realizados por Qaroone et al. (1994) com variedades americanas encontraram variações de 64,4% a 71,4% e de 55,8% a 63,9%, respectivamente. Gutkoski et al.(2007) avaliando variedades desenvolvidas para o cerrado, observou que o rendimento de extração da farinha variou entre 65,02%, na cultivar Taurum, e 69,11%, na cultivar Embrapa 22. O tipo de moinho e a base de cálculo de rendimento usados nestes trabalhos são provavelmente responsáveis por esta diferença.

O rendimento de extração da farinha está relacionado à dureza dos grãos, que por sua vez, é definida pela quantidade de um grupo de proteínas, chamadas friabilinas, presentes no endosperma do trigo. Os grãos podem ser classificados como duro ou mole, sendo que nos trigos duro, as friabilinas, estão presentes em pequenas quantidades, ou não são encontradas (GIROUX e MORRIS, 1998). Segundo Greenaway (1969) e Guarienti (1996) os genótipos de grão duro mostram maior índice de extração de farinha comparado aos de grão mole, e na prática observa-se que grãos de trigo mole geralmente provocam embuchamento nos rolos de moagem, diminuindo o rendimento.

Cultivares de trigo com alto rendimento de extração, e que produzam farinhas com baixo teor de cinza e elevado teor protéico são consideradas melhores, do ponto de vista tecnológico, para a indústria de pães e massas, de modo que, pelos resultados apresentados, as linhagens IVI 010453, IVI 01270, IVI 01127, IVI 01094, IVI 01324, IVI 01321 e IVI 02036 (grupo “IVI”) e EMBRAPA 22, Pioneiro, VI 01149, VI 03061, VI 03224, VI 01148 e VI 03025 (grupo “VI”), são as mais adequadas.

4.2 Perfil eletroforético de subunidades de alta massa molecular (HMW-GS)

A Figura 6 mostra a distribuição das proteínas do endosperma de trigo encontradas para algumas das linhagens avaliadas, e nas Tabelas 7 e 8 são apresentadas a composição de subunidades de gluteninas de alto massa molecular (HMW-GS), seus respectivos coeficientes de Glu-1, calculados de acordo com os trabalhos de Payne et al. (1984, 1987), e a classificação proposta por SILVA et al. (2004).

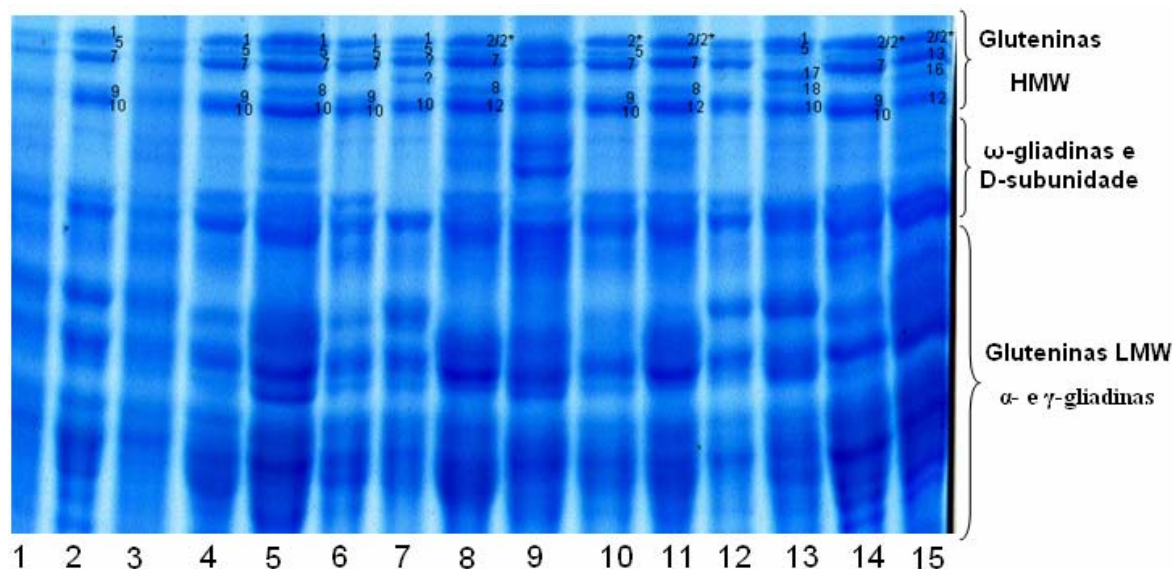


Figura 6: Perfil eletroforético de proteínas do endosperma de trigo por SDS-PAGE. 1- Wings; 2-VI00219; 3-Nugaines Brabender; 4-VI01370; 5-Karl 92; 6-IVI01270; 7-VI03236; 8-TAM 107; 9-Nugaines; 10-IVI01078; 11-TAM 107; 12-IVI01296; 13-Cajeme 71; 14-IVI02036; 15-Atlas 66.

Nos géis de SDS-PAGE, as proteínas de reserva são separadas em frações de diferentes massas moleculares, na parte superior as HMW-GS, em seguida as ω -gliadinas e por fim uma mistura de subunidades de gluteninas de baixo massa molecular (LMW-GS) e de α - e γ -gliadinas. Na figura 6 é possível identificar algumas HMW-GS, com boa resolução, exceto para as bandas 2- 2* e 9- 10 que na maioria dos géis avaliados apareceram juntas. Isso geralmente ocorre por causa das similaridades de peso molecular, e conseqüentemente, de mobilidade entre essas subunidades.

Pela tabela 7 pode-se observar que as linhagens IVI deste estudo apresentam subunidades de glutenina consideradas favoráveis à qualidade de panificação. As linhagens IVI 01614, IVI 01270, IVI 01324, IVI 01172, IVI 01078, IVI 01120, IVI 01321 e IVI 01453, apresentaram os melhores escores, 9 e 10, sendo então classificadas como farinhas de qualidade superior. As demais linhagens apresentaram escore de 7 a 8, sendo então classificadas como de qualidade intermediária.

TABELA 7: Identificação das subunidades de alta massa molecular por SDS-PAGE de farinha de trigo de linhagens introduzidas do CIMMYT.

Linhagem	GLU-A1	GLU-B1	GLU-D1	Escore	Classe
IVI 01614	1	7+8	5+10	10	S
IVI 01265	2*	7+9	2+12	7	I
IVI 01127	2*	17+18	2+12	8	I
IVI 01453	1	7+9	5+10	9	S
IVI 02036	2*	7+9	2+12	7	I
IVI 01321	1	7+8	5+10	10	S
IVI 01296	2*	7+9	2+12	7	I
IVI 01078	2*	7+9	5+10	9	S
IVI 01120	2*	17+18	5+10	10	S
IVI 01172	1	7+9	5+10	9	S
IVI 01313	2*	7+9	2+12	7	I
IVI 01324	2*	7+9	5+10	9	S
IVI 01270	1	7+9	5+10	9	S
IVI 01043	2*	7+9	2+12	7	I
IVI 01094	2*	17+18	2+12	8	I

Escore = Escore de Glu-1 (Payne et al. , 1987); S = Superior e I = Intermediário

Pelos dados da Tabela 3, pode-se verificar que as linhagens IVI 01324 e IVI 01321 apresentam os mesmos progenitores, mas este fator não resultou em combinações alélicas idênticas, sendo elas 2* 7+9 5+10 e 2* 7+9 e 2+12, respectivamente. Segundo Hinrichsen et al. (2002) a segregação de cada locus ocorre de forma aleatória após o cruzamento, e a seleção de linhagens durante os primeiros ciclos reprodutivos está dirigida a muitas características agrônômicas, fisiológicas e de resistência a patologias, não sendo necessariamente relacionada ao alelo específico das HMW-GS ou com as demais características de qualidade do trigo.

Considerando o escore, as linhagens do grupo “VI” (Tabela 8) apresentaram melhor desempenho na composição de HMW-GS do que as linhagens do grupo “IVI”. Pode-se observar que as linhagens VI 00191, VI 00219, VI 03061, VI 01149, VI 03170, e

as variedades EMBRAPA 22 e Pioneiro apresentam escore igual ou superior a nove, sendo classificadas como trigo de qualidade superior, enquanto as linhagens VI 03224, VI 03236, VI 03221, VI 03033, VI 03025 e VI 98053 têm escore entre 7 e 8 sendo classificadas como de qualidade intermediária.

Várias linhagens VI são resultantes de progenitores em comum, como: VI 01148 e VI 01149; VI 03025, VI 03033 e VI 03221; e VI 03224 e VI 03236 (Tabela 4). Do mesmo modo que para as linhagens IVI, progenitores comuns não determinaram similaridade da composição HMW-GS.

TABELA 8: Identificação das subunidades de alta massa molecular por SDS-PAGE de farinha de trigo de linhagens obtidas pela UFV.

Linhagem	GLU-A1	GLU-B1	GLU-D1	Escore	Classe
VI 00191	1	7+8	5+10	10	S
VI 01148	1	17+18	5+10	8	S
VI 00219	1	7+9	5+10	9	S
VI 03061	1	7+8	5+10	10	S
VI 03224	1	17+18	5+10	8	I
VI 03236	1	?13+16	5+10	8	I
VI 01149	1	7+8	5+10	10	S
VI 03221	NULO	7+9	5+10	7	I
VI 03170	1	7+9	5+10	9	S
VI 03033	2*	7+9	2+12	7	I
VI 03025	2*	7+8	2+12	8	I
VI 98053	2*	7+9	2+12	7	I
PIONEIRO	2*	7+8	5+10	10	S
EMBRAPA 22	1	7+8	5+10	10	S

Escore = Escore de Glu-1 (Payne et al. , 1987); S = Superior e I = Intermediário

Como resultados desta análise, foram identificadas treze diferentes subunidades de glutenina, nas 27 linhagens e dois cultivares estudadas, 1, 2*, 7, 8, 9, 13, 16, 17, 18, 2, 5, 10 e 12, conforme a nomenclatura de Payne et al. (1980). As subunidades 5 e 10 são

frequentemente citadas como responsáveis pela alta qualidade de panificação, mas as demais subunidades presentes são determinantes na performance global da farinha de trigo em testes de qualidade.

Composição de proteínas poliméricas do trigo

As Tabelas 9 e 10 apresentam os resultados obtidos em SE-HPLC e o teor de proteína total da farinha. Foram calculados os valores de percentagem de proteína polimérica total (PPP), percentagem de proteína polimérica não extraível (UPP), teor de proteína polimérica total na farinha (PPF) e teor de proteína polimérica não extraível na farinha (UPPF). Esses parâmetros apresentaram diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade para as diferentes linhagens avaliadas.

Na Tabela 9 pode ser observado que o parâmetro PPP foi maior nas linhagens IVI 01127 e IVI 01453 e menor para IVI 01043 e IVI 01324. Já a UPP foi maior nas linhagens IVI 01321 e IVI 01324 e menor em IVI 01094, IVI 01265 e IVI 01043. Maior PPF foi obtido nas linhagens IVI 01270 e IVI 01453, e a menor na IVI 01043. Na mesma tabela verifica-se que as linhagens IVI 01453, IVI 01321 e IVI 02036 apresentaram maior UPPF, enquanto as linhagens IVI 01296 e IVI 01172 obtiveram os menores resultados.

Gupta et al. (1993), afirmam que a solubilidade de um polímero decresce com o aumento da massa molecular, e que o valor de UPP representa a fração de proteínas poliméricas insolúvel em solução de SDS, portanto, com maior grau de polimerização. Pode-se observar que as linhagens que apresentaram maior UPP não necessariamente apresentaram maior PPP, o que evidencia que o grau de polimerização das subunidades de glutenina não depende do total de proteínas poliméricas presente.

Verificou-se que todas as linhagens exibindo maior UPP, possuem as subunidades 5+10 em sua composição, enquanto que nas linhagens com valores menores, a combinação 2+12 estava presente. Isto indica que as subunidades 5+10 devem exibir melhor capacidade de polimerização, quando comparadas ao par 2+12. De fato, dados de literatura demonstram que maior UPP está relacionado com melhor qualidade de panificação, característica também atribuída às subunidades 5+10 (LARROQUE et al., 1999; LARROQUE e BEKES, 2000; RUBIO et al., 2005).

TABELA 9: Distribuição de proteínas polimérica de farinha de trigo por SE-HPLC em linhagens introduzidas do CIMMYT.

Linhagem	PF	PPP	UPP	PPF	UPPF
IVI 01043	9,53 ^{BCD}	36,60 ^H	43,63 ^H	3,49 ^{CD}	1,52 ^E
IVI 01265	9,00 ^{BCDE}	40,40 ^F	43,73 ^H	3,64 ^{CD}	1,59 ^E
IVI 01094	8,87 ^{BCDE}	40,30 ^F	44,17 ^H	3,58 ^C	1,58 ^{DE}
IVI 01296	7,50 ^F	40,80 ^{EF}	44,43 ^H	3,06 ^E	1,36 ^F
IVI 01313	8,77 ^{CDE}	42,23 ^{CDE}	45,70 ^G	3,98 ^C	1,82 ^{CD}
IVI 01120	8,10 ^{EF}	40,80 ^{EF}	47,30 ^F	3,30 ^D	1,56 ^E
IVI 02036	11,53 ^A	42,3 ^{CD}	47,37 ^F	4,88 ^A	2,31 ^A
IVI 01172	6,40 ^G	42,10 ^{CDE}	47,43 ^{EF}	2,69 ^F	1,28 ^F
IVI 01127	9,47 ^{BCD}	44,67 ^B	47,73 ^{DEF}	4,23 ^B	2,02 ^B
IVI 01270	8,47 ^{DEF}	41,07 ^{DEF}	47,93 ^{DEF}	3,48 ^{CD}	1,67 ^{CD}
IVI 01614	8,20 ^{EF}	42,00 ^{CDE}	48,20 ^{DE}	3,44 ^{CD}	1,66 ^{CDE}
IVI 01078	9,47 ^{BCD}	42,77 ^C	48,37 ^D	4,04 ^C	1,96 ^{CD}
IVI 01453	10,00 ^B	47,20 ^A	49,40 ^C	4,72 ^A	2,33 ^A
IVI 01321	9,53 ^{BCD}	46,63 ^A	51,70 ^A	4,44 ^B	2,30 ^A
IVI 01324	9,43 ^{BCD}	38,20 ^G	50,37 ^B	3,60 ^C	1,81 ^C

PF = Teor de proteína na farinha; PPP = porcentagem de proteína polimérica; UPP = porcentagem de proteína polimérica não extraível; PPF = porcentagem de proteína polimérica na farinha; UPPF = porcentagem de proteína polimérica não extraível na farinha.

Médias na mesma coluna com letras iguais não diferem significativamente ($p \geq 0.05$), pelo teste de Duncan.

Para as linhagens do grupo “VI” (Tabela 10), observou-se que PPP foi maior nas amostras VI 03025 e VI 03224 e menor para VI 98053. Maior UPP foi observada em VI03061, VI00191, VI00219 e EMBRAPA 22, e a menor na linhagem VI 98053. EMBRAPA 22, VI 01148 e VI 00219 obtiveram maior PPF, e a VI 00219 exibiu o menor valor para este parâmetro. Com relação a UPPF, as linhagens VI 03061 e EMBRAPA 22 apresentaram maior valor, enquanto o menor resultado foi obtido na variedade Pioneiro.

TABELA 10: Distribuição de proteínas polimérica de farinha de trigo por SE-HPLC em linhagens desenvolvidas pela UFV.

Linhagem	PF	PPP	UPP	PPF	UPPF
VI00191	9,23 ^{BCD}	43,57 ^B	48,23 ^B	4,02 ^{BCD}	1,94 ^{BC}
VI00219	10,60 ^A	41,63 ^{DE}	48,20 ^B	4,41 ^A	2,13 ^A
VI03170	9,40 ^{BCD}	42,07 ^{CD}	45,17 ^F	3,95 ^{CD}	1,79 ^{CD}
VI03221	9,07 ^{CD}	42,56 ^C	45,77 ^{EF}	3,86 ^{DE}	1,77 ^{CD}
VI03025	8,50 ^{DE}	44,80 ^A	46,97 ^{CD}	3,81 ^{DE}	1,79 ^{CD}
VI03236	7,47 ^E	41,47 ^{ED}	46,80 ^{CD}	3,10 ^G	1,45 ^{EF}
VI01148	9,70 ^{ABC}	41,57 ^{DE}	46,30 ^{DE}	4,03 ^{AB}	1,87 ^B
VI03224	8,50 ^{DE}	43,77 ^{AB}	46,40 ^{DE}	3,72 ^{DE}	1,73 ^{CD}
VI98053	9,20 ^{BCD}	39,30 ^G	44,27 ^G	3,61 ^{EF}	1,60 ^{DE}
VI03061	8,50 ^{DE}	34,37 ^H	50,87 ^A	2,92 ^H	1,49 ^F
VI01149	9,07 ^{CD}	41,17 ^{EF}	47,17 ^{CD}	3,73 ^{DE}	1,76 ^{CD}
VI03033	8,30 ^{DE}	40,80 ^{EF}	45,37 ^F	3,39 ^{FG}	1,54 ^{EF}
EMBRAPA 22	10,30 ^{AB}	40,57 ^F	47,57 ^{BC}	4,18 ^{ABC}	1,99 ^B
Pioneiro	8,63 ^{CD}	42,20 ^{CD}	44,33 ^G	3,64 ^{EF}	1,61 ^{DE}

PF = Teor de proteína na farinha; PPP = porcentagem de proteína polimérica; UPP = porcentagem de proteína polimérica não extraível; PPF = porcentagem de proteína polimérica na farinha; UPPF = porcentagem de proteína polimérica não extraível na farinha

Médias na mesma coluna com letras iguais não diferem significativamente ($p \geq 0.05$), pelo teste de Duncan.

O comportamento entre UPP e composição de HMW-GS no grupo de linhagens “VI” foi semelhante ao observado para o grupo “IVI”, exceto para a variedade Pioneiro que obteve o menor UPP, mesmo possuindo a combinação de subunidades 5+10, e escore 10 (ver Tabela 8). Este fenômeno pode estar relacionado à presença de *terminadores de cadeia*. Toda proteína apresenta um domínio repetitivo e regiões C- e N-terminal. Nas subunidades de glutenina, estas regiões terminais contem de dois a três grupamentos sulfidril (-SH) livres, sendo estes os responsáveis pela formação das suas ligações intermoleculares características. Entretanto, em alguns casos específicos, uma proteína, ou mesmo um oligopeptídeo, com um único resíduo de cisteína é anexado ao final da cadeia, interrompendo a sua polimerização (KASARDA, 1989; EL NOUR ET AL, 1998; MASCI ET AL, 1999). Estes são chamados “terminadores de cadeia”, porque impedem que as subunidades protéicas continuem a se complexar para formar gluteninas de alta massa molecular. Sugere-se, no presente trabalho, que a presença de terminadores de cadeias na cultivar Pioneiro, impede a completa polimerização das subunidades de glutenina, promovendo, conseqüentemente, o baixo valor UPP observado.

Os resultados de UPP e PPP foram semelhantes nos dois grupos de linhagens estudados, variando de 43,63% a 51,7%, e de 34,7% a 47,2%, respectivamente. Os valores de UPP encontrados foram menores que os relatados em literatura para linhagens australianas (LARROQUE et al.,1999) e canadenses (LARROQUE e BEKES, 2000). Diversos estudos têm verificado relação positiva entre UPP e características de qualidade tecnológica, como resistência à extensão (R_{max}) e força da massa (W), de forma que é esperado que as linhagens com maior UPP (IVI 01321, IVI 01324, IVI 01453 e VI 03061) neste trabalho obtenham melhor desempenho também no teste de panificação.

Também tem sido relatada (SINGH et al., 1990; MACRITCHIE e LAFIANDRA, 1997; RUBIO et al., 2005) correlação positiva entre PPP, PPF e UPPF e certos parâmetros de qualidade, como R_{max} , tempo de desenvolvimento de massa e volume de pão. Entretanto, a relação positiva de PPP e PPF com a qualidade tecnológica da farinha de trigo parece ocorrer somente quando alto valor desses parâmetros for acompanhado de UPP comparavelmente alta.

4.4 Teste de Panificação

Nas Tabelas 11 e 12 são apresentados os resultados do teste de panificação, expressos como volume do pão (cm^3), volume específico (cm^3/g) e escores para as características externas(CE), internas(CI) e total (CG), para as linhagens dos grupos “IVI” e “VI”, respectivamente. Para os parâmetros estimados foi observada diferença significativa ($p<0,05$) entre os diferentes tipos de linhagens estudadas.

Observa-se que as linhagens IVI 01078, IVI 01453, IVI 01324, IVI 01321 e IVI 01296 tiveram ótimo desempenho no teste de panificação, expresso como altos valores de CE, CI e CG obtidos (Tabela 11). Pode-se observar nas Figuras 7: 12 e14, e Figura 8: 12, 14 e 15, que estas linhagens apresentaram características muito semelhantes às apresentadas pela amostra controle. De modo análogo, a linhagem IVI 01094, que obteve os menores escores para CE, CI e CG, apresentou cor opaca e escura, miolo com células de ar excessivamente abertas e falta de uniformidade (Figura 6-10).

TABELA 11: Teste de Panificação de farinha de trigo obtida de linhagens introduzidas pela UFV.

Linhagem	CE	CI	CG	Volume (cm³)	V. específico (cm³/g)
IVI 01078	18,67 ^A	18,00 ^{AB}	36,67 ^A	30,93 ^{ABC}	3,70 ^{ABCD}
IVI 01296	18,50 ^{AB}	16,5 ^{ABC}	35,00 ^{AB}	26,50 ^{DEF}	3,33 ^{BCDEF}
IVI 02036	18,50 ^{AB}	14,5 ^{BC}	33,00 ^{ABC}	29,07 ^{BCDE}	3,43 ^{BCDEF}
IVI 01321	18,33 ^{AB}	17,33 ^{ABC}	35,67 ^A	33,80 ^A	4,10 ^A
IVI 01324	18,00 ^{AB}	17,83 ^{AB}	36,17 ^A	31,30 ^{AB}	3,77 ^{ABC}
IVI 01127	17,83 ^{AB}	13,83 ^{CD}	31,83 ^{ABC}	29,33 ^{BCDE}	3,50 ^{BCDE}
IVI 01453	16,50 ^{AB}	18,67 ^A	36,50 ^A	31,00 ^{ABC}	4,07 ^A
IVI 01120	16,00 ^{ABC}	15,50 ^{ABC}	32,00 ^{ABC}	27,40 ^{BCDEF}	3,40 ^{BCDEF}
IVI 01172	16,00 ^{ABC}	16,50 ^{ABC}	32,50 ^{ABC}	29,17 ^{BCDE}	3,60 ^{ABCD}
IVI 01614	15,17 ^{BCD}	16,67 ^{ABC}	31,83 ^{ABC}	29,93 ^{ABCD}	3,87 ^{AB}
IVI 01313	14,17 ^{CDE}	13,67 ^{CD}	27,83 ^{CD}	26,83 ^{CDEF}	3,27 ^{CDEF}
IVI 01270	13,67 ^{CDE}	14,50 ^{BC}	28,17 ^{CD}	29,83 ^{ABCDE}	3,70 ^{ABCD}
IVI 01043	12,33 ^{DE}	17,00 ^{ABC}	29,33 ^{BC}	22,17 ^G	2,97 ^{EF}
IVI 01265	12,17 ^{DE}	16,00 ^{ABC}	28,17 ^{CD}	24,50 ^{FG}	2,93 ^F
IVI 01094	11,83 ^E	11,00 ^D	22,83 ^D	25,50 ^{FG}	3,30 ^{CDEF}

CE = escore das características externas, adimensional, pontuação máxima 20; CI = escore das características internas, adimensional, pontuação máxima 20; CG = escore total, adimensional, pontuação máxima 40.
Médias na mesma coluna com letras iguais não diferem significativamente ($p \geq 0.05$), pelo teste de Duncan.

Quanto ao volume e volume específico dos pães, as linhagens IVI 01321, IVI 01324, IVI 01453, IVI 01078 e IVI 01614 apresentaram os melhores resultados.

Na Tabela 12 observa-se que as cultivares EMBRAPA 22 e as linhagens VI 00219, VI 03061, VI 01149 e VI 01148, obtiveram melhores escores no teste de panificação, resultado evidenciado nas Figuras 7: 2 e 8, e 8: 7, 11 e 13, respectivamente. Menores escores foram exibidos pelas linhagens VI03033, VI98053 e VI03221, que apresentaram características inadequadas como células de ar muito compactas, com presença de bolhas arredondadas na periferia e cor opaca (Figuras 7-1, -12 e -13, respectivamente). Os tratamentos VI 03061, VI 98053, VI 00191 e EMBRAPA 22 apresentaram maior volume e volume específico, enquanto VI 03170, VI 98053 e Pioneiro

obtiveram os menores.

TABELA 12: Teste de panificação de farinha de trigo obtida de linhagens obtidas pela UFV.

Linhagem	CE	CI	CG	Volume (cm³)	V. específico (cm³/g)
VI 03061	17,50 ^A	17,83 ^A	35,33 ^A	31,50 ^A	3,83 ^A
VI 00219	17,50 ^A	15,67 ^{AB}	33,17 ^{AB}	30,33 ^{AB}	3,70 ^{ABCD}
VI 01148	17,33 ^A	14,67 ^{AB}	32,00 ^{ABC}	27,33 ^{CDE}	3,40 ^{DEF}
VI 01149	16,83 ^{AB}	17,00 ^A	33,83 ^{AB}	29,50 ^{ABC}	3,63 ^{ABCDE}
VI 03025	15,83 ^{AB}	14,50 ^{AB}	30,33 ^{ABCD}	29,00 ^{CDB}	3,50 ^{CDEF}
VI 00191	15,00 ^{ABC}	15,00 ^{AB}	30,00 ^{ABCD}	31,33 ^A	3,80 ^{AB}
VI 03236	14,17 ^{ABCD}	14,17 ^{AB}	28,33 ^{ABCD}	28,17 ^{BCDE}	3,47 ^{CDEF}
VI 98053	13,18 ^{ABCD}	14,33 ^{AB}	24,50 ^D	26,17 ^E	3,20 ^F
VI 03224	12,67 ^{BCD}	15,5 ^{AB}	28,17 ^{ABCD}	27,70 ^{CDE}	3,37 ^{EF}
VI 03221	12,83 ^{BCD}	10,83 ^C	23,67 ^E	27,00 ^{DE}	3,30 ^{EF}
VI 03033	12,00 ^{CD}	12,67 ^B	24,67 ^D	26,83 ^{DE}	3,40 ^{DEF}
VI 03170	11,17 ^D	14,83 ^{AB}	26,00 ^{CD}	26,30 ^E	3,37 ^{EF}
Pioneiro	15,18 ^{ABC}	15,17 ^{AB}	30,33 ^{ABCD}	26,17 ^E	3,20 ^F
EMBRAPA 22	16,83 ^{AB}	17,00 ^A	33,83 ^{AB}	30,20 ^{AB}	3,77 ^{ABC}

CE = escore das características externas, adimensional, pontuação máxima 20; CI = escore das características internas, adimensional, pontuação máxima 20; CG = escore total, adimensional, pontuação máxima 40.
Médias na mesma coluna com letras iguais não diferem significativamente ($p \geq 0.05$), pelo teste de Duncan.

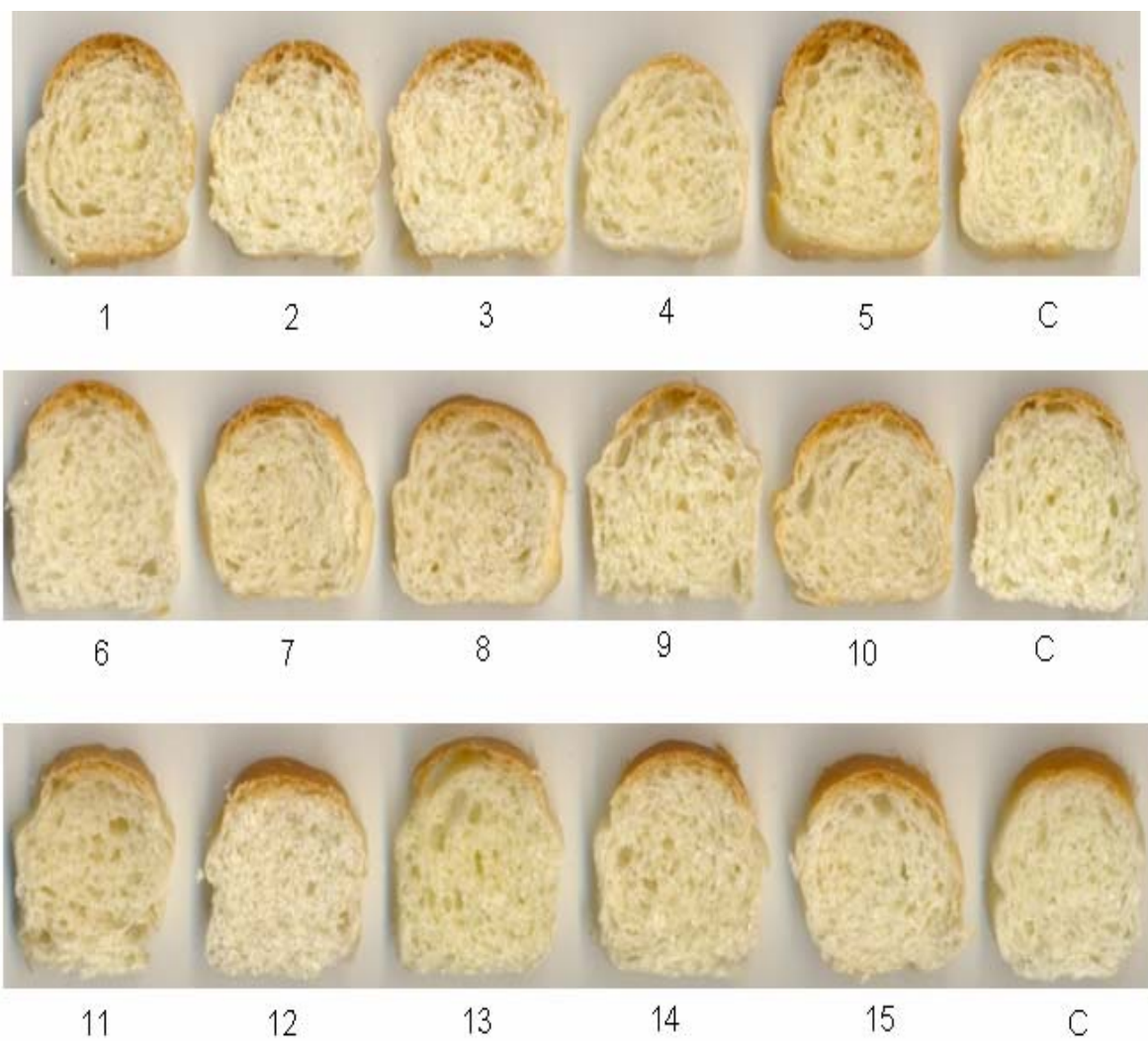


Figura 7: Comparação das características internas de pão produzido com a amostra Controle (C) e das linhagens estudadas, 1-IVI 02036; 2-EMBRAPA 22; 3-IVI 01172; 4-IVI 01265; 5-IVI 01120; 6-IVI 01614; 7-IVI 01270; 8-VI 00219; 9-VI 00191; 10-VI 98053; 11-VI 03236; 12-IVI 01296; 13-VI 03025; 14-IVI 01078; 15-Pioneiro

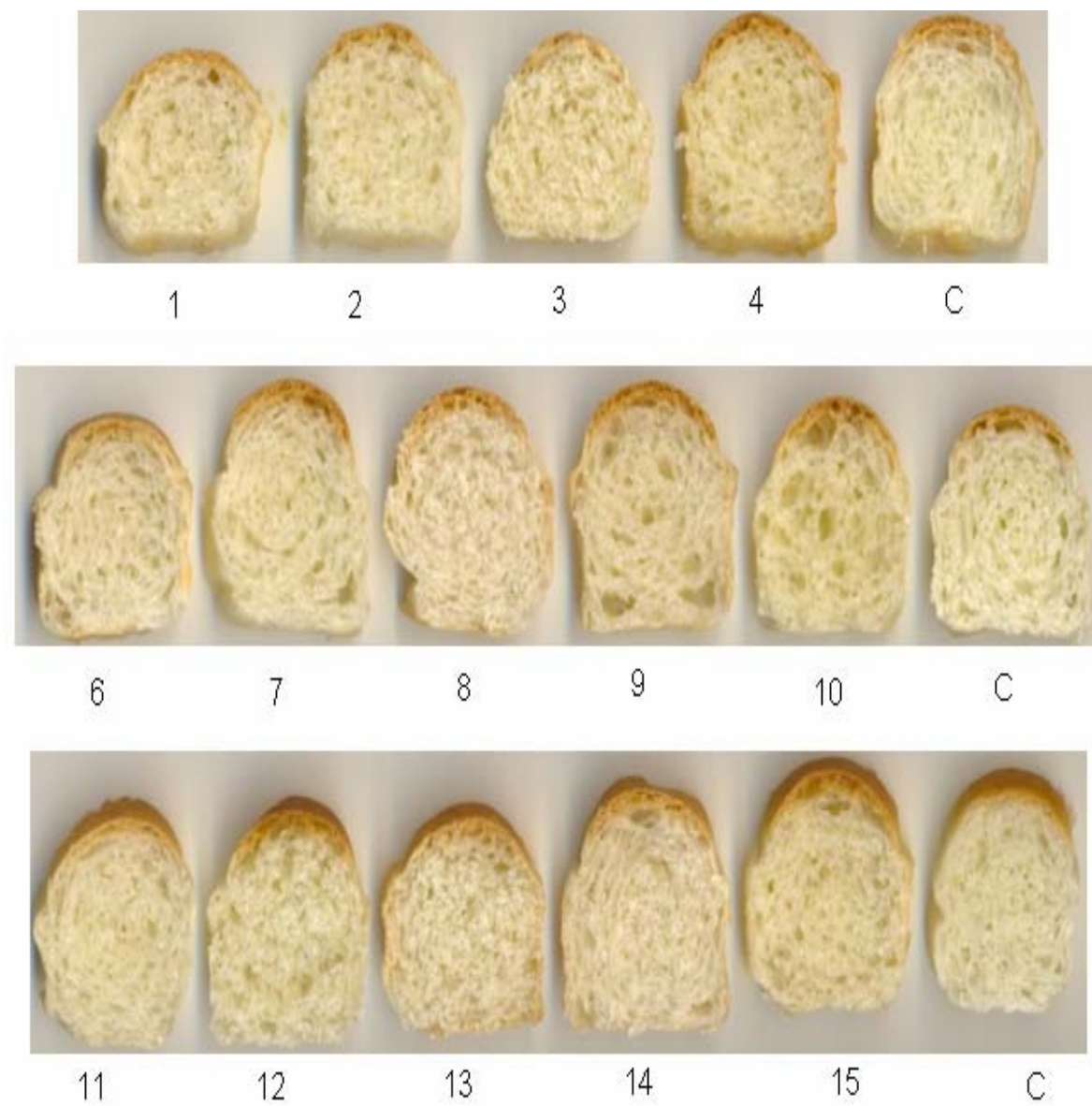


Figura 8: Comparação das características internas de pão produzido com a amostra Controle (C) e das linhagens estudadas, 1-VI 03033; 2-IVI 01043; 3-VI 03221; 4-VI 03170; 6-VI 03224; 7-VI 03061; 8-IVI 01127; 9-IVI 01313; 10-IVI 01094; 11-VI 01149; 12-IVI 01453; 13-VI 01148; 14-IVI 01321; 15-IVI 01324.

4.5 Relação entre subunidade HMW-GS e composição das proteínas poliméricas com qualidade de panificação

A qualidade de panificação é influenciada por diversos fatores, dentre eles podem-se citar o teor de proteína no grão e na farinha, a proporção de gliadina e glutenina, a composição de HMW-GS e a distribuição da massa molecular das proteínas poliméricas.

Dentre as linhagens estudadas no presente trabalho, as que exibiram maiores volume e escore total de panificação, apresentaram a seguinte distribuição de subunidades de glutenina (para cada locus Glu-A1, Glu-B1 e Glu-D1):

Glu-A1: subunidade 1 → 42,9%
subunidade 2* → 57,1%
NULO → 0%

Glu-B1: Subunidades 7+9 → 42,9%
Subunidades 7+8 → 42,9%
Subunidades 17+18 → 4,3%
Subunidades 16+17 → 0%

Glu-D1: Subunidades 5+10 → 71,4%
Subunidades 2+12 → 28,6%

Germoplasmas de diversas origens têm indicado que as subunidades 5+10 contribuem mais com a força do glúten que a combinação 2+12 e outras variações alélicas em Glu-D1 (WEEGLES et al., 1996; TRETOWAN et al., 2001; PIROZI, 2003; PEÑA et al., 2004; HE et al., 2005; EAGLES et al., 2006). Zanatta et al. (2002), após comparar a composição de HMW-GS com a classe industrial de 4.104 linhagens provenientes do programa de melhoramento da EMBRAPA Trigo e 76 cultivares de trigo recomendadas para plantio no Brasil, observou que a característica de glúten forte está associada, principalmente, às subunidades 1, 5 e 10, e glúten fraco com Glu-A1 NULO e subunidades 2+12. Branlard e Dardevet (1985) encontraram que as subunidades 2*, 7, 8 e 9 (em suas combinações alélicas 7+8 e 7+9), e as subunidades 5+10 estão relacionadas com uma alta sedimentação (teste Zeleny), já as subunidades 6+8 e 2+12 correspondem a uma baixa sedimentação. Gupta et al. (1990) e Peña (1997), ao caracterizar os efeitos das subunidades de glutenina de HMW-GS sobre o potencial de panificação, encontraram que genótipos

com subunidades 17+18 ou 7+8 no genoma B e 5+10 no genoma D apresentam melhor qualidade para panificação que as variedades com subunidades 7+9 (B) e 2+12 ou 3+12 (D).

Considerando a relação entre a distribuição das HMW-GS e o escore de Glu-1 com o volume de pão e CG observados, pode-se inferir que, também para as amostras deste estudo, a subunidade 1 e o par 5+10 estão associados à boa qualidade de panificação.

Um estudo de correlação linear de Pearson foi utilizado para verificar como os dados de SDS-PAGE e SE-HPLC influenciam os parâmetros de qualidade de panificação (Tabela 13).

TABELA 13: Matriz de correlação para parâmetros de composição protéica das farinhas de trigo e qualidade de panificação.

R	Escore Glu-1	UPP	PPP	volume	CG	PF
PF	0,27 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,41*	0,23 ^{ns}	1
CG	0,51**	0,69**	0,11 ^{ns}	0,65**	1	
Volume	0,62**	0,94**	0,35*	1		
PPP	0,09 ^{ns}	0,21 ^{ns}	1			
UPP	0,60**	1				
escore Glu-1	1					

Pela avaliação da Tabela 13 constatou-se que UPP e a composição de HMW-GS (Escore Glu-1) são os parâmetros que apresentam maior correlação positiva com volume de pão e CG. O elevado grau de correlação, principalmente do UPP, indica que esses dois parâmetros podem ser amplamente utilizados nos programas de melhoramento de trigo para estimar a qualidade tecnológica de panificação. Este comportamento é observado porque as propriedades viscoelásticas que afetam a qualidade de panificação, e particularmente o volume de pão, dependem principalmente da composição de gluteninas HMW-GS e LMW-GS e das gliadinas (WEEGLES, 1996; HE, 2005; EAGLES, 2006). A grande diferença entre os coeficientes de correlação PPP e UPP com volume de pão e CG indica que nem todas as proteínas poliméricas estão relacionadas com qualidade de panificação, mas apenas as frações de maior massa molecular.

5. CONCLUSÃO

Nas condições experimentais deste trabalho, os resultados obtidos permitem estabelecer as seguintes conclusões:

- As 27 linhagens e dois cultivares estudadas apresentaram as subunidades de glutenina, 1, 2*, 7, 8, 9, 13, 16, 17, 18, 2, 5, 10 e 12, arrançadas em combinações de 4 ou 5 subunidades específicas;
- Linhagens distintas obtidas do cruzamento de progenitores comuns não apresentaram a mesma combinação alélica;
- As linhagens que tiveram maior UPP não apresentaram necessariamente maior PPP, indicando que o grau de polimerização das subunidades de glutenina não depende do teor de proteínas poliméricas presentes na farinha;
- Maior UPP foi observado nas amostras que expressaram subunidades 5+10;
- Sugere-se que terminadores de cadeia sejam responsáveis pela baixa UPP, e conseqüente qualidade inferior de panificação;
- Nem todas as proteínas poliméricas presentes foram relacionadas com qualidade de panificação, mas apenas as frações de maior massa molecular (UPP);
- Os parâmetros UPP e Escore Glu-1 apresentaram alta correlação com volume de pão e podem ser utilizados para estimar a qualidade de panificação do trigo durante os estágios iniciais dos programas de melhoramento.

6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- AACC - AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved methods of.** 7th ed. Rev. St. Paul: AACC, vols. 1. 2. , 1990.
- ABDEL-AAL,E-S; HUCL, M. P; SOSULSKI, F. W; BHIRUD, P. R. Kernel, milling and baking properties of spring-type spelt and einkorn wheats. **Journal of Cereal Science.** v.26, n.3, p. 363-370, 1997.
- AGRIANUAL. Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP consultoria & Comércio. 2007. p. 497-501.
- AGRIANUAL. Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP consultoria & Comércio. 2006. p. 483-492.
- AGRIANUAL. Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP consultoria & Comércio. 2005. p. 503-504.
- AITKEN, T.R.;GEDDES, W.F. The behavior of strong flours of widely varying protein content when subjected to normal and severe baking procedures. **Cereal Chemistry.** v.11, n.5, p. 487-504, 1934.
- ALFENAS, A.C. **Eletroforese de isoenzimas e proteínas afins; fundamentos e aplicações em plantas e microrganismos.** UFV: Viçosa/MG, 2002. 574p.
- ANTES S.; WIESER H. Effects of high and low molecular weight glutenin subunits on rheological dough properties and breadmaking quality of wheat. **Cereal Chemistry,** v.78, n.2. p.157-159, 2001.
- AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. 1984. Official methods of analysis. 14.ed . Arlington, Virginia. 1141p.
- AUSSENAC, T; CARCELLER, J.L; KLEIBER, D. Changes in SDS solubility of glutenin polymers during dough mixing and resting. **Cereal Chemistry.** v.78, p.39-45, 2001.
- BATEY, I L.; GUPTA, R.B.; MACRITCHIE, F. Use of size-exclusion high-performance liquid chromatography in the study of wheat flour proteins: an improved chromatography procedure. **Cereal Chemistry.** v.68, p.207-209, 1991.
- BIETZ, J.A. Analysis of wheat gluten proteins by high-performance liquid chromatography. **Baker's Dig.** v.58, p.15-17, 20-21,32, 1984.

- BIETZ, J.A. e WALL, J.S. Isolation and characterization of gliadin-like subunits from glutenins. **Cereal Chemistry**. v.50, p.537-547, 1973.
- BIETZ, J.A.; WALL, J.S. Identity of high molecular weight gliadin and ethanol-soluble glutenin subunits of wheat: Relation to gluten structure. **Cereal Chemistry**. v.57, p.415-421, 1980.
- BIETZ, J.A.; HUEBNER, F.R. Structure of glutenin: Achievements at the Northern Regional Research Center. Ann. **Technologic Agriculture**. v.29, p.249-277, 1980.
- BIETZ, J.A.; HUEBNER, F.R.; SANDERSON, J.E.; WALL, J.S. Wheat gliadin homology revealed through N-terminal amino acid sequence analysis. **Cereal Chemistry**. v.54, p.1070-1083, 1977.
- BRANLARD, G.; DARDEVET, M. Diversity of grain protein and bread wheat quality. II. Correlation between high molecular subunits of glutenin and flour quality characteristics. **Journal Cereal Science**. v.3, p.345-354, 1985.
- BRUM, A.L.; MÜLLER, P.K. O Comércio Internacional e a Cadeia Produtiva do Trigo no Brasil. In: 3º Encontro de Economia Gaúcha, 2006, Porto Alegre. Anais. Porto Alegre : PUC, 2006.
- BUSHUK, W. Flour proteins: structure and functionality in dough and bread. **Cereal Foods World**, v.30, n.7, p. 447-451, 1985.
- CHEN, C.H.; BUSHUK, W.; Nature of proteins in triticale and its parental species. I. Solubility characteristics and amino acid composition of endosperm proteins. **Can. J. Plant Sci**. v.50, p.9-14, 1970.
- CLEMENTS, R.L. A study of gliadin of soft wheats from the eastern United States using a modified polyacrylamide gel electrophoresis procedure. **Cereal Chemistry**. v.64, p.442-448, 1987.
- COLLE, A.C. **A cadeia produtiva do trigo no Brasil: contribuição para a geração de emprego e renda**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998, 153p. (Dissertação de Mestrado).
- CONAB. Safras. Safras 1990-1991 a 2004-2005 - séries Históricas. Trigo. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 20 de Dezembro de 2007.

- CUNIBERTI, M.B.; ROTH, M.R.; MACRITCHIE F. Protein composition-functionality relationships for a set of Argentinean wheats. **Cereal Chemistry**. v.80, n.2, p.132-134, 2003.
- DACHKEVITCH, T.; AUTRAN J.C. Prediction of baking quality of bread wheats in breeding programs by size-exclusion high performance liquid chromatography. **Cereal chemistry**, v.66, n.6, p.448-456, 1989.
- DOBRSZCZYK, B.J.; MORGENSTERN, M.P. Rheology and the breadmaking process. **Journal of Cereal Science**, v.38, n.3, p.229-245, 2003.
- DONG, H.; SEARS, R.G.; COX, T.S.; Hosene, R.C.; Lookhart, G.L.; Shogren, M.D. Relationships between protein composition and Mixograph and loaf characteristics in wheat. **Cereal Chemistry**, v.69, n.2, p.132 – 136, 1992.
- EAGLES H.A.; CANE, K.; EASTWOOD, R.F.; HOLLAMBY, G.J.; KUCHEL, H.; MARTIN, P.J.; CORNISH, G.B. Contributions of glutenin and puroindoline genes to grain quality traits in southern Australian wheat breeding programs. **Australian Journal of Agricultural Research**. v.57, n.2, p.179-186, 2006.
- EL NOUR, I.N.A.; PERUFFO, A.D.E.; CURIONI, A. Characterisation of sorghum kafirins in relation to their cross-linking behaviour. **Journal of Cereal Science**, v.28, n.2, p.197-207, 1998.
- FELICIO, J.C.; CAMARGO, C.E.O.; GERMANI, R.; MOGNO, C.P.R.S. Avaliação agrônômica e de qualidade tecnológica de genótipos de trigo com irrigação por aspersão no estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.55, n.1, p.147-156, 1996.
- FELÍCIO, J.C.; CAMARGO, C.E.O.; GERMANI, R.; MOGNO, C.P.R.S. Interação entre genótipo e ambiente na produtividade e na qualidade tecnológica dos grãos de trigo no estado de São Paulo. **Bragantia**. v.57, n.1, p. 149-161, 1998.
- FRONZA, V. ; SOARES SOBRINHO, J. ; YAMANAKA, C.H.; SOUZA, M.A.; REIS, W.P.; ANDRADE, J.M.V.; SILVA, M.S.; CORTE, H.R. . Resultados dos experimentos de trigo conduzidos em Minas Gerais na safra de 2004. In: XIII Reunião da Comissão Centro Brasileira de Pesquisa de Trigo e II Seminário Técnico de Trigo, 2004, Goiânia. **Atas e resumos expandidos**. p. 198-203. 2004.

- GERMANI, R.; EL DASH, A.A.; CAMPOS, J.E.; Tecnologia de farinhas mistas: **Uso de farinha mista de trigo e sorgo na produção de pães**. Brasília, DF: SPI - EMBRAPA, v. 1. 1994. 97 p.
- GIANIBELLI, M.C.; LARROQUE, O.R.; MACRITCHIE, F.; WRIGLEY, C.W. Biochemical, genetic, and molecular characterization of wheat glutenin and its component subunits. **Cereal Chemistry**. v.78, n.6, p. 635-646, 2001.
- GIANIBELLI, M.C.; LARROQUE, O.R.; CHAN, P.; MARGIOTTA, B.; DE AMBROGIO, E.; MACRITCHIE, F.; LAFIANDRA, D. Effect of allelic variants at the *Gli-1/Glu-3* and *Gli-2* loci on dough mixing properties. **Proceedings of the 9th International Wheat Genetics Symposium**. A. E. Slinkard, Ed. August, 2-7. Saskatoon, Saskatchewan, Canada. pp. 154-156. 1998.
- GIDDINGS, J. Field-flow fractionation: analysis of macromolecular, colloidal, and particulate materials. **Science**. v.260, p.1456-1465, 1993.
- GIROUX M.J.; MORRIS, C.F. Wheat grain hardness results form highly conserved mutations in the friabilin components puroindoline a and b. **Proc. Natl. Acad. Sci**. v.95, p.6262-6266, 1998.
- GREENAWAY, W.T. A wheat hardness index. **Cereal Science Today**, v.14, n.2, p.4-6, 1969.
- GUARIENTI, E.M. **Qualidade industrial de trigo**. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1996. 36 p.
- GUPTA R.B; BATEY I.L; MACRITCHIE F. Biochemical basis of flour properties in bread wheats. I. Effects of variation in the quantity and size distribution of polymeric protein. **Journal of Cereal Science**. v.18, n.1, p.23-41. 1993.
- GUPTA R.B; BATEY I.L; MACRITCHIE F. Relationships between protein composition and functional properties of wheat flours. **Cereal Chemistry**. v.69, n.2 p.125-131. 1992.
- GUPTA, R.B.; SHEPHERD, K.W. Two-step one-dimensional SDS-PAGE analysis of LMW-GS subunits of glutenin. I. Variation and genetic control of the subunits in hexaploid wheats. **Theor. Appl. Genet**. v.80, n.1, p.65-74. 1990.

- GUTKOSKI, L.C.; KLEIN, B.; PAGNUSSATT, F.A. Características tecnológicas de genótipos de trigo (*Triticum aestivum* L.) cultivados no cerrado. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 31, n. 3, p.786-792, 2007.
- HARRIS, R.H.; SIBBIT, L.D. Relations between protein content, loaf volume, expansion volume, and sedimentation value. **Cereal Chemistry**. v.33, n.1, p.74-78, 1956.
- Harris, R. H.; Sibbitt, L. D.; Banasik, O. The prediction Of loaf volume of hard red spring wheat flours from some properties of mixograms. **Cereal Chemistry**. v.20, n.2, p.211-214, 1943.
- HE, Z.H.; LIU, L.; XIA, X.C.; LIU, J.J.; PEÑA, R.J.; Composition of HMW-GS and LMW-GS glutenin subunits and their effects on dough properties, pan bread, and noodle quality of Chinese bread wheats. **Cereal Chemistry**. v.82, n.4 p.345-350. 2005.
- HEWSTONE, N. e HINRICHSEN P. Composición de subunidades de gluteninas de alto peso molecular de trigos chilenos de pan (*Triticum aestivum* L.). **Agricultura Técnica (Chile)**. 54:211-218. 1994.
- HINRICHSEN, P.R.; CASTRO,M.H.; MELLADO, E.M. Mejoramiento de trigos harineros (*Triticum aestivum* L.) en la zona centro sur de Chile. IV. Caracterización de cultivares de trigo basado en perfiles electroforéticos de gluteninas y gliadinas. **Agricultura Técnica (Chile)**. V.62 n.1, p. 56-67. 2002.
- HOSENEY, R.C. Principles of Cereal Science and Technology, American Association of Cereal Chemistry, St. Paul, Minnesota, USA, 1994, 825 p.
- HRUŠKOVÁ, M.; ŠVEC, I.; JIRSA, O. Correlation between milling and baking parameters of wheat varieties. **Journal of Food Engineering**. V. 77, n.3, p.439-444. 2006.
- HUEBNER, F.R.; WALL, J.S. Fractionation and quantitative differences of glutenin from wheat varieties varying in baking quality. **Cereal Chemistry**. v.53, n.3 p.258-269, 1976.
- KASARDA, D.D.; **Glutenin structure in relation to wheat quality**. in: Wheat is Unique. Y. Pomeranz, ed. Am. Assoc. Cereal Chem.: St. Paul, MN. p.277-302, 1989.
- KREIS, M.; SHEWRY, P.R.; FORDE, B.G.; FORDE, J.; MIFLIN, B.J. **Structure and evolution of seed storage proteins and their genes with particular references to**

- those of wheat, barley and rye.** in: Oxford Surveys of Plant and Molecular Cell Biology. B. J. Mifflin, ed. Oxford University Press: London. P. 253-317 1985.
- LAEMMLI, U.K.. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. **Nature** v.227, p.680-685, 1970
- LARROQUE, O.; GIANIBELLI, M.C.; MACRITCHIE, F.. Protein composition for pairs of wheat lines whit contrasting dough extensibility. **Journal of Cereal Science.** v.29, n.1, p27-31, 1999.
- LARROQUE, O.R.; BEKES, F. Rapid SEC analysis of molecular size distribution for wheat endosperm protein. **Cereal Chemistry.** v.77, n.1, p.451-453. 2000.
- 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.** 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 wheat cultivars that differ in high-molecular-weight glutenin subunit composition. **Journal of Cereal Science.** v.6 n.1, p.99–101. 1987.
- LOOKHART, G.L.; MARTIN, M.L.; MOSLETH, A.; UHLEN, A. K.; HOSENEY, R. C. Comparison of high-molecular weight subunits of glutenin and baking performance of flours varying in breadmaking quality. **Lebensm Wiss Technologic.** v.26, n.3, p.301-306, 1993.
- LOOKHART, G.L.; WRIGLEY, C.W. **Variety identification by electrophoretic analysis.** in: Identification of Food Grain Varieties. C. W. Wrigley, ed. Am. Assoc. of Cereal Chem.: St. Paul, MN. p.55-71, 1995.
- LOOKHART, G.L.; JULIANO, B.O.; WEBB, B.D. The effect of solvent extraction, environment, and genetic background on differentiating milled rice by reversed-phase high-performance liquid chromatography. **Cereal Chemistry.** v.68, n.4 p.396-400. 1991.
- MACRITCHIE, F. Physicochemical properties of wheat proteins in relation to functionality. **Adv. Food Nutr.** v.36, n.1, p.1-87. 1992.
- MACRITCHIE, F. Wheat Proteins: Characterization and Role in Flour Functionality. **Cereal Foods World .** v.44, n.2, p.188-193, 1999.

- MACRITCHIE, F.; KASARDA D.D.; KUZMICKY D.D. Characterization of wheat protein fractions differing in contributions to breadmaking quality. **Cereal chemistry**. v.68, n.2, p.112-130, 1991.
- MACRITCHIE, F.; LAFIANDRA, D. **Structure-functions relationship of wheat proteins**. in: Food Proteins and Their Applications; DAMORADAN and A. PARAF, eds. Marcel dekker, inc. pp 293-324, 1997.
- MANDARINO, J.M.G. **Aspectos importantes para a qualidade do trigo**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 31p. 1993.
- MANSUR, L.M.; QUALSET, C.O.; KASARDA, D.D.; MORRIS, R. Effects of 'Cheyenne' chromosomes on milling and baking quality in 'Chinese Spring' wheat in relation to glutenin and gliadin storage proteins. **Crop Science**, v.30, n.3, p.593-602, 1990.
- MARGIOTTA, B.; PFLUGER, L.; ROTH, M.R.; MACRITCHIE, F.; LAFIANDRA, D., **Isogenic bread wheat lines differing in number and type of high Mr glutenin subunits**. In: Shewry, P.R., Tatham, A.S. (Eds.), Wheat Gluten. Royal Society of Chemistry, London, pp. 29–33. 2000.
- MARGIOTTA, B.; URBANO, M.; COLAPRICO, G.; JOHANSSON, E.; BUONOCORE, F.; D'OIDIO, R.; LAFIANDRA, D. Detection of y-type subunit at the Glu-A1 locus in some Swedish bread wheat lines. **Journal of Cereal Science**. v.23, n.3, p.203-211, 1996.
- MASCI, S.; EGOROV, T.A.; RONCHI, C.; KUZMICKY, D.D.; KASARDA, D.D.; LAFIANDRA, D. Evidence for the Presence of Only One Cysteine Residue in the D-type Low Molecular Weight Subunits of Wheat Glutenin. **Journal of Cereal Science**. v.29, n.1, p.17-25, 1999.
- MECHAM, D.K.; KASARDA, D.D.; QUALSET, C.O. Genetic aspects of wheat gliadin proteins. **Biochem. Genet.** V.16, p.831-853, 1978.
- MICHELENA, A.; ROMAGOSA, I.; MARTIN, J.A.; LOPEZ, A. Influencia ambiental y varietal en diferentes parametros de calidad y rendimiento en trigo duro. **Prod. Prot. Veg.** v.10, n.2, p.191-201, 1995.
- NG, P.K.W.; BUSHUK, W. Glutenin of Marquis wheat as a reference for estimating molecular weights of glutenin subunits on sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis. **Cereal Chem.** V.64, p.324-327. 1988.

- OLIVER, J.R.; BLAKENEY, A.B.; ALLEN, H.M. Measurement of flour color in color space parameters. **Cereal Chemistry**. v.69, p.546–551, 1992.
- OSBORNE, T.B. The proteins of the wheat kernel, Carnegie Institution of Washington, Publication, **Judd & Detweiler**, INC. n°. 84.1907.
- PAYNE P.I.; HOLT, L.M.; WORLAND, A. J.; Law, C. N. **Wheat storage proteins: their genetics and their potential for manipulation by plant breeding**. Phil. Trans. R. Soc. Lond. Serie B. v.304, p.359-371. 1984.
- PAYNE, P.I.; LAW, C.N.; MUDD, E.E. Control by homoeologous group 1 chromosomes of the high-molecular height subunits of glutenin, a major protein of wheat endosperm. **Theoretical and Applied Genetics**.v.58, p.113-120, 1980.
- PAYNE, P.I.; NIGHTINGALE, M.A.; KRATTIGER, A.F.; HOLT, L.M. The relationship between HMW-GS glutenin subunit composition and the bread-making quality of British-grown wheat varieties. **J. Sci. Food Agric**. v.40, n.1, p.51-65, 1987.
- PAYNE, P.I.; NIGHTINGALE, M.A.; KRATTIGER, A.F.; HOLT, L.M. The relationship between HMW-GS glutenin subunit composition and the bread-making quality of British-grown wheat varieties. **J. Sci. Food Agric**. v.40, n.1, p.51-65, 1987.
- PAYNE, P.I.; CORFIELD, K.G.; HOLT, L.M.; BLACKMAN, J.A. Correlations between the inheritance of certain high-molecular-weight subunits of glutenin and bread-making quality in progenies of six crosses of bread wheat. **J. Sci. Food. Agric**. v.32, n.1, p.51-60. 1981.
- PEÑA, R.J.; GONZÁLEZ,H.S.; CERVANTES, F. **Relationship between Glu-D1/Glu-B3 allelic combinations and bread-making quality-related parameters commonly used in wheat breeding**. In: Proc. of Gluten Workshop. S Masci, D Lafiandra (eds). Viterbo, Italy. P.156-157. 2004.
- PEÑA, R. J. **Wheat quality for bread and baked food needs**. In: Wheat Research Needs Beyond 2000. S Nagarajan, G Singh, B S Tyagi (eds). Narosa Publishing House, New Delhi. P.302-312. 1997.
- PHARMACIA BIOTECH. Desalting and buffer exchange with Sephadex G-25, Sweden, p.1-5,1998.

- PIROZI, M.R. **Avaliação da qualidade tecnológica de variedades de trigo (*Triticum aestivum*) durante o armazenamento.** Lavras: UFLA, 1995, 149p. (Dissertação de Mestrado).
- PIROZI, M.R. **Isogenic wheat lines in determining composition-functionality relationships.** Kansas: Kansas State University, 2003, 120p. (Tese Doutorado).
- PIROZI, M.R.; MACRITCHIE, F.; FRONZA, V.; Protein composition in relation to flour functionality of Brazilian wheat varieties. In: 87th AACC Annual Meeting, 2002, Montreal. **87th AACC Annual Meeting Program Book.** St Paul - MN : AACC, 2002. p. 128.
- PIROZI, M.R.; MARGIOTTA, B.; LAFIANDRA, D.E.; MACRITCHIE, F. Composition of polymeric proteins and bread-making quality of wheat lines with allelic HMW-GS-GS differing in number of cysteines. **Journal of Cereal Science.** Available online 4 September 2007.
- POMERANZ, Y. **Modern cereal science and technology.** New York: VHC, 1987. 486 p.
- POMERANZ, Y. Wheat: chemistry and technology. 3.ed. St. Paul: AACC, 1978. 821 p.
- PRATT JR., D.B. **Criteria of flour quality.** In: POMERANZ, Y. Wheat Chemistry and Technology. Minnesota: American Associations of Cereal chemists, p. 201-226, 1978.
- PRESTON, K.R.E.; STEVENSON, S.G. **Size Exclusion Chromatography and Flow Field-Flow Fractionation of Wheat Proteins** In: Wheat Gluten Protein Analysis. Shewry, P. R. e Lookhart, G. L. ed. Am. Assoc. of Cereal Chem.: St. Paul, MN. 2003.
- PYLER, E.J. **Baking - Science & Tecnology.** 3.ed. vol II. Kansas: Sosland Publishing Company. 1988.
- QUAROONI, J.; BEQUETE, B.E.; DEYOE, C. The performance of U.S. hard white wheats: effect of milling extration on flour, pan bread, tortilha and pita (arabic) bread quality. **LWT.** v.27, p.270-277, 1994.
- RAO, G.V.; RAO, P.H. Methods for determining rheological characteristics of doughs: a critical evaluation. **Journal of Science Technology.** v. 30, n. 2, p. 77-87, 1993.
- RASPER, V.F. **Quality evaluation of cereal and cereal products.** In: LORENZ, K.J, KULP, K. (ed.). Handbook of cereal science and technology. New York : Marcel Dekker, 1991. p.595-638.

- ROCHA, D. **Importação de trigo deverá bater recorde na atual safra**, Curitiba-Paraná. 2007. Disponível em: < [http:// www.ambienteemfoco.com.br](http://www.ambienteemfoco.com.br)>. Acesso em 07 de Fevereiro de 2008.
- ROMAN, E.S. **Brasil pode atender demanda futura por trigo**, Goiânia – Goiás. 2004. Disponível em: <<http://www.cnpt.embrapa.br>>. Acesso em: 20 de Dezembro de 2007.
- ROSSI, R.M.; NEVES, M.F. **Estratégia para o trigo no Brasil**. São Paulo: Atlas, 2004.
- RUBIO, A.I.; MACRITCHIE, F.; GANDIKOTA, S.; HOU, G. Relaciones de la composición proteínica y mediciones reológicas en masa con la calidad panadera de harinas de trigo, **Revista Fitotecnia Mexicana**, v.28, n.3, p.243-251, 2005.
- SANTOS, B.R.E. **Caminhos da agricultura brasileira**. São Paulo: Evoluir, 2001. 329p.
- SAPIRSTEIN, H.D.; FU, B.X. Intercultivar variation in the quantity of monomeric proteins soluble and insoluble glutenin, and residu protein in wheat flour and relationship to breadmaking quality. **Cereal Chemistry**. v.75, n.4, p.500-507, 1998.
- SAS Institute SAS/STAT User's Guide: GLM VARCOMP. 6.04. Fourth ed. Cary, NC. pp: 891-996. 2008.
- SCHROEDER, L.F. Farinhas mistas. **Trigo e Soja**, Porto Alegre, n.92, p.4-6, 1987.
- SHEWRY P.R.; NAPIER J.A.; TATHAM A.S.; Seed storage proteins: Structures and biosynthesis. **Pl. Cell**. v.7, n.7, p. 945-956, 1995.
- SHEWRY, P.R.; TATHAM, A.S. Disulphide bonds in wheat gluten proteins. **Journal of Cereal Science**. v.25, n.3, p.207-227, 1997.
- SHEWRY, P.R.; HALFORD, N.G.; TATHAM, A.S. **The high molecular weight subunits of wheat, barley and rye: Genetics, molecular biology, chemistry and role in wheat gluten structure and functionality**. in: Oxford Surveys of Plant and Molecular Cell Biology,. B. J. Mifflin, ed. Oxford University Press: London. Vol. 6, 1989.
- SHEWRY, P.R.; HALFORD, N.G.; TATHAM, A.S. The high molecular weight subunits of wheat glutenin. **Journal of Cereal Science**. v.15, n.2, p.105-120, 1992.
- SHEWRY, P.R.; HALFORD, N.G.; FAULKS, A.J.; PARMAR, S.; MIFLIN, B.J.; DIETLER, M.D.; LEW, E.J.; KASARDA, D. D. Purification and N-terminal amino acid sequence analysis of high molecular weight (HMW-GS) gluten polypeptides of wheat. **Biochim. Biophys. Acta**. v.788, n.1, p.23-34, 1984.

- SHEWRY, P. R., TATHAM, A. S., AND HALFORD, N. G. **The prolamins of the Triticeae.** in: Seed Proteins. P. R. Shewry and R. Casey, eds. Kluwer Academic Publishers: Dordrecht, The Netherlands. 1999.
- SILVA, M. Só, A. **Triticultura Gaúcha na Virada do Século: ameaças e oportunidades.** Embrapa Trigo, Passo Fundo. Disponível em <<http://www.cnpt.embrapa.br/agromet/bo>>. Acesso em 22 de outubro de 2004.
- SINGH, N.K.; SHEPHERD, K. W. Linkage mapping of the genes controlling endosperm proteins in wheat. 1. Genes on the short arms of group 1 chromosomes. **Theor. Appl. Genet.** V.66, p.628-641, 1988.
- SINGH, N.K.; SHEPHERD, K.W. The structure and genetic control of a new class of disulphide-linked proteins in wheat endosperm. **Theor. Appl. Genet.** v.7, n.1, p.79-92. 1985.
- SINGH, N.K.; DONOVAN, G.R.; BATEY, I.L.; MACRITCHIE, F. Use of sonication and size-exclusion high-Performance liquid chromatography in the study of wheat flour proteins. II. Relative quantity of glutenin as a measure of breadmaking quality. **Cereal Chemistry.** v.67, n.2, p.161-170, 1990.
- SINGH, N.K.; SHEPHERD, K.W.; LANGRIDGE, P.; GREEN, L.C. Purification and biochemical characterization of triticin, a legume-like protein in wheat endosperm. **Journal of Cereal Science.** v.3, n.3, p.207-219, 1991.
- SOUTHAN, M.; MACRITCHIE, F. Molecular weight distribution of wheat proteins. **Cereal Chemistry.** v.76, n.6, p.827-836, 1999.
- SOUZA, M.A. **Controle genético e resposta ao estresse de calor de cultivares de trigo.** Lavras: UFLA, 1999. 152p. Tese (Doutorado).
- STEVENSON, S.G.; PRESTON, R. Flow field flow fractionation of wheat proteins. **Journal of Cereal Science.** v.23, n.2, p.121-131, 1996.
- SUCHY, J.; LUKOW, O.M.; INGELIN, M.E. Dough microextensibility method using a 2-g mixograph and a texture analyzer. **Cereal Chemistry.** v.77, n.1, p.39-43, 2000.
- TATHAM, A.S.; SHEWRY, P. R. The S-poor prolamins of wheat, barley and rye. **Journal Cereal Science.** v.22, n.1, p.1-16. 1995.

- TATHAM, A.S.; MIFLIN, B.J.; SHEWRY, P.R. The beta-turn conformation in wheat gluten proteins: Relationship to gluten elasticity. **Cereal Chemistry**. v.62, p.405-442, 1985.
- TIPPLES, K.H.; PRESTON, K.R.; KILBORN, R.H. Implications of the term strength as related to wheat and flour quality. **Bakers Digest**, Merrian, p.16-20, 1982.
- TOSI, E.A.; RÉ, E.D.; CARBONE, L.; CUNIBERTI, M. Breadmaking quality estimation by fast spectrophotometric method. **Cereal Chemistry**. v.77, n.6, p.699-701. 2000.
- UTHAYAKUMARAN, S.; GRAS, P.W.; STODDARD, F.L.; BEKES F. Effect of varying protein content and glutenin-to-gliadin ratio on the functional properties of wheat dough. **Cereal Chemistry**. V.76, n.3, p.389-394, 1999.
- VASIL I.K.; BEAN, S.; ZHAO, J.; MCCLUSKEY, P.; LOOKHART, G.; ZHAO, H.; ALTPETER, F; VASIL, M. Evaluation of baking properties and gluten protein composition of field grown transgenic wheat lines expressing high molecular weight glutenin gene 1Ax1. **J. Plant Physiol**. v.158, n.6, p.521-528, 2001.
- VERGES R.P.; VÁZQUEZ D.; IBÁÑEZ W. Jornada de Cultivos de Invierno “Trigo: Calidad vs. Rendimiento”. Serie Actividades de Difusión, N°444 ABRIL 2006. Disponível em < http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/ad/ad_444.pdf >. Acesso em 20 de Dezembro de 2007.
- WALL, J.S. In: LAIDMAN, D.L. e WYN-JONES, R.G. Ed. **Recent advances in biochemistry of cereals**, Academic Press, London. p.275–311, 1979.
- WEEGELS, P.L.; HAMER, R.J.; Schofield, J. D. Functional properties of wheat glutenin. **Journal of Cereal Science**. v.23, n.1, p.1-18, 1996.
- WEEGELS, P. L. **Theoretical considerations on glutenin polymerisation**. in: Gluten 96. C. W. Wrigley, ed. RACI: Melbourne, Australia. p.163-168, 1996.
- WEEGELS, P.L.; HAMER, R.J.; SCHOFIELD, J.D. RP-HPLC and capillary electrophoresis of subunits from glutenin isolated by SDS and Osborne fractionation. **Journal of Cereal Science**. v.22, n.3, p.211–224, 1995.
- WIESER, H.; SEILMEIER, W.; BELITZ, H.D. Quantitative determination of gliadina subgroups from different wheat cultivars. **Journal of Cereal Science**. v.19, n.2, p.149-155, 1994.
- WRIGLEY, C.W. Giant proteins with flour power. **Nature**. V.38, p.738-739, 1996.

- WRIGLEY, C.W.; BIETZ, J.A. **Proteins and amino acids**. In: Y. Pomeranz, Ed. *Wheat-Chemistry and Technology* vol. 1, St. Paul American Association of Cereal Chemistry, p. 159–275, 1988.
- WANG, Y.G.; KHAN, K.; HARELAND, G.; NYGARD, G. Quantitative Glutenin Composition from Gel Electrophoresis of Flour Mill Streams and Relationship to Breadmaking Quality. **Cereal Chemistry**. v.83, n.3, p.293-299, 2006.
- ZANATTA, A. C. A.; SILVA, S. D. dos A. e; MILANI, W.; LUZA, J.; ARENDT, P. Uso de marcadores protéicos na seleção de trigo (*Triticum aestivum* L. em. Thell.) com qualidade tecnológica superior na Embrapa Trigo. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2002. 6 p. html (Embrapa Trigo. Comunicado Técnico Online, 85). Disponível: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_co85.htm

ANEXO

Anexo1: Ficha de avaliação das características de panificação.

TESTE DE PANIFICAÇÃO: AVALIAÇÃO SENSORIAL PÃO TIPO FORMA																	
Nome: _____ Data: _____ ____/____/____																	
A avaliação dos pães deverá ser realizada pela comparação entre as amostras das variedades testadas e o pão controle. A amostra controle receberá nota máxima (10) para todos os atributos avaliados. Qualquer amostra que apresentar atributo semelhante, ou melhor, que o controle deve receber nota máxima.																	
Critérios	Pontuação Máxima	amostra															
Características externas	Cor da crosta. (Fatores indesejáveis: não uniforme, opaca, muito clara ou muito escura).	10															
	Quebra e simetria. (Fatores indesejáveis: quebra muito pequena, áspera e/ou desigual; laterais, pontas e parte superior desiguais).	10															
Características internas	Cor do miolo. (fatores indesejáveis: cinza, opaca, desigual e/ou escura).	10															
	Estrutura da célula e textura do miolo (Fatores indesejáveis: células arredondadas na periferia, miolo compacto ou com buracos muito abertos; falta de uniformidade).	10															
Total		40															

Anexo2: Quantidade de água e farinha utilizada nas formulações.

Amostra	Proteína (%)	Umidade (%)	Farinha (g)	Água (mL)
IVI01036	9,54	16,93	36,08	19,67
IVI01043	9,29	14,22	35,00	19,98
IVI01078	9,64	14,01	34,80	20,04
IVI01094	8,49	13,42	34,60	19,59
IVI01120	9,27	13,36	34,60	20,09
IVI01127	9,48	13,16	34,40	20,16
IVI01172	9,35	13,54	34,60	20,10
IVI01265	8,88	13,55	34,60	19,85
IVI01270	9,30	13,53	34,60	19,85
IVI01296	10,02	13,14	34,40	20,41
IVI01313	8,45	13,09	34,40	19,66
IVI01321	9,41	12,76	34,60	20,22
IVI01324	9,49	13,67	34,60	20,10
IVI01453	9,77	14,41	35,01	19,98
IVI01614	9,06	11,21	33,69	20,15
VI00191	8,74	12,87	34,40	19,66
VI00219	8,73	14,51	34,60	19,72
VI01148	10,26	12,96	34,80	20,41
VI01149	9,60	14,07	34,80	20,04
VI03025	9,02	14,06	34,80	19,78
VI03033	8,43	13,63	34,60	19,60
VI03061	8,77	14,34	35,00	19,72
VI03170	8,60	13,30	34,60	19,85
VI03221	9,08	12,85	34,20	19,97
VI03224	8,73	14,62	35,00	19,46
VI03236	8,55	14,49	35,00	19,46
VI98053	9,21	14,67	35,21	19,92
EMBRAPA				
22	10,10	13,30	34,60	15,60
PIONEIRO	8,58	16,65	36,08	19,11

APÊNDICE

ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) PARA OS PARÂMETROS DO GRUPO IVI

Variável dependente: CinzasG

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	P
Tratamento	14	10,2066	0,7290	49,52	<0.0001
Resíduo	13	0,1914	0,0147		
Total	27	10,3980			
C.V.		4,60			

Variável dependente: ProteínaG

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	P
Tratamento	14	193,3458	13,8104	205,58	<0.0001
Resíduo	13	0,8733	0,0672		
Total	27	194,2192			
C.V.		4,60			

Variável dependente: CinzasF

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	P
Tratamento	14	0,2334	0,0167	6,14	<0.0001
Resíduo	13	0,0353	0,0027		
Total	27	0,2687			
C.V.		4.53			

Variável dependente: ProteínaF

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	P
Tratamento	14	33,9842	2,4274	5,29	<0.0001
Resíduo	13	5,9650	0,4588		
Total	27	39,9492			
C.V.		4.06			

Variável dependente: Rendimento

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	P
Tratamento	14	431,7898	30,8421	8,26	<0.0001
Resíduo	13	48,5400	3,7338		
Total	27	480,3298			
C.V.		4.06			

Variável dependente: UPP

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	P
Tratamento	14	246,6564	17,6183	38,52	<0.0001
Resíduo	13	5,9466	0,4574		
Total	27	252,6031			
C.V.		5,14			

Variável dependente: PPP

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	P
Tratamento	14	326,7391	23,3385	16,42	<0.0001
Resíduo	13	18,4733	1,4210		
Total	27	345,2124			
C.V.	4,12				

Variável dependente: PPF

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	P
Tratamento	14	14,8964	1,0640	5,81	<0.0001
Resíduo	13	2,38	0,1831		
Total	27	17,2764			
C.V.	7.31				

Variável dependente: UPPF

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	P
Tratamento	14	4,6724	0,3337	7,23	<0.0001
Resíduo	13	0,6	0,0462		
Total	27	5,2724			
C.V.	7,35				

Variável dependente: CE

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	P
Amostra	14	558,6667	39,9048	6,37	<.0001
Repetição	1	7,5111	7,5111	0,02	0.2771
Provador	2				0.1071
Resíduo	73	28,8667	14,4334	2,30	
total	89	450,9556	6,2633		
C.V.	15.64				

Variável dependente: CI

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	P
Amostra	14	346,0000	24,7143	3,38	0.0003
Repetição	1	0,5444	0,5444	0,07	0.7858
Provador	2	63,2000	31,6000	4,32	0.0169
Resíduo	73	526,7555	7,3160		
total	89	936,5000			
C.V.	17,08				

Variável dependente: CG

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	P
Amostra	14	1.323,6667	94,5476	4,56	<.0001
Repetição	1	4,0111	4,0111	0,19	0.6613
Provador	2	174,8666	87,4333	4,22	0.0185
Resíduo	73	1.491,9556	20,7216		
total	89	2.994,5000			
C.V.	14,30				

Variável dependente: Volume

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	P
Amostra	14	391,1811	27,9415	2,85	<.0001
Repetição	1	11,4013	11,4013	1,16	0.3018
Resíduo	14	137,1387	9,7956		
total	29	536,5727			
C.V.	7,53				

Variável dependente: Volume específico

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	P
Amostra	14	5,3118	0,3794	2,42	0.0002
Repetição	1	0,1804	0,1804	1,15	0.3055
Resíduo	14	2,1929	0,1566		
total	29	7,6400			
C.V.	7,69				

ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) PARA OS PARÂMETROS DO GRUPO VI

Variável dependente: **CinzasG**

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	P
Tratamento	13	2,0020	0,1540	25,34	<0.0001
Resíduo	14	0,0851	0,0061		
Total	27	2,0872			
C.V.	3,36				

Variável dependente: **ProteínaG**

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	P
Tratamento	13	17,6050	1,3542	11,61	<0.0001
Resíduo	14	1,6333	0,1167		
Total	27	19,2383			
C.V.	2,35				

Variável dependente: **CinzasF**

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	P
Tratamento	13	0,5687	0,0437	8,9801	<0.0001
Resíduo	14	0,0682	0,0049		
Total	27	0,0682			
C.V.	7,25				

Variável dependente: **ProteínaF**

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	P
Tratamento	13	29,5681	2,2745	1,8257	<0.0001
Resíduo	14	17,4417	1,2458		
Total	27	47,0098			
C.V.	4.06				

Variável dependente: **Rendimento**

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	P
Tratamento	13	4.027.907	309839,0000	12,4815	<0.0001
Resíduo	14	347.533	24823,7857		
Total	27	4.375.440			
C.V.	2,25				

Variável dependente: **UPP**

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	P
Tratamento	13	256,5762	19,7366	35,49	<0.0001
Resíduo	14	7,7867	0,5562		
Total	27	264,3629			
C.V.	1,14				

Variável dependente: **PPP**

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	P
Tratamento	13	244,8831	18,8372	43,28	<0.0001
Resíduo	14	6,0930	0,4352		
Total	27	250,9764			
C.V.	14,4				

Variável dependente: **PPF**

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	P
Tratamento	13	5,4783	0,4214	2,80	0.0332
Resíduo	14	2,1067	0,1505		
Total	27	7,5850			
C.V.	13,3	480.3298			

Variável dependente: **UPPF**

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	P
Tratamento	13	1,6564	0,1274	3,94	0.0080
Resíduo	14	0,4533	0,0324		
Total	27	2,1098			
C.V.	1,14				

Variável dependente: **CE**

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	P
Amostra	13	351,4872	27	3,13	0,0011
Repetição	1	123,2051	123	14,26	0,0003
Provador	2	48,1026	24	2,78	0,0690
Resíduo	67	579,0769	9		
total	83	990,9872			
C.V.	20,36				

Variável dependente: **CI**

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	P
Amostra	13	137,2051	10,5542	1,91	0,0439
Repetição	1	1,8461	1,8461	0,33	0,5648
Provador	2	104,3333	52,1667	9,46	0,0002
Resíduo	67	369,4871	5,5147		
total	83	612,8718			
C.V.	16,00				

Variável dependente: **CG**

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	P
Amostra	13	767,8462	59,0651	2,76	0,0034
Repetição	1	23,7051	23,7051	1,11	0,2964
Provador	2	279,9231	139,9616	6,54	0,0025
Resíduo	67	1.433,8718	21,4011		
total	83	2.505,3462			
C.V.	15,89				

Variável dependente: **Volume**

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	P
Amostra	13	767,8462	59,0651	17,9551	0,0000
Repetição	1	23,7051	23,7051	7,2061	0,0187
Resíduo	13	42,7649	3,2896		
total	27	1.888,4978			
C.V.	4.36				

Variável dependente: **Volume específico**

Fonte de Variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	P
Amostra	13	18.444	0.1317	4.69	0.0002
Repetição	1	0.0338	0.0169	0.60	0.5549
Resíduo	13	0.7862	0.0281		
total	27	26.644			
C.V.	4.80				

CORRELAÇÕES PARAMÉTRICAS DE PEARSON

Variável	Variável	Observações	Correlação	T	Significância
volume	volume	29	1	*****	0,0000
volume	UPP	29	0,9441	14,8816	0,0000
volume	PP	29	0,3499	1,9411	0,3140
volume	Escore	29	0,6205	4,1113	0,0002
volume	CG	29	0,6521	4,4688	0,0001
volume	PF	29	0,4068	2,3138	0,0143
UPP	volume	29	0,9441	14,8816	0,0000
UPP	UPP	29	1	*****	0,0000
UPP	PP	29	0,2081	1,1056	0,1393
UPP	Escore	29	0,6028	3,9251	0,0030
UPP	CG	29	0,6884	4,9313	0,0000
UPP	PF	29	0,2769	1,4973	0,0730
PPP	volume	29	0,3499	1,9411	0,0314
PPP	UPP	29	0,2081	1,1056	0,1393
PPP	PP	29	1	*****	0,0000
PPP	Escore	29	0,0856	0,4464	0,3294
PPP	CG	29	0,1082	0,5656	0,2882
PPP	PF	29	0,0591	0,3076	0,3804
Escore	volume	29	0,6205	4,1113	0,0002
Escore	UPP	29	0,6028	3,9251	0,0030
Escore	PP	29	0,0856	0,4464	0,3294
Escore	Escore	29	1	*****	0,0000
Escore	CG	29	0,5059	3,0478	0,0026
Escore	PF	29	0,2699	1,4563	0,0784
CG	volume	29	0,6521	4,4688	0,0010
CG	UPP	29	0,6884	4,9313	0,0000
CG	PP	29	0,1082	0,5656	0,2882
CG	Escore	29	0,5059	3,0478	0,0260
CG	CG	29	1	*****	0,0000
CG	PF	29	0,2292	1,2234	0,1159
PF	volume	29	0,4068	2,3138	0,0143
PF	UPP	29	0,2769	1,4973	0,0730
PF	PP	29	0,0591	0,3076	0,3804
PF	Escore	29	0,2699	1,4563	0,0784
PF	CG	29	0,2292	1,2234	0,1159
PF	PF	29	1	*****	0,0000