



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DOS
ALIMENTOS**

TATIANA ORO

**ADAPTAÇÃO DE MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DA
QUALIDADE TECNOLÓGICA DE FARINHA DE TRIGO
INTEGRAL**

**FLORIANÓPOLIS, SC
2013**

Tatiana Oro

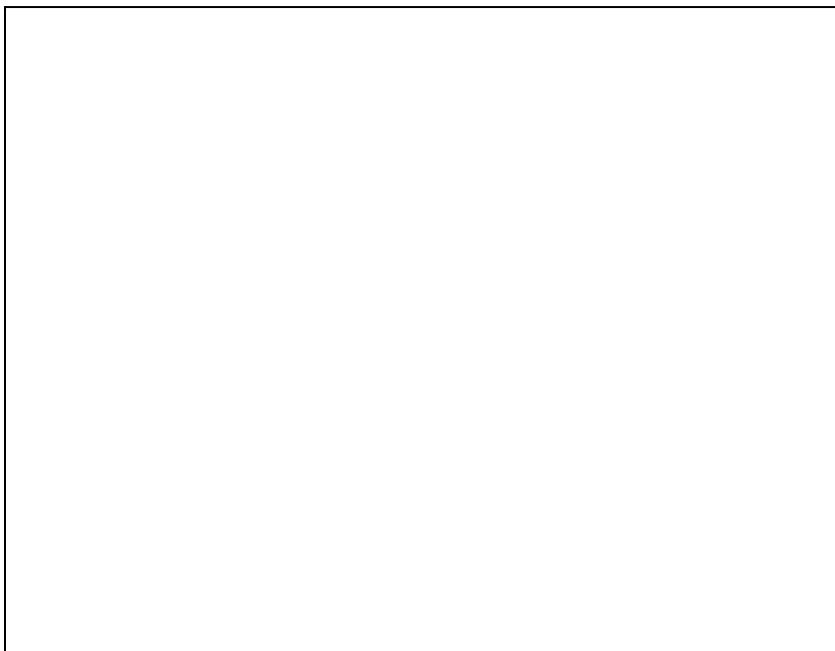
**ADAPTAÇÃO DE MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DA
QUALIDADE TECNOLÓGICA DE FARINHA DE TRIGO
INTEGRAL**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito final à obtenção do título de Doutor em Ciência dos Alimentos.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Alicia de Francisco
Co-orientadora: Dr^a. Martha Zavariz de Miranda

**Florianópolis
2013**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

A large, empty rectangular box with a thin black border, occupying the lower half of the page. It is positioned centrally and appears to be a placeholder for a barcode or other identifying information related to the work.

Folha de assinaturas

*“Tudo o que o
homem não conhece,
não existe para ele. Por
isso, o mundo tem, para
cada um, o tamanho que
abrange o seu
conhecimento.”*

Carlos Petroche

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos aqueles que contribuíram para a realização de mais um objetivo de minha vida, em especial:

À Universidade Federal de Santa Catarina, pelos conhecimentos adquiridos durante os anos de Mestrado e Doutorado.

À Professora Dr^a Alicia de Francisco, pela orientação, amizade e pela oportunidade concedida.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

À Embrapa Trigo, por gentilmente permitir a realização deste trabalho na Unidade de Passo Fundo, RS.

À pesquisadora Dr^a Martha Zavariz de Miranda, da Embrapa Trigo, de Passo Fundo, RS, por sua orientação, incansável dedicação, amizade e apoio desde o período de minha Graduação. Sem sua valiosa ajuda a realização deste trabalho não teria sido possível.

Aos funcionários do Laboratório de Qualidade de Trigo da Embrapa Trigo, em especial aos amigos Pihetra Tatsch, Ellen Rogoski e Rogério Delanora, pela ajuda, amizade e pela convivência alegre.

À pesquisadora Dra. Gisele A. M. Torres, do Laboratório de Biotecnologia da Embrapa Trigo e à Patrícia Palaoro, pelo apoio na condução das análises de Perfil de Gluteninas de Alto Peso Molecular.

Aos pesquisadores Dr. Manoel Carlos Bassói, da Embrapa Soja e Dr. Luiz Eichelberger, da Embrapa Trigo, por gentilmente fornecerem as amostras de cultivares para os testes do capítulo 5 deste trabalho.

Ao Professor Dr. Luiz Carlos Gutkoski, coordenador do Laboratório de Cereais da Universidade de Passo Fundo, por disponibilizar equipamentos para análises de RVA e Perfil de Textura de Pães.

Aos funcionários do Laboratório de Cereais da Universidade de Passo Fundo, em especial à Tânia Santetti e Angélica Deon, pelo auxílio com as análises de RVA e Perfil de Textura de Pães.

À Granotec do Brasil, em especial à Paola Lopes e Divanildo J. B. Carvalho Junior, pela presteza em ceder o equipamento para análise de Mixolab e por receber-nos tão gentilmente em Curitiba.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, da UFSC, por serem fundamentais na aquisição de conhecimentos para a minha formação profissional.

À grande e querida Família Ceres, da UFSC, Bruna Mattioni, André Luiz Antunes, Marivone R. Borges, Valéria M. Limberger, Gisele Ferreira, Tatiana Ferrari, Heloisa Vianna, Sabrina M. de Carvalho, Patricia M. Scheuer, Paola Urón, Carolina M. Noronha e Aline Chan, pela convivência, amizade, companheirismo e pelo cheirinho de café todas as manhãs.

Aos colegas da Pós-Graduação, em especial aos amigos, Roberta J. Ramos, Ana Cristina do Prado, Jucieli Weber, Jefferson Rotta, Bianca Beal, Bruna Scaranto, Krischina Aplevicz, Carla Mello, Andréia Dinon, Eunice Ilha, pela amizade, pelo incentivo, por compartilharem os momentos bons e ruins, experiências e conhecimentos.

Aos funcionários do Departamento de Ciência e Tecnologia dos Alimentos, da UFSC, no desempenho de suas funções.

Aos tios, Judith e Evangelino Bertolin, por gentilmente me acolherem em sua casa em Passo Fundo.

À prima, Professora Dra. Telma Elita Bertolin, e aos pequenos, João Pedro e Henrique, pela alegria dos finais de semana.

Aos amigos de Passo Fundo, em especial à colega da UPF, Professora Dr^a Andrea Oltramari, pelo incentivo e companheirismo.

Ao meu namorado, Eng. Agrônomo Carlos R. Dellavalle Filho, pelo apoio nos momentos difíceis desta caminhada, por toda a ajuda, pelo amor e por fazer parte da minha vida.

Aos meus irmãos, Juliana e Francisco, pelo incentivo e por serem os melhores amigos que eu poderia desejar ter.

Aos meus amados pais, Janices e José Carlos, pela confiança, pela paciência e apoio incondicionais.

A Deus, pela vida.

ORO, Tatiana. **Adaptação de métodos para avaliação da qualidade tecnológica de farinha de trigo integral**. 2013. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC.

RESUMO

O trigo é amplamente consumido nos países de produção primária e em outros onde ele não é adaptado para a produção. É importado para suprir a demanda dos consumidores por pães e outros produtos alimentícios nos países dos trópicos úmidos onde existe aumento da demanda deste cereal. O Brasil não é autossuficiente no abastecimento interno de trigo e necessita de trigo importado para atender às suas necessidades. O aumento da demanda por trigo é acompanhado pelo aumento do consumo de farinha de trigo integral, à qual não possui legislação específica. O objetivo deste trabalho foi adaptar métodos para a avaliação da qualidade tecnológica de farinha integral de trigo, testando os protocolos das metodologias estabelecidas com cultivares de trigo brasileiro. Para isto, o trabalho foi dividido em duas etapas. Na primeira, foram utilizadas farinhas refinadas e integrais e mesclas de farinha refinada com farinha integral, nas proporções de 20, 40, 60 e 80%, obtidas a partir de amostras de dois fornecedores comerciais, totalizando seis tratamentos por fornecedor, visando adaptar métodos de avaliação da qualidade tecnológica para farinhas integrais de trigo. As amostras foram caracterizadas quanto às características físico-químicas e reológicas, além de serem utilizadas para a adaptação de teste de panificação em pequena escala. Estes testes foram realizados para verificar o comportamento das farinhas integrais e relacioná-los com as suas respectivas farinhas refinadas. Na segunda etapa, para validar os métodos adaptados, foram utilizadas amostras de cultivares de trigo com diferentes características de qualidade tecnológica, fornecidas pela Embrapa. Nesta, as amostras foram avaliadas através das características físico-químicas, reológicas e de teste de panificação para validar os métodos adaptados na primeira etapa. Os resultados da primeira etapa do trabalho mostraram que as metodologias testadas foram efetivas tanto para avaliação da qualidade tecnológica de farinhas refinadas, quanto de farinhas integrais e suas mesclas com farinhas refinadas. As fibras presentes nas farinhas integrais interferiram nos atributos de qualidade tecnológica proporcionalmente ao seu aumento nas mesclas com farinha refinada. Para as propriedades de pasta das farinhas analisadas, a

viscosidade máxima diminuiu proporcionalmente com o aumento de farinha integral na mescla; e farinhas com os maiores valores de quebra e de viscosidade mínima à temperatura constante foram encontrados em farinhas com pico de viscosidade elevado. A presença de maiores teores de farinha integral diminuiu a viscosidade final e de tendência à retrogradação da mescla. O RVA pode ser usado para ajudar a formular mesclas de farinha integral com farinha refinada com propriedades de pasta específicas. O Teste Instrumental de Panificação demonstrou a influência do teor de fibras na qualidade de panificação e sua eficiência em diferenciar a qualidade de panificação de farinhas. Os resultados da segunda etapa demonstraram diminuição nos critérios de qualidade avaliados, como menor tolerância à mistura, menor volume dos pães elaborados, teor de glúten e atributos de textura inferior, o que demonstrou a necessidade de realizar testes específicos para avaliar a qualidade de farinha integral. Mostraram também que, através dos métodos adaptados, é possível diferenciar a qualidade tecnológica de cultivares de trigo, selecionando aquelas que fornecem farinhas integrais mais adequadas à produção de pães.

Este trabalho cumpriu com a proposta de fornecer suporte para que seja iniciada a avaliação de qualidade tecnológica de farinhas integrais, que faz parte de um mercado crescente.

Palavras-chave: trigo, qualidade tecnológica, análises de qualidade, trigo integral

ORO, Tatiana. **Adaptation of methods for whole wheat flour technological quality assessment**. 2013. Thesis (Doctoral on Food Science) – Postgraduate Program in Food Science, Federal University of Santa Catarina, Florianópolis - SC.

ABSTRACT

Wheat is widely consumed in countries where it is considered a primary production and in other countries where it is not suited for production. It is imported to provide consumer demand for breads and other food products in humid tropics countries where there is an increasing demand for this cereal. Brazil is not self-sufficient in wheat domestic supply and needs to import it to meet its needs. The increased demand for wheat is accompanied by increased consumption of whole wheat flour, which has no specific legislation. The objective of this study was to adapt methods for assessing whole wheat flour technological quality, testing established methodology protocols with Brazilian wheat cultivars. For this, the work was divided into two stages. In the first one, refined flour, whole flour and blends of whole and refined flour, obtained from samples from two commercial providers were used, to adapt technological quality evaluation methods for wholemeal wheat, and in the second stage, wheat cultivar samples with different technological quality characteristics, supplied by Embrapa were used, to validate the adapted methods. The first stage samples were characterized according to physico-chemical and rheological properties and for their pasta properties, besides being used for the adaptation of a small scale baking test. These tests were conducted to verify the behavior of wholemeal and relate them to their respective refined flours. In the second stage, the samples were evaluated through physico-chemical, rheological and baking test to validate the adapted methods in the first stage. The first stage work results showed that the tested methods were effective as for refined flour, as for the whole flours and their blends with refined flours technological quality evaluation. The fiber present in whole flours interferes in technological quality attributes proportionally to their increase in blends with refined flour. For pasting properties of analysed wheat flour, maximum viscosity decreased proportionally with the increase of wholemeal flour in the blend; and flours with the highest values of breakdown and minimum viscosity at constant temperature were found in flours with high peak viscosity. The presence of larger amounts of whole flour decreased the final viscosity and retrogradation tendency of the blend. The RVA can be used to help formulate mixtures of whole flour with refined flour with specific pasta properties. The

Baking Test demonstrated the fiber content influence in baking quality and its efficiency in differentiating the baking flour quality. Results of the second stage showed a decrease in the quality criteria evaluated, as less tolerance to mixing, lower volume of prepared breads, and lower gluten content and texture attributes, demonstrating the need to perform specific tests to evaluate the whole flour quality. They also showed that, through the adapted methods, it is possible to differentiate wheat cultivar technological quality, selecting the ones that produce more adequate whole flours for bread production. This study fulfilled the objective to provide support to start the whole flour technological quality evaluation, which is part of a growing market.

Keywords: wheat, technological quality, quality analysis, whole wheat

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1.1 Corte longitudinal e transversal do grão de trigo.....	31
Figura 1.2 Estrutura química básica da amilose (A) e da amilopectina.....	34
Figura 1.3 Processo básico de moagem experimental de grãos de trigo em moinho Brabender Quadrumat Senior.....	40
Figura 1.4 Esquema de funcionamento do equipamento de falling number.....	48
Figura 1.5 Esquema geral para determinação do teor de glúten.....	49
Figura 1.6 Alveógrafo.....	50
Figura 1.7 Ilustração da bolha de ar formada na alveografia.....	51
Figura 1.8 Representação de alveograma típico.....	51
Figura 1.9 Esquematização de análise de alveografia.....	52
Figura 1.10 Farinogramas típicos de farinhas de trigo com glúten fraco e forte.....	57
Figura 1.11 Curva de viscosidade típica do RVA.....	58
Figura 1.12 Curva típica de análise de perfil de textura.....	68

CAPÍTULO 2

Figura 2.1 Perfil de gluteninas de alto peso molecular das amostras de farinha de trigo refinada e A e B.....	112
---	-----

CAPÍTULO 3

Figura 3.1 Curva de viscosidade típica do Analisador Rápido de Viscosidade (RVA).....	127
Figura 3.2 Propriedades de pasta das amostras dos fornecedores A e B analisadas em RVA.....	129

CAPÍTULO 4

Figura 4.1 Dimensões das formas utilizadas no teste de panificação em pequena escala.....	143
---	-----

Figura 4.2 Fluxograma do processo de elaboração dos pães e sequencia das análises realizadas.....145

Figura 4.3a Pães elaborados com as farinhas do fornecedor A.....150

Figura 4.3b Pães elaborados com as farinhas do fornecedor B.....151

CAPÍTULO 5

Figura 5.1 Dimensões das formas utilizadas no teste de panificação em pequena escala.....161

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1.1 Cultivares padrões utilizadas nas análises em SDS-PAGE.....61

Tabela 1.2 Relação das subunidades de gluteninas de alto peso molecular e respectivos escores para qualidade em panificação.....62

CAPÍTULO 2

Tabela 2.1 Caracterização física das amostras de grãos A e B.....91

Tabela 2.2 Análise de cor e atividade de água das amostras de farinhas A e B e mesclas.....94

Tabela 2.3 Diâmetro de partícula das amostras de farinha A e B e suas mesclas.....97

Tabela 2.4 Teor de glúten e atividade da enzima α -amilase das amostras de farinha de trigo A e B e suas mesclas.....99

Tabela 2.5 Composição química das amostras de farinhas A e B e suas mesclas (%).....102

Tabela 2.6 Parâmetros alveográficos das amostras de farinha de trigo A e B e suas mesclas.....106

Tabela 2.7 Parâmetros farinográficos das amostras de farinha de trigo A e B e suas mesclas.....109

Tabela 2.8 Perfil de gluteninas de alto peso molecular (HMW-GS) das amostras de trigo.....111

CAPÍTULO 3

Tabela 3.1 Propriedades de pasta das farinhas das amostras de trigo A e B e suas mesclas.....128

CAPÍTULO 4

Tabela 4.1 Proporções dos ingredientes utilizados na formulação dos pães.....142

Tabela 4.2 Resultados da análise das características dos pães elaborados com as farinhas dos fornecedores A e B e suas mesclas.....147

Tabela 4.3 Correlação entre as variáveis analisadas.....	148
--	-----

CAPÍTULO 5

Tabela 5.1 Proporções dos ingredientes utilizados na formulação dos pães.....	160
---	-----

Tabela 5.2 Caracterização individual das amostras de grãos de trigo.....	163
--	-----

Tabela 5.3 Diâmetro de partícula das amostras de farinhas refinadas e integrais.....	165
--	-----

Tabela 5.4 Teor de umidade e glúten das amostras de farinhas refinada e integrais.....	167
--	-----

Tabela 5.5 Parâmetros farinográficos das amostras de farinhas refinadas e integrais.....	173
--	-----

Tabela 5.6 Resultados da análise das características dos pães elaborados no teste de panificação.....	178
---	-----

Tabela 5.7 Resultados obtidos para análise de textura de pães.....	182
--	-----

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	25
CAPÍTULO 1	27
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	27
1.1 TRIGO.....	28
1.1.1 Produção	28
1.1.2 Origem e identidade	28
1.1.3 Estrutura do grão de trigo	29
1.1.4 Composição química	32
1.1.4.1 Umidade	32
1.1.4.2 Carboidratos	33
1.1.4.3 Proteínas.....	37
1.1.4.4 Lipídeos.....	38
1.1.4.5 Vitaminas e Minerais	39
1.1.5 Moagem e Processamento	39
1.1.6 Grãos integrais	42
1.2 ANÁLISES DE QUALIDADE DE TRIGO E FARINHA DE TRIGO	46
1.2.1 Índice de Dureza do Grão	46
1.2.2 Falling Number	47
1.2.3 Teor de glúten	48
1.2.4 Alveografia	50
1.2.5 Farinografia	54
1.2.6 Análise Rápida de Viscosidade - RVA	57
1.2.7 Extração das Proteínas de Reserva do Trigo	59
1.2.8 Panificação Experimental	62
1.2.9 Perfil de textura de pães	67
1.3 Avaliação da qualidade tecnológica de farinhas integrais de trigo..	68
1.4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
CAPÍTULO 2	83

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E REOLÓGICA DE FARINHAS INTEGRAIS DE TRIGO (<i>TRITICUM AESTIVUM</i> L.) E SUAS MESCLAS COM FARINHA REFINADA	85
2.1 INTRODUÇÃO	85
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	87
2.2.1 Material.....	87
2.2.1.1 Grão e farinha integral de trigo	87
2.2.1.2 Amostras de farinha de trigo refinada.....	87
2.2.1.3 Obtenção das mesclas de FI e FR	88
2.2.2 Métodos.....	88
2.2.2.1 Caracterização físico-química	88
2.2.2.2 Composição química aproximada.....	89
2.2.2.3 Caracterização reológica	90
2.2.2.4 Perfil de gluteninas de alto peso molecular.....	90
2.2.2.5 Análise estatística dos resultados	91
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	91
2.3.1 Caracterização física dos grãos de trigo.....	91
2.3.2 Caracterização físico-química das amostras de farinhas e suas mesclas.....	94
2.3.3 Composição química aproximada das amostras de farinhas e suas mesclas	101
2.3.4 Caracterização reológica das amostras de farinha A e B e suas mesclas.....	105
2.4 CONCLUSÕES	113
2.5 REFERÊNCIAS.....	114
CAPÍTULO 3	121
PROPRIEDADES DE PASTA DE MESCLAS DE FARINHA INTEGRAL COM FARINHA REFINADA USADAS NA PRODUÇÃO DE PÃES.....	123
3.1 INTRODUÇÃO	124
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	125
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	127
3.4 CONCLUSÃO	134

3.5 AGRADECIMENTOS	134
3.6 REFERÊNCIAS	134
CAPÍTULO 4.....	137
ADAPTAÇÃO DE MÉTODO DE PANIFICAÇÃO PARA AVALIAÇÃO DE CULTIVARES DE TRIGO EM PROGRAMAS DE MELHORAMENTO	139
4.1 INTRODUÇÃO	140
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	141
4.2.1 Material.....	141
4.2.1.1 Amostras de trigo	141
4.2.2 Métodos experimentais	141
4.2.2.1 Teste instrumental de panificação	141
4.2.2.2 Avaliação das características de qualidade de pães.....	144
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	145
4.4 CONCLUSÃO	151
4.5 REFERÊNCIAS	152
CAPÍTULO 5.....	153
AVALIAÇÃO DE QUALIDADE TECNOLÓGICA DE FARINHA INTEGRAL OBTIDA DE CULTIVARES DE TRIGO BRASILEIRAS	155
5.1 INTRODUÇÃO	156
5.2 MATERIAL E MÉTODOS	157
5.2.1 Material.....	157
5.2.1.1 Amostras de trigo	157
5.2.2 Métodos experimentais	158
5.2.2.1 Sistema de caracterização individual dos grãos de trigo	158
5.2.2.2 Moagem do trigo	158
5.2.2.3 Análise granulométrica das farinhas	158
5.2.2.4 Teor de umidade das farinhas.....	158
5.2.2.4 Teor de glúten.....	159
5.2.2.5 Farinografia	159
5.2.2.6 Teste de panificação experimental	159

5.2.2.7 Avaliação das características de qualidade de pães.....	161
5.2.2.8 Análise de perfil de textura de pães	161
5.2.2.9 Análise estatística dos resultados.....	162
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	163
5.4 CONCLUSÃO	184
5.5 REFERÊNCIAS.....	184
CONCLUSÕES	189
CONCLUSÃO GERAL	191
ANEXOS.....	193

INTRODUÇÃO

O trigo é amplamente consumido pelos humanos nos países de produção primária (os quais contabilizam mais de 100) e em outros países onde não é adaptado para a produção. O trigo é importado para suprir a demanda dos consumidores por pães e outros produtos alimentícios nos países dos trópicos úmidos, principalmente naqueles em que a tradição culinária remonta à ocupação colonial. Estatísticas a respeito do volume de trigo que é consumido diretamente pelos humanos em comparação ao que serve para alimentação animal ainda não são disponíveis (SHEWRY, 2009).

O consumo de trigo nos países tropicais tem aumentado na ordem de 2 a 5% ao ano. Paralelamente, as importações de trigo por estes países têm aumentado, já que sua produção interna não atende à demanda de consumo. O Brasil não é autossuficiente no abastecimento interno de trigo e, por isso, necessita de trigo importado para atender às suas necessidades internas. Nos últimos anos, o Brasil tem se tornado um dos maiores importadores mundiais de trigo, superando países que ocupavam lugar entre os maiores compradores do mercado internacional, como o Japão, o Egito e o Irã (COSTA et al., 2008).

No Brasil, o trigo é uma cultura de inverno, e é cultivado em grande parte na região Sul. Muitas vezes, o trigo é cultivado como cultura de rotação, principalmente com a soja, que é uma cultura de verão.

A farinha de trigo, por ser um produto do beneficiamento de matéria prima alimentar, é considerada passível de sofrer alterações na sua qualidade nutricional e tecnológica ao longo do armazenamento, principalmente quando se trata de farinha de trigo integral, que possui em sua constituição, componentes como algumas enzimas e lipídeos que podem acelerar o processo de degradação, causando perdas aos produtores e aos mercados a que se destina.

No Brasil, é comum encontrar farinha de trigo originada pela mistura de farelo à farinha refinada em diferentes proporções após a moagem e que é vendida como farinha integral de trigo. A carência de legislação específica para farinha integral provê a possibilidade para este tipo de comércio. Além disso, em todo o mundo, são escassas as

análises padronizadas para avaliação de qualidade desta farinha na forma de produto final.

O objetivo geral deste trabalho foi adaptar métodos para a avaliação da qualidade tecnológica de farinha integral de trigo, testando os protocolos das metodologias estabelecidas com cultivares de trigo brasileiro.

O trabalho experimental foi dividido em duas etapas (conforme Anexo A). Na primeira (capítulos 2, 3 e 4), foram utilizadas as farinhas obtidas a partir das amostras dos fornecedores (A) e (B), a fim de adaptar métodos de avaliação da qualidade tecnológica para farinhas integrais de trigo, e na segunda etapa (capítulo 5), foram utilizadas amostras de trigo de variedades conhecidas, fornecidas pela Embrapa para testar os métodos adaptados.

Assim, os objetivos específicos foram:

- caracterizar farinhas integrais, quanto às suas características físico-químicas e reológicas, relacionando-as com suas respectivas farinhas de trigo refinadas;
- caracterizar farinhas integrais, quanto às suas propriedades de pasta comparadas com as de farinhas refinadas usadas na produção de pães no Brasil;
- adaptar metodologia para teste de panificação em pequena escala (35 g de massa) para verificar o comportamento de farinhas integrais, refinadas e suas mesclas em diferentes proporções, para uso em programas de melhoramento genético de trigo;
- avaliar, através de características físico-químicas, reológicas e teste de panificação, a qualidade tecnológica de farinhas integrais obtidas de cultivares de trigo brasileiras, comparando com suas respectivas farinhas refinadas, para selecionar cultivares mais adequadas para produção de pães.

CAPÍTULO 1
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 TRIGO

1.1.1 Produção

O trigo (*Triticum aestivum*) é conhecido como uma das três grandes culturas de cereais e sua produção mundial chega a ultrapassar 670 milhões de toneladas ao ano. A previsão do *International Grain Council* (IGC) para o ano-safra 2012/2013 é de 676 milhões de toneladas de trigo, 5 milhões de toneladas a menos do que no ano-safra 2011/2012 (IGC, 2011).

No Brasil, a produção anual de trigo oscila entre 5 e 6 milhões de toneladas. Ele é cultivado em cerca de 90% na região Sul, nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná e vem sendo introduzido, em menor número, nas regiões Sudeste e Centro-oeste, nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Goiás e também no Distrito Federal. O consumo anual de trigo no país tem se mantido em torno de 10 milhões de toneladas ao ano, sendo que no ano-safra 2012/13 estima-se que sejam importadas 5,8 milhões de toneladas, o que corresponde a 56% da demanda interna. A estimativa para a produção nacional da safra 2012/13 é de 5,1 milhões de toneladas, 11,8% menor que a da safra 2011/2012, geradas pela produtividade média prevista de 2.655 kg de grãos por hectare (CONAB, 2012).

1.1.2 Origem e identidade

O primeiro cultivo de trigo ocorreu a cerca de 10 mil anos, como parte da revolução neolítica, que passou pela transição entre a caça e a coleta de alimentos para a agricultura permanente. As primeiras formas cultivadas foram diplóides (genoma AA) e tetraplóides (genoma AABB). Suas relações genéticas indicam que elas são originadas da parte sudeste da Turquia (SHEWRY, 2009).

O trigo, pertence à família *Poaceae*, subfamília *Pooideae* e ao gênero *Triticum*. As diferentes espécies de trigo são classificadas de acordo com o número de cromossomos. Como o número básico de cromossomos para trigo, cevada, centeio e aveia é sete, o trigo diplóide possui 14 cromossomos (como o *Triticum monococcum*), o trigo tetraplóide possui 28 cromossomos (como a forma cultivada *Triticum durum*) e o trigo hexaplóide, conhecido como trigo comum (*Triticum aestivum*), possui 42 cromossomos (POPPER et al., 2006).

Pela Instrução Normativa nº 7 (IN 7), de 15 de agosto de 2001, o trigo era classificado comercialmente em melhorador, pão, brando, para outros usos e trigo durum, levando-se em conta os valores de força de glúten (W), da alveografia e de número de queda (NQ) (BRASIL, 2001).

Contudo, está em vigor, desde julho de 2012, a Instrução Normativa nº 38 (IN 38), de 30 de novembro de 2010, que classifica o trigo em cinco classes: Melhorador, Pão, Doméstico, Básico e para Outros Usos, definidas em função dos resultados de força de glúten (W), da alveografia e/ou da estabilidade (da farinografia), e de NQ, para as quatro últimas classes. Para a classe Melhorador é necessário realizar as três análises. Pela mesma legislação o trigo é enquadrado em três tipos, em função do limite mínimo do peso do hectolitro e dos limites máximos dos percentuais de grãos danificados, de umidade, e de matérias estranhas e impurezas (BRASIL, 2010).

Os genótipos da classe Melhorador são aptos para uso na produção de massas alimentícias, biscoitos tipo "crackers", pães industriais e em misturas com cultivares de trigo mais fraco (das classes de trigo Doméstico/Básico, pela IN 38) para fins de panificação. As cultivares da classe Pão são indicadas para produção de massas alimentícias secas, biscoitos tipo "cracker" e panificação industrial.

1.1.3 Estrutura do grão de trigo

O trigo é uma cariópse com semente única. O tamanho dos grãos é de cerca de 8 mm com 35 mg de peso, entretanto, ele pode variar amplamente de acordo com a variedade e a posição do grão na espiga. Os grãos de trigo são arredondados na parte dorsal e possuem um sulco ao longo da parte ventral (HOSENEY, 1991).

O trigo, assim como outros membros da família das Poáceas produz semente que não abre quando madura (GWIRTZ; WILLYARD; Mc FALL, 2006). O grão de trigo é constituído pelo pericarpo, endosperma e germe (QUAGLIA, 1991).

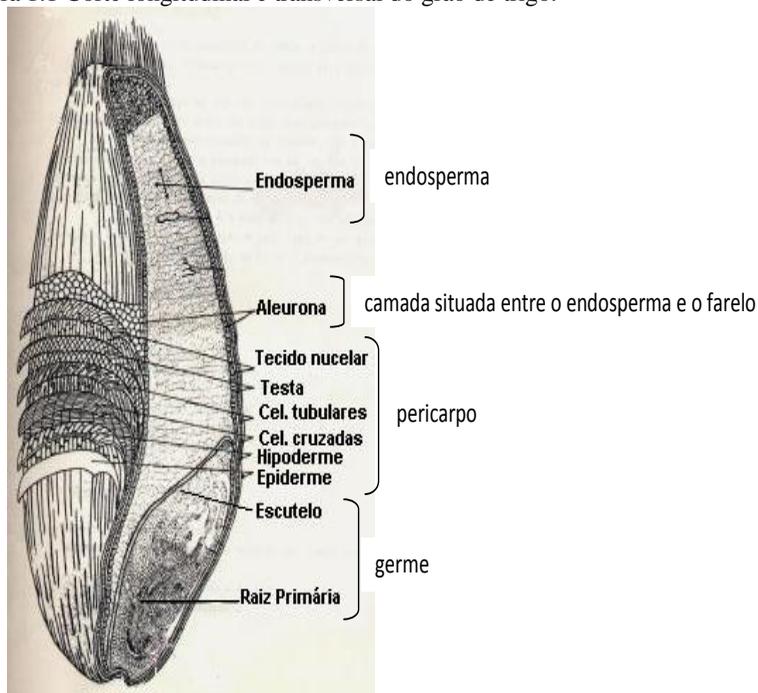
O pericarpo envolve a semente agindo como capa protetora. Ele é composto por várias camadas que ficam posicionadas em direção ao centro da semente: epiderme, hipoderme, células intermediárias, células cruzadas e células tubulares. No sulco da semente de trigo, une-se o

tegumento e juntos eles formam um revestimento em torno do germe e do endosperma (GWIRTZ; WILLYARD; Mc FALL, 2006).

O endosperma é formado por células de parede delgada (periféricas, prismáticas e centrais) que variam de tamanho, forma e composição em suas diferentes partes. O conteúdo e as paredes celulares das células do endosperma constituem a farinha. As células são repletas de grãos de amido incluídos em uma matriz proteica (HOSENEY, 1991).

O germe está constituído por duas partes principais: eixo embrionário (raiz e talo rudimentares) e escutelo, que tem papel de armazenamento. O germe é rico em proteínas, açúcares, gorduras, vitaminas e minerais e é responsável pelo desenvolvimento de uma nova planta (HOSENEY, 1991; QUAGLIA, 1991). A Figura 1.1 ilustra o grão de trigo em corte longitudinal e transversal.

Figura 1.1 Corte longitudinal e transversal do grão de trigo.



Fonte: Adaptado de Hosenev (1991).

1.1.4 Composição química

1.1.4.1 Umidade

O conteúdo de água do grão de trigo é muito variável e depende do clima e do ambiente onde ele foi cultivado. Ele pode variar de 8%, em regiões de climas secos até 17-18%, para grãos produzidos em regiões de clima úmido. No caso de grãos úmidos é necessário um processo de secagem para reduzir o a umidade até o teor ideal de 13% (QUAGLIA, 1991).

No armazenamento com temperatura ou teor de água elevadas, pode ocorrer o desenvolvimento de pragas e fungos, que danificam os grãos e alteram a qualidade tecnológica da farinha (KOCH et al., 2006).

O conteúdo de umidade de uma farinha é importante não apenas para determinar a sua vida de prateleira, mas também para conhecer o conteúdo de sólidos (POPPER; SCHÄFER; FREUND, 2006). O conteúdo de água representa um índice comercial importante, visto que influencia o peso específico do grão e igualmente na conservação da farinha e de suas características tecnológicas (QUAGLIA, 1991).

A secagem dos produtos agrícolas é o processo mais utilizado para assegurar sua qualidade e estabilidade durante o armazenamento. A diminuição da quantidade de água reduz a atividade biológica e as mudanças químicas e físicas que ocorrem durante o período de pós-colheita. A conservação pela secagem baseia-se no fato de que tanto os micro-organismos, quanto as enzimas e todo o mecanismo metabólico, necessitam de água para suas atividades. Com a redução da quantidade de água disponível até níveis seguros para armazenagem, são reduzidos a atividade de água, a velocidade das reações químicas no produto e o desenvolvimento de micro-organismos (GONELI et al., 2007).

A secagem pode ser realizada por meio de vários métodos, desde a secagem natural até a secagem mecânica, que inclui a estacionária e as convencionais, contínua, intermitente e seca-aeração (BIAGI et al., 2002). Na secagem, devem ser evitadas fermentações durante o processo, assim como o excesso de temperatura. A secagem deve ser feita até a obtenção do grau de umidade conveniente (ELIAS et al., 2007).

1.1.4.2 Carboidratos

Os carboidratos são, quantitativamente, os componentes mais importantes do grão maduro, constituindo cerca de 70% do seu peso seco. Eles incluem predominantemente amido (60 a 68%), mas também pentosanas (6,5%), celulose (2 a 2,5%) e 1,5% de açúcares redutores (QUAGLIA, 1991).

A grande maioria dos alimentos são multicomponentes, compostos por sistemas formados por misturas complexas de água, polissacarídeos, proteínas, lipídeos e numerosos constituintes presentes em menores quantidades. O amido está presente como um macroconstituente e suas propriedades e interações com outros componentes, especialmente água e lipídeos, são de interesse para a indústria de alimentos e para a nutrição humana. O amido contribui entre 50 e 70% da energia da dieta humana, e se constitui em uma fonte direta de glicose, que é o substrato essencial para o cérebro, células vermelhas do sangue para a geração de energia metabólica (COPELAND et al., 2009).

O amido é o componente glicídico mais relevante do trigo e sua importância tecnológica deve-se à sua capacidade de absorver água (QUAGLIA, 1991). Ele é um material de grande relevância para a indústria. Aproximadamente, 60 milhões de toneladas de amido são extraídas anualmente em todo o mundo, originadas de diferentes culturas de tubérculos, cereais e raízes, das quais cerca de 60% são utilizadas em alimentos e 40% em produtos farmacêuticos e fins não-comestíveis (BURRELL, 2003).

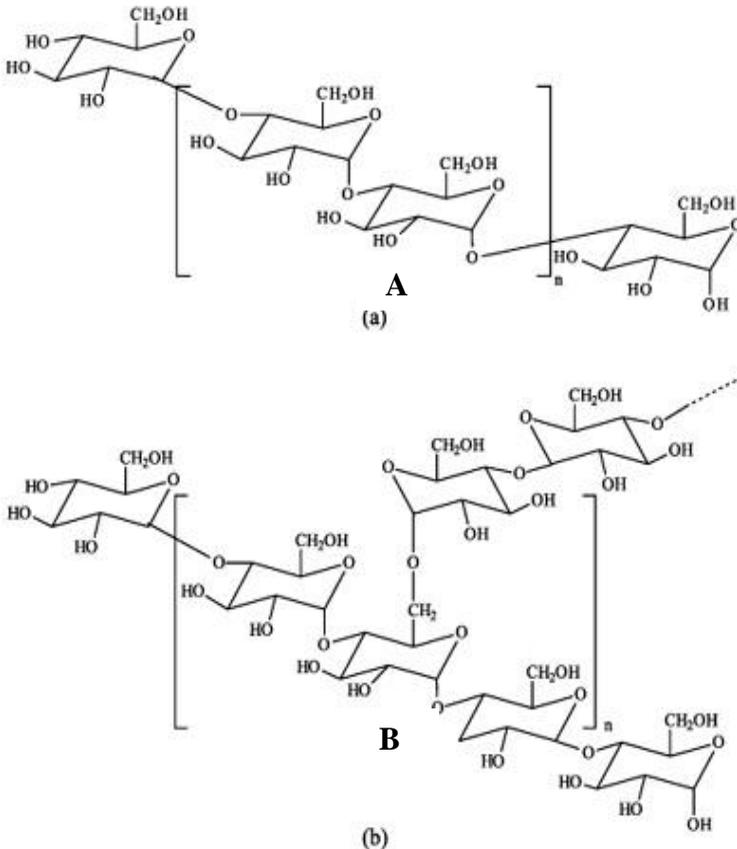
A funcionalidade do amido influencia ou controla propriedades como textura, volume, consistência, umidade e vida de prateleira de alimentos (YONEMOTO et al., 2007). Ele é composto fundamentalmente por α -D-glicose, um açúcar comum de seis carbonos. Quimicamente, é possível distinguir dois tipos de polímeros de glicose, a amilose e a amilopectina (HOSENEY, 1991).

A amilose é um polímero predominantemente linear de α -D-glicose, unidas por ligações α -1,4. Sua natureza linear confere algumas propriedades, como por exemplo, a capacidade de formar complexos com o iodo, álcoois ou ácidos orgânicos e sua conformação e quantidade possuem influência significativa na gelatinização e retrogradação do amido (HOSENEY, 1991; SHAO et al., 2007). Isso a caracteriza como

responsável pela absorção de água e pela formação de géis que originam redes tridimensionais (CHEFTEL; CHEFTEL, 1992).

A amilopectina, assim como a amilose, é formada por moléculas de α -D-glicose unidas por ligações α -1,4. Porém, ela é mais ramificada e possui cerca de 4-5% de ligações α -1,6. A molécula de amilopectina possui três tipos de cadeias: cadeias A, compostas por glicose com ligações α -1,4; cadeias B, compostas por glicose com ligações α -1,4 e α -1,6; e cadeias C, com ligações α -1,4 e α -1,6 e um grupo redutor (HOSENEY, 1991). A Figura 1.2 apresenta a estrutura básica da amilose e da amilopectina.

Figura 1.2 Estrutura química básica da amilose (A) e da amilopectina (B).



O amido é encontrado nas plantas na forma de grânulos. Os grânulos de amido de trigo podem ser divididos nos tipos A e B de acordo com o seu tamanho e forma. O amido de trigo possui distribuição bimodal em relação ao tamanho, com grânulos tipo A que apresentam formato lenticular, diâmetro entre 10 e 35 μm e somam cerca de 3% dos grânulos de amido do endosperma e grânulos tipo B, com formato esférico, diâmetro $< 10 \mu\text{m}$, e que contabilizam aproximadamente 90% dos grânulos de amido (STODDARD, 1999).

Os dois tipos de grânulos de amido diferem em suas propriedades químicas e físicas, podendo apresentar diferentes usos finais. O tamanho dos grânulos afeta a composição do amido e suas características físico-químicas e funcionais (SOH et al., 2006; YONEMOTO et al., 2007). Grânulos pequenos podem ser usados como substitutos de gorduras, enquanto os maiores podem ser aplicados na manufatura de filmes plásticos biodegradáveis (YONEMOTO et al., 2007).

A maior relação entre superfície e volume dos grânulos B é associada à maior taxa de absorção de água em relação aos grânulos tipo A, o que exerce influência nas etapas de mistura e cozimento dos produtos (STODDARD, 1999).

Soh et al. (2006), concluíram que as propriedades de pasta da farinha estão intimamente relacionadas com a distribuição dos grânulos de amido. Os grânulos tipo A possuem menor pico de viscosidade do que o grânulos tipo B. Estas diferenças fazem com que os dois tipos de grânulos sejam utilizados em distintas aplicações industriais (PETERSON; FULCHER, 2001). Conforme Yonemoto et al. (2007), o poder de intumescimento, gelatinização e a retrogradação são influenciadas pelo conteúdo de amilose e de lisofosfolipídeos. Os grânulos tipo B possuem menor teor de amilose e maior conteúdo de lisofosfolipídeos quando comparados aos grânulos tipo A.

Apesar de serem componentes minoritários, os lipídeos podem desempenhar papel significativo na determinação das propriedades do amido. O conteúdo de lipídeos e a composição dos grânulos de amido varia entre as espécies de plantas (COPELAND et al., 2009).

Os lipídeos dos grânulos de amido podem ocorrer na superfície, bem como no interior do grânulo. Os lipídeos de superfície são

principalmente triglicerídeos, e em menor grau ácidos graxos livres, glico e fosfolipídeos. Os lipídeos do interior dos grânulos de amidos de cereais são predominantemente monoacil lipídeos. Tanto os lipídeos presentes na superfície, quanto os lipídeos internos dos grânulos podem estar presentes no estado livre, ligados através de ligações iônicas ou de hidrogênio aos grupos hidroxil, ou ligados na forma de complexos de inclusão de amilose (MORRISON, 1995). O conteúdo lipídico de amidos nativos é altamente correlacionado com o teor de amilose: quanto maior o conteúdo de amilose, maior será o conteúdo lipídico (COPELAND et al., 2009).

Os grânulos de amido nativos são insolúveis em água a temperaturas abaixo de 50 °C. Quando são aquecidos em água, eles absorvem grande quantidade de água, aumentando até varias vezes o seu tamanho original. Acima de uma temperatura crítica, as ligações de hidrogênio são interrompidas alterando a estrutura dos grânulos, que sofrem processo irreversível, conhecido como gelatinização do amido, perdendo a cristalinidade e organização estrutural granular (ZENG et al., 1997; LEON et al., 2010). Com o resfriamento, a desagregação das moléculas forma um gel que retrograda gradualmente a um agregado semicristalino, diferente do grânulo inicial (COPELAND et al., 2009).

A retrogradação do amido é um importante determinante das propriedades de absorção e retenção de água e da digestibilidade dos alimentos processados ricos em amido. A funcionalidade do amido também é modificada pelas interações com lipídeos. Os complexos formados entre amilose e lipídeos reduzem a solubilidade do amido em água, alteram as propriedades reológicas das pastas, diminuem a capacidade de intumescimento, aumentam a temperatura de gelatinização, reduzem a rigidez dos géis, retardam a retrogradação e reduzem a suscetibilidade à hidrólise enzimática (CROWE et al., 2000; SALMAN; COPELAND, 2010).

São denominados carboidratos não disponíveis os polissacarídeos não amiláceos, como celulose, hemiceluloses e pentosanas. A fibra alimentar é um polissacarídeo não amiláceo. A *American Association of Cereal Chemists* (AACC), define fibra como o remanescente de partes comestíveis de plantas e carboidratos análogos, resistentes à digestão e absorção no intestino delgado humano, com fermentação completa ou parcial no intestino grosso. Nela estão incluídos os polissacarídeos, oligossacarídeos, lignina e substâncias

vegetais associadas; exibe um ou mais efeitos laxativos (aumento de volume e maciez do bolo fecal, aumento da frequência e/ou regularidade) e atenuação do colesterol e/ou glicose sanguíneos. A fibra alimentar, portanto, exerce papel importante na dieta humana, como provedora de saúde (VITOLLO; CAMPAGNOLO, 2007).

Nos níveis de fibra total, o trigo é o cereal que apresenta maior variabilidade, entre as cultivares. Ela está localizada principalmente no pericarpo do grão que é extraído na moagem, antes da obtenção da farinha de trigo refinada (ATWELL, 2001).

1.1.4.3 Proteínas

O principal constituinte dos grãos de cereais é o amido, seguido em quantidade pelas proteínas, que constituem aproximadamente 10 a 15% do peso dos grãos (SGARBIERI, 1996).

As proteínas são polímeros orgânicos formados por cadeias de aminoácidos unidos entre si por ligações peptídicas entre o grupo carboxila (-COOH) de um aminoácido e o grupo amino (-NH₂) de outro (COULTATE, 2004).

As proteínas dos cereais podem ser classificadas de acordo com a solubilidade em albuminas, que são solúveis em água; globulinas, solúveis em soluções salinas diluídas; prolaminas, solúveis em soluções alcoólicas e glutelinas, solúveis em soluções ácidas ou alcalinas (SGARBIERI, 1996). De acordo com Hosoney (1991), cerca de 15% das proteínas do trigo são proteínas solúveis em água e os 85% restantes estão constituídos pelo glúten, que representa a porção insolúvel das proteínas.

As proteínas de reserva do trigo, que formam o glúten, são as gliadinas (que pertencem à classe das prolaminas) e as gluteninas (que pertencem à classe das glutelinas) (SGARBIERI, 1996). É conhecido que as gluteninas contribuem principalmente para as propriedades elásticas do glúten, enquanto as gliadinas contribuem para as propriedades de viscosidade (XU et al., 2007).

As propriedades da massa são conduzidas pela estrutura do glúten e as interações entre o complexo de proteínas. A presença das proteínas do glúten torna a farinha de trigo adaptada para a preparação

de produtos de padaria. Enquanto o amido e a água são os principais componentes da massa, as propriedades físicas da mesma ficam a cargo das interações entre as proteínas do glúten, particularmente ao macropolímero glutenina (WANG et al., 2007), ou seja, a fração de glutenina que não é possível extrair em solução de dodecil sulfato de sódio (SDS).

Conforme Mellado (2006), as gluteninas, as maiores determinantes das características da massa, são polímeros formados por subunidades de gluteninas de alta e baixa massa molecular que se mantêm unidas por ligações dissulfeto intermoleculares e as gliadinas são proteínas monoméricas que possuem ligações ou cadeias dissulfeto intramoleculares. O glúten, além de constituir um integrante básico e fundamental da farinha, como produto, possui outras aplicações, como, por exemplo, reforçador de farinhas fracas.

1.1.4.4 Lipídeos

Os lipídeos são componentes minoritários do trigo e são encontrados em pequena quantidade, constituindo de 2,5 a 3,3% da cariópse. Eles estão localizados no germe (30 a 36%), na camada de aleurona (25 a 29%) e no endosperma (35 a 45%) (FINNIE et al., 2009).

Os lipídeos do germe são predominantemente de caráter apolar (77 a 85%), estando os polares em menor proporção (13 a 17%). Os lipídeos da camada de aleurona possuem composição similar aos lipídeos do germe, com lipídeos apolares representando de 72 a 83% e os polares de 19 a 23% do total. A composição lipídica da farinha de trigo, ou seja, do endosperma é diferente da composição do germe e da camada de aleurona. Os lipídeos da farinha de trigo são fonte de galactolipídeos e fosfolipídeos entre os vários componentes do grão integral (CARR et al., 1992).

A importância dos lipídeos no processo tecnológico de transformação e na conservação do produto final é devida às suas propriedades tensoativas e à capacidade de reação com as proteínas (QUAGLIA, 1991). Apesar dos lipídeos constituírem pequena proporção entre os componentes da farinha (1,0 a 1,5%), eles apresentam grande influência no volume do pão e na estabilização das células de gás. Os lipídeos endógenos da farinha de trigo não possuem influência nas propriedades reológicas da massa (extensão biaxial),

indicando a importância dos lipídeos da farinha de trigo como componentes ativos de superfície, estabilizando ou desestabilizando a estrutura das células de gás da massa. Acima de uma concentração crítica, os lipídeos polares apresentam efeito estabilizador das células de gás, resultando em melhora no volume do pão. Os lipídeos apolares demonstram efeito desestabilizador, o que causa diminuição do volume do pão (SROAN; MacRITCHIE, 2009).

1.1.4.5 Vitaminas e minerais

A maior parte dos cereais são fontes importantes de vitaminas (HOSENEY, 1991). O trigo contém quantidades apreciáveis de tiamina, riboflavina, niacina, ácido pantotênico, ácido fólico e tocoferóis. Sua distribuição não é homogênea e se localiza quase que totalmente na parte externa, sendo extraídas pelo processo de moagem (QUAGLIA, 1991).

O trigo possui entre 1,5 e 2,0% de minerais, aproximadamente 61% destes estão localizados na camada de aleurona (HOSENEY, 1991). Como consequência disso, uma farinha terá conteúdo mineral mais elevado, quanto maior for o teor de farelo presente na mesma, o que pode ser comprovado através da análise do conteúdo de cinzas, que tem relação com o processo de moagem. Entre os principais minerais encontrados na farinha de trigo, estão fósforo, potássio, magnésio, cálcio, ferro e enxofre (QUAGLIA, 1991).

Tradicionalmente, o processo de moagem dos grãos tem por objetivo o refino da farinha e a remoção do farelo como subproduto. Entretanto, vários estudos mostram a abundância de micronutrientes e fitoquímicos no farelo (LIU, 2007).

1.1.5 Moagem e processamento

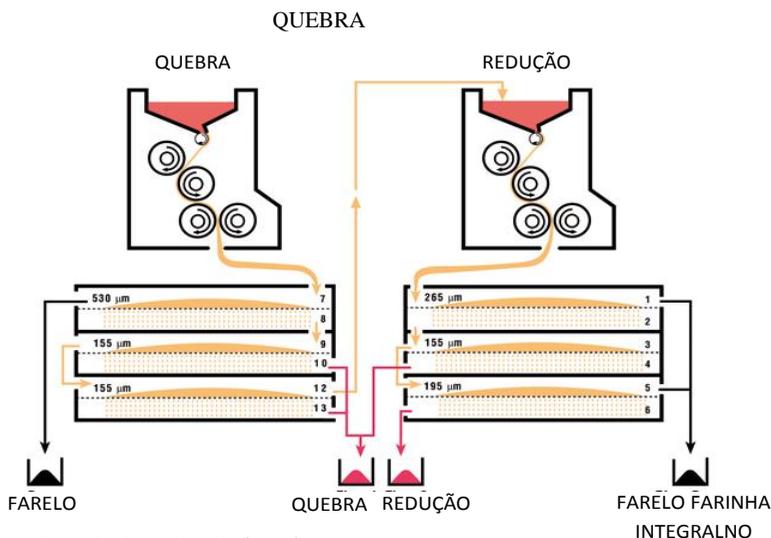
A moagem é o processo pelo qual o trigo é transformado em farinha. A separação do grão de trigo em seus constituintes envolve os processos de conservação, limpeza, condicionamento, mistura e moagem (AZUDIN, 2006).

A moagem do trigo comum é um processo complexo que visa separar o endosperma de outros tecidos do grão e reduzir gradualmente o tamanho das partículas até transformá-las em farinha refinada ou

branca. Este processo inclui duas etapas principais: na etapa de quebra, o grão de trigo é partido e a maior parte do endosperma que é recuperado como farinha é isolado dos outros tecidos; na etapa de redução, a farinha obtida é reduzida a menor granulometria e as partículas restantes do germe e do farelo são removidas. A cada etapa da moagem, o tipo de farinha produzido é diferente e originado de diferentes partes do grão porque a força mecânica aplicada é diferente. Ao final do processo, a farinha é o resultado de uma mistura de cada fração obtida (GREFFEUILLE et al., 2005).

O processo de moagem de grãos de trigo em moinho experimental de laboratório, Marca Brabender, para obtenção de farinha refinada está ilustrado na Figura 1.3, neste moinho são obtidas quatro frações: farinha de quebra, farinha de redução, farelo e farelinho de redução. O rendimento de farinha refinada ou extração experimental é dado pela soma dos valores das farinhas de quebra e de redução (método 26-10A, AACC, 2000). Contudo, para a farinha integral, não existe procedimento padrão de moagem.

Figura 1.3 Processo básico de moagem experimental de grãos de trigo em moinho Brabender Quadrumat Senior.



De acordo com a legislação brasileira, a farinha de trigo, matéria prima abundantemente utilizada para elaboração de diversos alimentos, como pães, biscoitos, bolos e massas, é o produto obtido a partir da espécie *Triticum aestivum* ou de outras espécies do gênero *Triticum* conhecidas (exceto *Triticum durum*), por meio do processo de moagem de trigo beneficiado (BRASIL, 2005).

O trigo é a principal cultura e um importante componente da dieta humana, particularmente nos países em desenvolvimento. As diferentes variedades e cultivares de trigo são destinadas à produção de características particulares, adequadas para produtos específicos, por exemplo, o trigo durum, que não é produzido no Brasil, caracterizado por elevados níveis de glúten, geralmente é utilizado na produção de macarrão, espaguete e outros produtos de massa. A farinha de trigo *soft*, pobre em proteínas, pode ser utilizada na fabricação de bolos, biscoitos e alimentos matinais. A qualidade do trigo é o que determina a sua funcionalidade, principalmente o conteúdo e a força de glúten e, em

menor extensão, o valor nutricional (PRABHASANKAR et al., 2000; DISTAAM; CARCEA, 2001).

O consumo de farinha branca foi historicamente associado com prosperidade. O desenvolvimento de sofisticados moinhos de rolos durante a segunda parte do século XIX permitiu a produção de volumes maiores de farinha branca do que seria possível produzir utilizando os moinhos convencionais de moagem entre pedras e por peneiração. Entretanto, o consumo de pão feito a partir de farinha refinada não foi aceito universalmente, o que levou ao aumento gradual do consumo de produtos feitos a partir de grãos integrais até atingir os seus maiores níveis (SHEWRY, 2009).

1.1.6 Grãos integrais

É conhecido que, em nenhum outro momento da história da humanidade, as populações tiveram oportunidade de fazer tão grande número de escolhas entre os alimentos disponíveis para consumo, aliadas à disponibilidade de conhecimento e tecnologia que permite selecionar dietas com o maior número possível de diferentes componentes nutricionais. Apesar do conhecimento sobre “o que é correto na alimentação”, muitas pessoas não são capazes de consumir dietas que melhoram sua qualidade de vida e diminuem o risco de doenças crônicas. Isso fez surgir a necessidade de fazer escolhas saudáveis, como a mudança de hábitos alimentares, com dietas que incluam o consumo de legumes e frutas, que combinem calorias com gasto de energia, que regulem o tipo e quantidade de gordura consumida e que sejam ricas em fibras e grãos integrais.

Em 1999, a *American Association of Cereal Chemists* (AACC), definiu como grão integral aquele composto pela cariopse intacta, partida ou em flocos, onde os principais componentes anatômicos, endosperma amiláceo, germe e farelo estão presentes nas mesmas proporções relativas em que elas existem na cariopse intacta (AACC, 1999). Em 2006, a *AACC International* modificou este conceito e definiu grão integral, como aquele em que os principais componentes anatômicos estão presentes nas mesmas proporções que na cariopse intacta, na medida do possível pela melhor tecnologia de moagem moderna (AACC, 2008). Esta alteração reconhece que o processamento mínimo pode alterar ligeiramente os componentes e auxiliar na segurança alimentar, permitindo boas práticas de fabricação para

controlar os níveis de micotoxinas e metais pesados (JONES; ENGLESSION, 2010).

O *Whole Grains Council* determina que grãos integrais ou alimentos feitos de grãos integrais devem conter todas as partes essenciais e nutrientes de ocorrência natural do grão inteiro. Se o grão foi processado (quebrado, esmagado, laminado, extrusado, e/ou cozido), o produto alimentar deve manter aproximadamente o mesmo balanço de nutrientes do grão original (WHOLE GRAINS COUNCIL, 2004). Este conceito delibera que 100% do grão original, ou seja, todo o farelo, o germe e o endosperma, devem estar presentes para o grão ser qualificado como grão integral.

É notável que as definições de grãos integrais apresentadas legitimam uma à outra, no entanto, elas não possuem caráter legislativo, da mesma forma como ocorre no Brasil, onde ainda não existe legislação específica para grãos integrais, apenas um projeto de lei para rotulagem de alimentos que contenham grãos integrais que está em tramitação desde o ano de 2010.

A falta de legislação que regulamente a presença de grãos integrais nos alimentos comercializados no mercado brasileiro possibilita a venda de produtos fabricados com diferentes teores de grãos integrais, e até mesmo, de mistura de farelo às farinhas refinadas e que são rotuladas como farinhas integrais, e que, certamente, não possuem a mesma funcionalidade do produto elaborado com farinhas integrais.

No grão e no corpo humano, o farelo, o germe e o endosperma desempenham diferentes funções. No grão, o farelo protege fisicamente a planta contra invasores. No organismo humano as vitaminas, os minerais e os componentes bioativos do farelo podem ser liberados, absorvidos ou serem levados ao intestino para agirem *in situ*. O germe fornece os nutrientes necessários para formar uma nova planta e, por isso, é rico em vitamina E, antioxidantes e outros componentes lipossolúveis, benéficos para os seres humanos. O endosperma é fonte de carboidratos e, por isso, fornece energia para a planta crescer (JONES; ENGLESSION, 2010). Para os seres humanos, além de fonte de amido, ele serve também como fonte de proteínas, mas é pobre em micronutrientes (ANDERSON, 2004; JONES; ENGLESSION, 2010). Em relação ao trigo, que é um cereal de grande produção e

comercialização no mundo, mais de 95% da farinha produzida nos EUA é vendida como farinha refinada (JONES; ENGLESSION, 2010). Tendo em conta os benefícios à saúde atribuídos aos grãos integrais, são importantes os esforços para mudar o hábito das populações de consumir essencialmente farinhas refinadas.

Os compostos presentes nos grãos integrais e que são responsáveis pelos benefícios à saúde são chamados fitoquímicos, entre os quais estão incluídos compostos fenólicos, que são compostos que contém um ou mais anéis aromáticos e um ou mais grupos hidroxila, além de carotenóides e vitamina E (ADOM; LIU, 2002). Os fitoquímicos são compostos bioativos não nutrientes e ocorrem naturalmente em frutas, vegetais e grãos integrais e que se complementam quando consumidos na mesma dieta (LIU, 2004; LIU, 2007). Estes compostos possuem atividade antioxidante, que é a habilidade de ligar radicais livres que podem oxidar moléculas biologicamente relevantes (ANSOM, 2008).

As ligações dos compostos fitoquímicos não podem ser hidrolisadas pelas enzimas humanas e resistem à digestão no estômago e no intestino delgado podendo, dessa forma, chegar até o cólon. A microbiota colônica pode hidrolisar as ligações através de fermentação e fornecer sítios específicos de ligação para estes compostos no cólon ou em outros tecidos após a absorção (LIU, 2007).

Os cereais integrais contêm vasta variedade de componentes fitoquímicos com atividade bioativa. Estudos epidemiológicos sugerem que o consumo de grãos integrais pode reduzir a incidência de doenças relacionadas com a dieta, como doenças cardiovasculares, diabetes tipo II, alguns tipos de câncer e morte prematura (LANG; JEBB, 2003; ANDERSON, 2004). Por esta razão, o *Dietary Guidelines for Americans* recomenda o consumo de, no mínimo, três porções de grãos integrais por dia para se certificar de que ao menos metade dos grãos consumidos diariamente sejam grãos integrais (USDA, 2005).

O *Food and Drug Administration* (FDA) permite que em todos os produtos que contenham ao menos 51% de grãos integrais e menos de 3 g de lipídeos, possa ser utilizada a alegação de saúde: “Diets ricas em grãos integrais e outros alimentos a base de plantas e com baixo consumo de lipídeos totais, lipídeos saturados e colesterol podem ajudar a reduzir o risco de doenças cardíacas e certos cânceres” (FDA, 1999).

Antigamente, o conteúdo de fitoquímicos, como os compostos fenólicos dos grãos integrais era subestimado, como mostravam as pesquisas que determinavam apenas compostos fenólicos livres e não o conteúdo de compostos fenólicos que permanecia ligado à parede celular dos materiais (ADOM; LIU, 2002). Pesquisas recentes mostraram que o conteúdo de compostos fitoquímicos e capacidade antioxidante dos grãos integrais é comumente subestimado pela literatura e que os grãos integrais podem possuir quantidades maiores de compostos fitoquímicos do que já havia sido reportado (OKARTER et al., 2010).

O trigo é um dos cereais mais produzidos no mundo e dá origem a vários produtos alimentícios diferentes. Nos últimos anos, estudos científicos tem reportado o conteúdo de compostos fitoquímicos do trigo integral e a atividade destes compostos para a manutenção da saúde humana, como pode ser evidenciado nos estudos publicados por Pellegrini et al. (2006), que demonstraram a atividade antioxidante de trigo integral. Liyana-Pathirana; Shahidi (2006) estudaram o conteúdo total de compostos fenólicos e a atividade antioxidante de diferentes variedades de trigo e Okarter et al. (2010), pesquisaram o conteúdo de compostos fitoquímicos e a atividade antioxidante destes compostos em diferentes variedades de trigo integral, entre vários outros estudos recentes.

Os produtos de trigo integral contêm componentes com benefícios conhecidos à saúde que estão concentrados principalmente no farelo. Estes compostos estão presentes em baixas quantidades na farinha refinada, a qual é derivada quase exclusivamente das células do endosperma que são ricas em amido (SHEWRY, 2009). Na farinha de trigo integral, as frações do germe e do farelo contribuem com 83% do total de compostos fenólicos, 79% do total de flavonóides, 78% do total de zeaxantina, 51% do total de luteína e 42% do total de criptoxantina. Estas frações podem ser responsáveis pelos benefícios que o trigo integral oferece quando consumido como parte da dieta (OKARTER et al., 2010).

Mediante todos os esforços feitos pela ciência para provar os benefícios do consumo de grãos integrais, o fato de o trigo constituir-se em um cereal amplamente disponível e consumido em todo o mundo, da necessidade das populações em se adequarem a hábitos alimentares saudáveis e de a indústria de alimentos se adaptar às exigências de

consumidores mais exigentes em relação à qualidade dos produtos consumidos, surge a necessidade de análises físico-químicas padronizadas para a avaliação das características de qualidade tecnológica de farinhas integrais de trigo.

1.2 ANÁLISES DE QUALIDADE DE TRIGO E DE FARINHA DE TRIGO

1.2.1 Índice de dureza do grão

O *Single Kernel Characterization System* (SKCS) (Perten Instruments, Suécia) avalia amostras de 300 grãos de trigo e fornece medida do peso, da umidade, do diâmetro e do índice de dureza dos grãos, calculados com média e desvio padrão. O SKCS determina a dureza do grão a partir da força necessária para quebrá-lo (BEAN et al., 2006; PEARSON et al., 2007).

Pelo método 55-31 da AACC (2000), o trigo é classificado em função do índice de dureza (ID) dos grãos em: extra duro (ID > 90), muito duro (ID 81-90), duro (ID 65-80), semi-duro (ID 45-64), semi-mole (ID 35-44), mole (ID 23-34), muito mole (ID 10-24) e extra mole (ID < 90).

Os grãos de trigo podem ser divididos de acordo com a textura do endosperma em duros ou macios. O fator chave para a dureza é a presença de um grupo de proteínas chamadas friabilinas, que influenciam na forma como os grânulos de amido permanecem unidos entre si. Quando esta força é grande, os grãos são duros, neste caso, a porção mais frágil do endosperma será o grânulo de amido e a ruptura durante a moagem será através destes grânulos. Nos trigos de textura macia, a união entre os grânulos é fraca e a ruptura se deverá à separação dos grânulos que, em sua maioria, permanecem intactos (VÁZQUEZ, 2009). A dureza é um importante atributo de qualidade que tem papel no processamento de grãos de cereais, pois permite classificar o trigo e destiná-lo para determinado uso (BEAN et al., 2006).

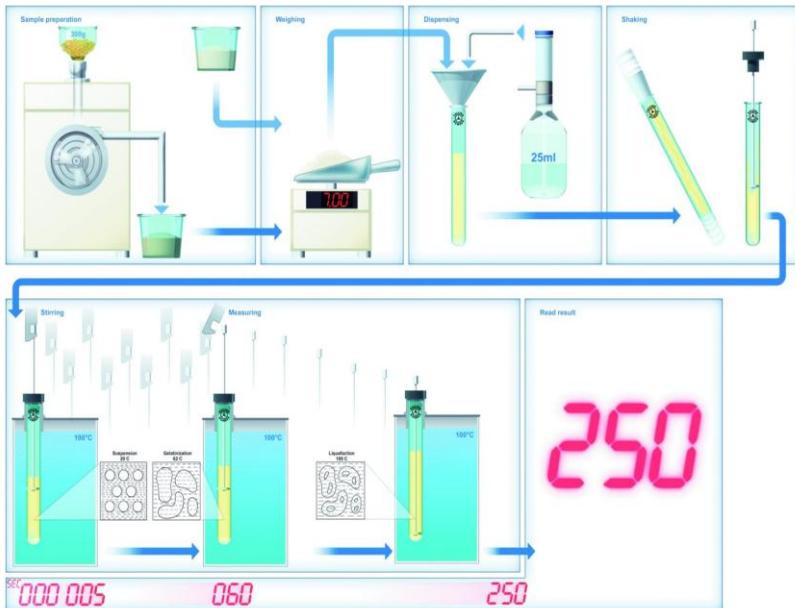
1.2.2 Falling number

O falling number (FN) ou número de queda (NQ) é uma estimativa do conteúdo de α -amilase, enzima que degrada o amido em

oligossacarídeos e monossacarídeos. Este teste mede a redução da viscosidade de uma suspensão de farinha, devido à ação da enzima sobre o amido do endosperma baseando-se na viscosidade de um gel formado pelo amido de trigo. Este método (AACC 56-81) foi desenvolvido pela Perten Instruments (Suécia) (MELLADO, 2006; VÁZQUEZ, 2009).

O método é baseado na pesagem de 7 g de farinha refinada ou de farinha integral (trigo moído) que são suspensos em água de forma padronizada em tubo de ensaio específico. Em seguida, é introduzida no tubo uma haste metálica que desempenha a função de agitador. O tubo é imerso no banho do equipamento que deve estar à temperatura de 100 °C. Automaticamente, é ativado um agitador que sobe e desce a haste formando uma suspensão homogênea e posteriormente um gel. Após 60 segundos, o agitador é parado com a haste na parte superior do gel e a haste é deixada cair. O equipamento registra o tempo que transcorre desde o início da agitação até que a haste caia determinada distância e calcula a viscosidade do gel formado (VÁZQUEZ, 2009). O esquema de funcionamento do equipamento Falling Number está ilustrado na Figura 1.4.

Figura 1.4 Esquema de funcionamento do equipamento de falling number.



Fonte: Perten (2011).

Quando existir elevado conteúdo de enzima α -amilase, a mesma atua sobre o amido, o gel formado será fraco e o valor de falling number será baixo, visto que a haste cairá rapidamente, o que indica baixa qualidade de panificação do trigo. Valores acima de 300 segundos, indicam baixa atividade α -amilásica (MELLADO, 2006; VÁZQUEZ, 2009). Todos os trigos possuem enzima α -amilase, porém seu nível aumenta substancialmente em grãos maduros expostos a condições favoráveis a germinação, como chuva e calor. Trigos germinados possuem baixa viabilidade para panificação devido ao excesso de enzima α -amilase que origina massa úmida e pegajosa (MELLADO, 2006), além de miolo do pão escuro, devido ao excesso de açúcares redutores, que reagem com os grupamentos amino das proteínas, caracterizando a reação de Maillard.

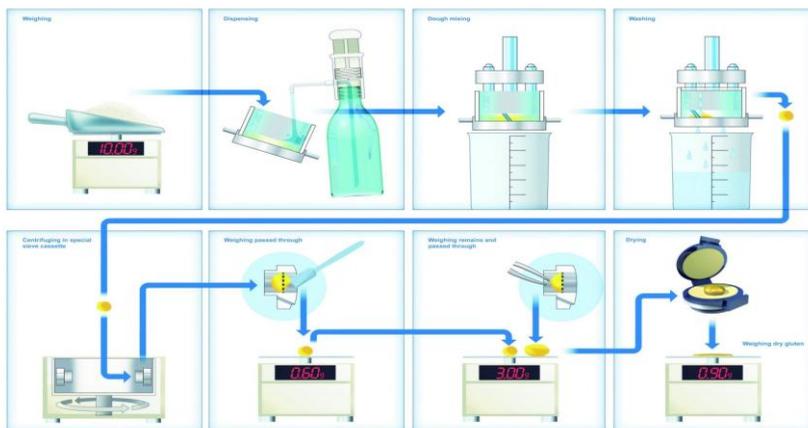
1.2.3 Teor de glúten

A determinação do teor de glúten pode ser realizada manualmente, mas não possui boa reprodutibilidade, por isso, o método semiautomatizado padronizado internacionalmente é o que utiliza o

equipamento Glutomatic (Perten Instruments, Suécia), além de pequena centrífuga e o glutork, que é um equipamento semelhante a uma torradeira utilizado para secagem do glúten. A determinação do teor de glúten baseia-se na propriedade das proteínas funcionais do trigo unirem-se para formar a rede de glúten (MELLADO, 2006; VÁZQUEZ, 2009).

O procedimento analítico é realizado com trigo integral moído ou farinha refinada que é lavada com solução salina diluída a 2%. Durante o procedimento de lavagem, a massa é separada do amido e outros componentes solúveis em água (polissacarídeos, minerais e proteínas não formadoras de glúten). Ao final do processo, resulta em uma massa muito elástica formada pelas proteínas formadoras do glúten da farinha e a água que estas proteínas retêm pelo processo de mistura. Esta massa é chamada de glúten úmido e está altamente relacionada com o conteúdo de proteínas insolúveis da farinha de trigo. Se o glúten úmido for submetido a um processo de secagem, ele resultará em glúten seco com valor reduzido a pouco mais de um terço do valor do glúten úmido. Por outro lado, se o glúten úmido for colocado e centrifugado em um pequeno tamiz do equipamento, será possível calcular o índice de glúten. A percentagem de glúten úmido que não passar pelo tamiz é o índice de glúten. Valores de índices de glúten acima de 90% indicam trigo forte (MELLADO, 2006). O esquema geral de determinação do teor de glúten (método AACC 38-12) está ilustrado na Figura 1.5.

Figura 1.5 Esquema geral para determinação do teor de glúten.



Fonte: Perten (2011).

1.2.4 Alveografia

No sentido de complementar a determinação de absorção de água no farinógrafo e para prever o comportamento de uma farinha durante a fermentação no processo de panificação, é quantificada a força necessária para romper a massa à medida que ela é estendida em alveógrafo Chopin (método AACC 54-30). Para isso é utilizado o equipamento alveógrafo (Chopin Technologies, França) (MELLADO, 2006; VÁZQUEZ, 2009). O equipamento alveógrafo está ilustrado na Figura 1.6.

Figura 1.6 Alveógrafo.



Fonte: Granotec (2011).

No alveógrafo, a massa é preparada em amassadeira com 250 g de farinha e 125 mL de solução salina na concentração de 2% (ajustada de acordo com o conteúdo de umidade da farinha) e misturada durante 8 minutos. A massa é laminada e cortada em 5 discos, que são deixados descansar durante 20 minutos a temperatura de 25 °C em cabine especialmente desenvolvida. Em seguida, cada disco de massa é colocado sobre uma base onde permanece preso por um aro e é inflado com ar que flui à velocidade constante a partir do centro da base formando uma bolha de massa de forma esférica. A Figura 1.7 mostra a formação da bolha da massa inflada com ar utilizada na alveografia.

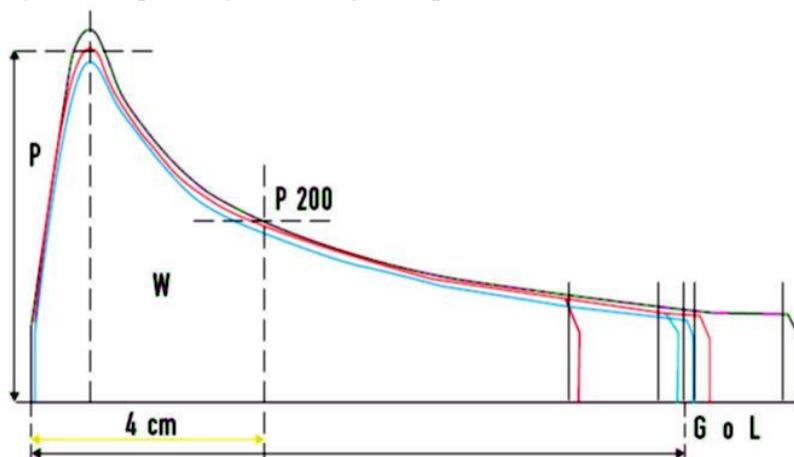
Figura 1.7 Ilustração da bolha de ar formada na alveografia.



Fonte: Inta (2011).

A pressão necessária para inflar esta bolha é registrada até que ela se rompa e a curva obtida é chamada alveograma (Vázquez, 2009), conforme mostrado na Figura 1.8.

Figura 1.8 Representação de alveograma típico.

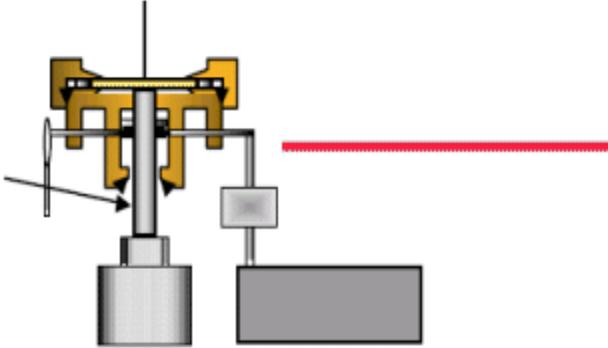


Legenda: P = pressão máxima requerida para deformação; W = Força. Área abaixo da curva ligada a energia requerida para deformação; L = extensibilidade; P/L = Relação tenacidade/extensibilidade.

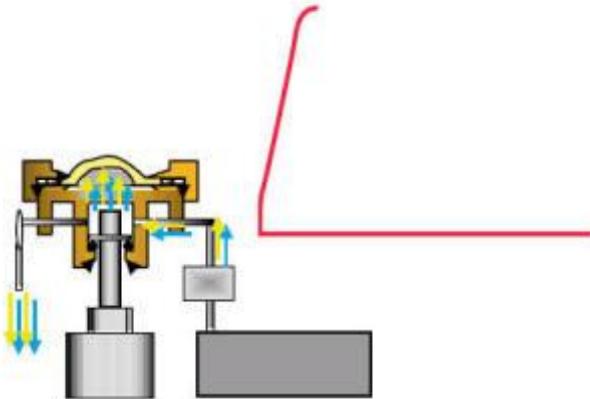
Fonte: Concereal (2011).

Dessa forma, a alveografia pode ser esquematizada, como representado no esquema da Figura 1.9.

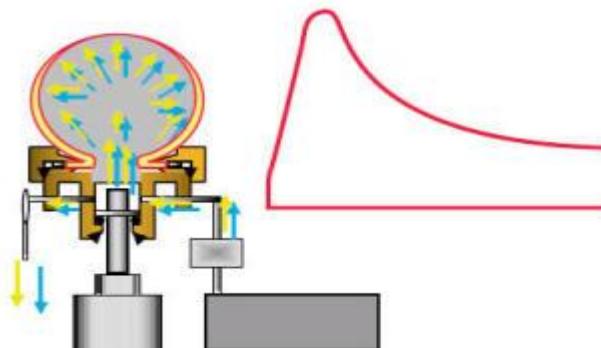
Figura 1.9 Esquematização de análise de alveografia.



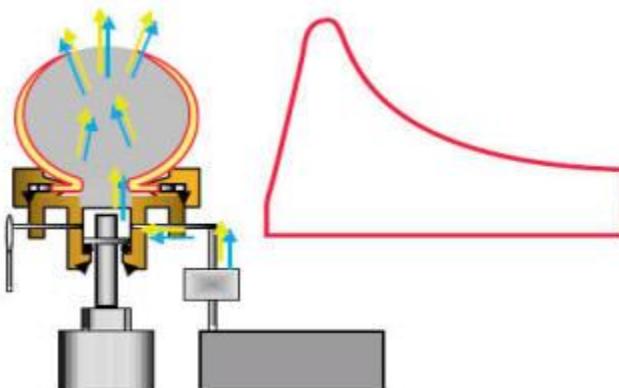
1 – Posição de partida.



2 – O disco de massa sofre resistência a pressão do ar que é inflado (tenacidade).



3 – O disco de massa é deformado pela pressão do ar e forma uma bolha de massa (extensibilidade).



4 – A ruptura da bolha de ar sinaliza o final do ensaio.

Fonte: Concereal (2011).

O teste de alveografia simula o comportamento da massa durante o processo de fermentação avaliando as características viscoelásticas (força e extensibilidade) da farinha de trigo utilizando diferentes parâmetros, os quais possibilitam determinar o tipo de produto para o qual servirá a farinha (MELLADO, 2006; MÓDENES et al., 2009). Deste modo, uma massa forte, que possa ser estendida de maneira limitada e mostre tendência a recuperar a sua forma original, será adequada para panificação. Ao contrário, uma massa fraca, que se estenda facilmente e mostre elasticidade limitada, não recupera sua forma original e é adequada para biscoitos (MELLADO, 2006).

A energia de deformação da massa ou força de glúten (W) representa o trabalho de deformação da massa e está relacionada com a qualidade de panificação da farinha. Ela corresponde ao trabalho mecânico necessário para expandir a bolha até a ruptura, sendo expressa em 10^{-4} J (MÓDENES et al., 2009). Os valores de W podem variar de 100 a valores superiores a 300×10^{-4} J. Quanto mais alto for o valor de W, maior será a força do glúten. Trigo com valor de W entre 200 e 300×10^{-4} J é adequado para panificação (MELLADO, 2006).

A tenacidade (P) indica a pressão máxima exercida no trabalho de expansão da massa, expressa em mm, e corresponde a uma medida da capacidade de absorção de água da farinha. A extensibilidade da massa (L), juntamente com o teor de proteínas, é utilizada para prever o volume do pão, e representa a capacidade de extensão da massa sem que ela se rompa. Um alto grau de extensibilidade está associado a um baixo rendimento de farinha (MÓDENES et al., 2009).

A relação tenacidade/extensibilidade (P/L) expressa a estabilidade da massa que serve como guia para determinar se as massas são pouco extensíveis, equilibradas ou muito extensíveis. Por esta razão, a relação P/L é utilizada em fitomelhoramento genético para selecionar variedades de trigo pela sua qualidade de panificação. Para a fabricação de pães, o ideal são farinhas balanceadas com relação P/L entre 0,50 e 1,20, e para massas alimentícias secas, farinhas tenazes ($P/L > 1,21$) (MELLADO, 2006; MÓDENES et al., 2009;).

1.2.5 Farinografia

O equipamento farinógrafo começou a ser comercializado em 1930, desenvolvido pela empresa Brabender OHG (Alemanha). O equipamento permite analisar as propriedades de mistura de uma farinha. Ele pode vir equipado com uma amassadeira para 300, 50 ou 10 g de farinha. Todas elas possuem amassadores de geometria idêntica, compostos por dois braços em forma de “Z” que rodam em velocidades iguais em direções opostas. Um dinamômetro é utilizado para registrar a resistência que a massa apresenta ao movimento dos braços amassadores à medida que a água é adicionada de uma bureta (VÁZQUEZ, 2009).

A análise reológica de farinografia (AACC 54-21, ICC 115/1) avalia a resistência oferecida pela massa quando submetida à ação mecânica (mistura) constante sob condições experimentais, utilizando o

farinógrafo Brabender (AACC, 2000). À medida que a farinha é hidratada, a massa vai sendo desenvolvida, perdendo a mobilidade e aumentando a força necessária para desenvolvê-la. O nível máximo de resistência está diretamente relacionado com a consistência, a qual depende principalmente da quantidade de água que se adiciona (MELLADO, 2006). Na farinografia são obtidos dados a respeito da capacidade das farinhas em absorver água, tempo de desenvolvimento e estabilidade da massa (SINGH et al., 2011).

A capacidade de absorção de água é medida em percentual, ou seja, a quantidade de água necessária para o centro da curva do farinograma atingir a linha das 500 unidades farinográficas e que é refletida pela capacidade de intumescimento do glúten. As variações no conteúdo de proteínas e de amido danificado da massa são conhecidas como os fatores de maior influência na absorção de água (FARONI et al., 2002; GUTKOSKI et al., 2007). No caso de farinhas integrais, a hemicelulose também influencia na absorção de água.

Através do processo de moagem, normalmente uma pequena fração do amido é danificado (< 8,0%), especialmente se os grãos forem duros ou semiduros, o que contribui para melhor absorção de água pelo amido danificado produzido. O amido com certo grau de danos devido a fraturas produzidas durante o processo de moagem absorve quatro vezes o seu peso em água. Por sua vez, o amido intacto, característico de trigos brandos, absorve somente cerca de 0,4 vezes o seu peso em água (MELLADO, 2006).

A capacidade de absorção de água é um valor de importância econômica em panificação, visto que, quanto maior for a absorção de água, maior será a quantidade de pão que se pode elaborar a partir de uma mesma quantidade de farinha. Um valor de absorção abaixo de 55% (55 litros de água para 100 kg de farinha) é considerado muito baixo. Usualmente, o valor desejável é acima de 60% (VÁZQUEZ, 2009).

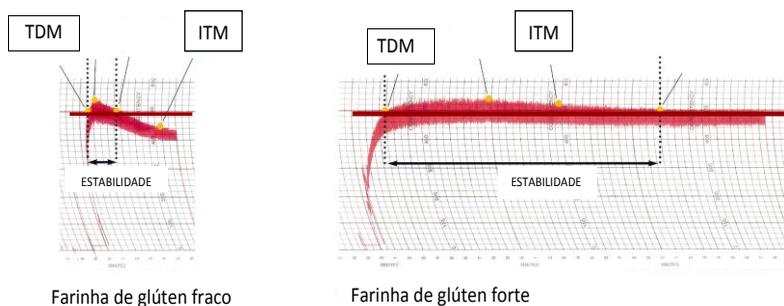
O tempo de desenvolvimento da massa é calculado em minutos e corresponde ao intervalo decorrente desde a adição de água até o ponto de máxima consistência, que pode ser visualizado pela formação de um pico. Ocasionalmente, dois picos podem ser observados, neste caso, o segundo deve ser considerado como ponto de desenvolvimento da massa. Farinhas consideradas fortes requerem tempo de

desenvolvimento maior do que farinhas fracas (FARONI et al., 2002). Para panificação, são preferidas farinhas que requeiram tempos de mistura que variem entre 4 e 5 minutos (MELLADO, 2006).

A estabilidade é um índice primário da qualidade da farinha e uma das mais significativas determinações realizadas na farinografia. É definida como a diferença entre o tempo relativo ao ponto em que o máximo da curva intercepta a linha média de 500 Unidades Farinográficas (UF) e o tempo relativo ao ponto em que o topo da curva deixa a mesma linha. Em geral, este valor fornece indicação da tolerância da farinha à mistura (FARONI et al., 2002). Durante o amassamento, industrial ou analítico, depois de atingir a formação da rede de glúten, se ainda continuarem sendo aplicadas deformações, a rede começará a enfraquecer. Quando isto ocorre, diz-se que a massa está “sobre amassada” ou misturada em excesso (*overmixing*). A resistência a este *overmixing* é o que se conhece como estabilidade ao amassamento (VÁZQUEZ, 2009).

Outro parâmetro qualitativo a ser considerado é o índice de tolerância à mistura (ITM). Ele pode ser definido como a diferença, em UF, entre o topo da curva no pico e o topo da curva medida 5 minutos após o pico ser alcançado (ATWELL, 2001). Comumente, farinhas com boa tolerância à mistura possuem menor ITM. Quanto maior o índice de tolerância, mais fraca é a farinha (FARONI et al., 2002). A Figura 1.10 ilustra farinogramas típicos de farinha de trigo com glúten fraco e glúten forte.

Figura 1.10 Farinogramas típicos de farinhas de trigo com glúten fraco e forte.



Fonte: Wheat and Flour Testing Methods, 2004.

1.2.6 Análise rápida de viscosidade - RVA

O analisador rápido de viscosidade (Newport Scientific - Perten Instruments, Suécia) foi criado como um meio de medir rapidamente o grau de danos em trigos afetados por chuvas antes da colheita. Ele foi construído para operar a temperatura constante (95 °C), porém, a adição de aquecimento controlado e refrigeração tornaram o instrumento versátil permitindo sua utilização na medição da viscosidade de pastas de amido e posteriormente para observar os efeitos da temperatura controlada sobre a viscosidade de diversos materiais (ROSS et al., 1987; BATEY; CURTIN, 2000).

Na RVA, o equipamento determina as propriedades de pasta do amido, por meio de um viscosímetro que mede a resistência da amostra durante o aquecimento e o resfriamento, ou seja, caracteriza o processo a partir das suas propriedades funcionais (COLLAR et al., 2006).

Quando a farinha é testada no RVA, é submetida a um ciclo de aquecimento e resfriamento que fornecem as características de pasta da amostra. Os parâmetros de maior importância incluem temperatura de pasta, viscosidade máxima, viscosidade mínima à temperatura constante, quebra ou *breakdown*, viscosidade final e *setback* (COLLAR et al., 2003).

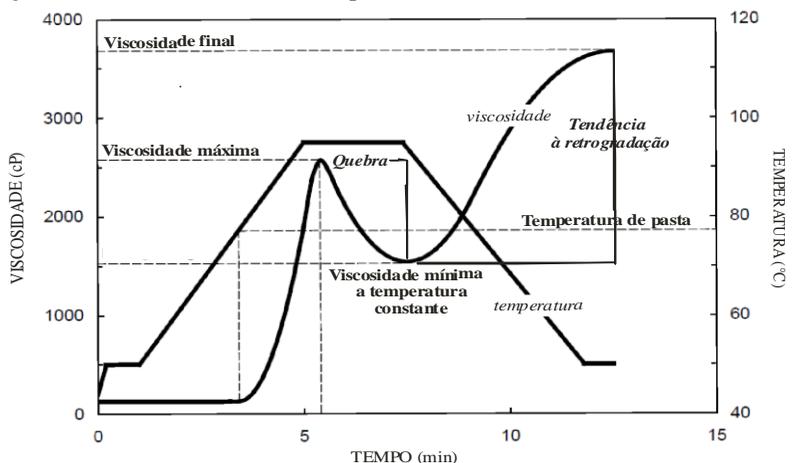
A temperatura de pasta fornece indicação da temperatura mínima necessária para o cozimento da amostra, e também indicação dos custos de energia. Depois de atingir a temperatura de pasta, a temperatura aumenta e a viscosidade máxima ou de pico é atingida. Neste ponto, há equilíbrio entre grânulos de amido intumescidos e grânulos rompidos, que lixiviam amilose para a solução (LEON, et al., 2010).

A viscosidade máxima está relacionada com a capacidade de absorção de água pelo amido, e frequentemente é relacionada com a qualidade final do produto. Em panificação, por exemplo, ela pode indicar maior ou menor período de vida de prateleira. De fato, valores de viscosidade elevada durante a formação de pasta e valores baixos após o período de manutenção da temperatura de massa de trigo a 95 °C são considerados importantes preditores do comportamento de firmeza do pão durante o armazenamento (COLLAR et al., 2003). A diminuição no pico de viscosidade tem sido associada com menor grau de intumescimento dos grânulos de amido e também ao menor teor de amido (SYMONS; BRENNAN, 2004).

Durante o período de manutenção em alta temperatura, ocorre colapso na viscosidade que dá lugar a uma depressão na curva, a chamada quebra. Esta queda da viscosidade é causada pela ruptura dos grânulos intumescidos. Este parâmetro é associado à estabilidade ao aquecimento ou à facilidade de cozimento do amido (ROJAS et al., 1999; LEON et al., 2010), assim, diferenças observadas neste parâmetro revelam diferentes estabilidades dos grânulos de amido ao aquecimento.

A viscosidade final indica a capacidade da farinha de formar uma pasta viscosa após cozimento e resfriamento. A última fase da curva de viscosidade, conhecida como tendência à retrogradação, corresponde ao processo de geleificação do amido, no qual as cadeias de amilose são levadas à recristalização, formando estrutura de gel. Em suspensões de cereais, valores baixos de tendência à retrogradação indicam baixas taxas de cristalização do amido e baixa sinerese (ROJAS et al., 1999). A tendência à retrogradação é medida como a diferença entre a viscosidade final e a viscosidade no ponto mais baixo da curva (LEON et al., 2010). Um exemplo de curva de viscosidade típica do RVA está ilustrada na Figura 1.11.

Figura 1.11 Curva de viscosidade típica do RVA.



Fonte: Adaptado de Newport Scientific (2001).

1.2.7 Extração das proteínas de reserva do trigo

As proteínas de reserva de trigo são os principais componentes para a formação da rede de glúten, e contribuem para as propriedades reológicas e de panificação da farinha de trigo. Estas proteínas são classificadas em dois grandes grupos, gliadinas e gluteninas, com base em suas propriedades funcionais e de agregação (SHEWRY et al., 2001) e se constituem, portanto, em fatores chave no processo de panificação (TORRES et al., 2008).

As gliadinas são componentes monoméricos que contêm ligações intra-moleculares, solúveis em soluções alcoólicas (60% etanol) (WIESER, 2007), com massa molecular entre 30 e 60 kDa e são divididas em quatro tipos (α -, β -, γ - e ω -). As α -, β - e γ -gliadinas possuem ligações dissulfeto intramoleculares, mas somente as γ -gliadinas podem se ligar às subunidades de gluteninas. A maior parte das ω -gliadinas não contêm ligações dissulfeto (BRANLARD et al., 2001). Por outro lado, as gluteninas formam polímeros complexos estabilizados por ligações dissulfeto intercadeias, resultantes da ligação dos resíduos de cisteína (SHEWRY et al, 2003).

As gluteninas são classificadas de acordo com a sua relativa solubilidade em géis SDS-PAGE (baseada na eletroforese em gel de

poliacrilamida e o uso de dodecil sulfato de sódio) em dois tipos chamados de subunidades de baixa massa molecular (*low molecular weight - glutenin subunits*, LMW-GS) e alto peso molecular (*high molecular weight - glutenin subunits*, HMW-GS) (SHEWRY et al., 2003; TORRES et al., 2009). As subunidades destes dois grupos de gluteninas diferem em relação ao massa molecular (de 23 a 68 kDa para as LMW e entre 77 e 160 kDa para as HMW) e à composição de aminoácidos, ou seja, diferem quanto à estrutura proteica (BRANLARD et al, 2001).

As HMW-GS representam 12% do total de proteínas da farinha de trigo e contribuem com aproximadamente 45 a 70% da variação de qualidade para panificação em cultivares de trigo européias. As LMW-GS são encontradas em uma proporção de três a quatro vezes superior em massa em relação às HMW-GS (TORRES et al., 2010).

As HMW-GS são codificadas por seis genes localizados dois a dois, em clusters gênicos, muitas vezes chamados de locus, nos braços longos dos cromossomos 1A, 1B e 1D do trigo (locus Glu-1). Os trigos comuns possuem de três a cinco produtos protéicos de HMW-GS. As LMW-GS são codificadas por genes localizados nos locos Glu-A3, Glu-B3 e Glu-D3 nos braços curtos dos cromossomos 1A, 1B e 1D do trigo. Elas incluem múltiplos componentes tanto em trigos comuns quanto em trigos duros. Devido ao grande número de genes codificando as LMW-GS e à sua heterogeneidade considerável, sua caracterização ainda é incompleta (MASCI et al., 2000).

As HMW-GS podem ser separadas em diferentes frações, de acordo com a sua mobilidade em géis de poliacrilamida, na presença de dodecil sulfato de sódio (eletroforese em gel de poliacrilamida com dodecil sulfato de sódio, SDS-PAGE). Esta técnica de eletroforese é baseada na diferença de potencial e peso molecular das macromoléculas, expressa na migração das moléculas ionizadas do pólo negativo (cátodo) para o pólo positivo (ânodo). Considerando que as proteínas são substâncias anfóteras, é indispensável manter o pH do meio utilizando distintas soluções tampão (SCHEUER, 2009).

Uma nomenclatura para as subunidades de HWM-GS foi proposta por Payne; Lawrence (1983), através de uma sequência de números, com o objetivo de uma uniformização mundial. A técnica SDS-PAGE é um método bastante utilizado para análise de gluteninas.

Ela permite que variantes alélicas dos locos Glu-1 (locus de genes codificadores de HMW-GS) sejam facilmente detectadas. Através desta técnica é possível que seja revelada considerável variação do padrão das subunidades HMW-GS e LMW-GS entre diferentes cultivares de trigo (TORRES et al., 2009).

A denominação dos alelos protéicos baseia-se na analogia com perfil de cultivares internacionais, como demonstrado na Tabela 1.1.

Tabela 1.1 Cultivares padrões utilizadas nas análises em SDS-PAGE.

CULTIVAR	GLUTENINAS DE ALTO PESO MOLECULAR		
	<i>Glu-A1</i>	<i>Glu-B1</i>	<i>Glu-D1</i>
Chinese Spring	N	7+8	2+12
Hope	1	6+8	5+10
Glenlea	2*	7+ 8	5+10
Neepawa	2*	7+9	5+10
Sappo	2*	14+15	2+12
Yecora Rojo	1	17+18	5+10
Opata 85	2*	13+16	2+12 ou 5+10

Fonte: Adaptada de Payne; Lawrence (1983).

Numerosos alelos, responsáveis pela produção de subunidades diversas, foram descritos para cada loco. As variações alélicas de HMW-GS exercem efeitos significativos sobre a qualidade da farinha. Desta forma, a análise eletroforética das proteínas permite a avaliação do potencial de panificação de uma linhagem de trigo (ZANATTA et al., 2002). Por exemplo, sabe-se que linhagens que contenham subunidades 5+10 apresentam qualidade de panificação superior àquelas que apresentam as subunidades 2+12 (TOHIDFAR et al., 2004).

Com relação aos alelos, foram estipulados escores de 1 a 4 baseados na correlação com os valores de sedimentação da farinha, onde um genótipo pode apresentar escore mínimo de 4 e máximo de 10 pontos, de acordo com o eletroforegrama obtido, conforme ilustra a Tabela 1.2. 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 N, 6+8 e 2+12, somará apenas 4 pontos, sugerindo ser um germoplasma de glúten fraco (ZANATTA et al., 2002).

Tabela 1.2 Relação das subunidades de gluteninas de alto peso molecular e respectivos escores para qualidade em panificação.

CROMOSSOMO/GENOMA			
ESCORE	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	N	20	4 + 12
1	-	6+8	-
1	-	7	-

Fonte: Payne et al. (1987), citado por Zanatta et al. (2002).

As proteínas de reserva também podem ser relacionadas com parâmetros de qualidade. Dentre estes, pode-se citar: análises de falling number; micro sedimentação com dodecil sulfato de sódio e alveografia (TORRES et al., 2009).

De forma geral, pode-se dizer que as duas frações proteicas formadoras de glúten (gliadinas e gluteninas) prestam importantes contribuições para as propriedades reológicas da massa, mas suas funções são divergentes. As gliadinas possuem pouca elasticidade e são menos coesivas do que as gluteninas. Elas contribuem principalmente para a viscosidade e extensibilidade da massa. Em contraste, as gluteninas são coesivas e elásticas e são responsáveis pela força e elasticidade da massa (PARK et al., 2006; WIESER, 2007; XU et al., 2007). Assim, o glúten pode ser entendido como uma espécie de “cola” constituída por dois componentes, no qual as gliadinas podem funcionar

como solventes para as gluteninas. Uma mistura apropriada das duas frações é essencial para melhorar as propriedades viscoelásticas da massa e a qualidade do produto final (WIESER, 2007).

1.2.8 Panificação Experimental

O pão é provavelmente o mais antigo dos alimentos processados. É pouco provável conseguir identificar o momento histórico em que ele foi criado, mas é provável que o local seja o Oriente Médio, onde também estão as origens da produção de cereais. O objetivo do processo de panificação é converter o trigo, a farinha e os outros ingredientes em alimento leve, aerado e palatável (CAUVAIN, 2001).

Atualmente, a população brasileira consome cerca de 914 mil toneladas de pães por ano, gerando volume de 2,701 milhões de reais (ABIMA, 2010), o que demonstra um mercado expressivo. Periódicos internacionais dedicados aos estudos de ciência e tecnologia de cereais atestam o esforço de pesquisas aplicadas a estudos dos fatores que influenciam a qualidade do pão. O objetivo destes estudos é alcançar a boa qualidade do pão, o que merece atenção minuciosa (ARPITA MONDAL, 2008).

A panificação vem sendo praticada ao longo do tempo, mas o entendimento do processo em sua totalidade ainda não está completamente esclarecido. Uma das possíveis razões para isso, é que vários processos físicos fundamentais e complexos ocorrem durante o cozimento, como a evaporação da água, expansão de volume, gelatinização do amido, desnaturação de proteínas, formação da crosta, entre outros (ARPITA MONDAL, 2008).

Na panificação, trigo e água são os ingredientes mais importantes, pois afetam a textura do produto final. Na elaboração de pães, a farinha de trigo contribui em 100% e o restante dos ingredientes é um percentual da totalidade do peso. Dessa forma, considerando-se 100% de farinha, a participação dos outros ingredientes é de cerca de 2% para o fermento, 4% para o açúcar, 2% para o sal e 3% para gordura (ARPITA MONDAL, 2008).

Na fabricação de pães, durante o processo de mistura o gás é ocluído e concentrado na fase líquida da massa na forma de pequenos

núcleos. Nenhuma oclusão de gás ocorre nos estágios seguintes da fabricação do pão. Entretanto, os estágios subsequentes causam subdivisão das células existentes, melhorando o seu número e a sua distribuição de tamanho (SROAN et al., 2009).

O volume do pão pode ser definido a partir da expansão da massa, que depende de como a fina matriz glúten-amido pode ser esticada antes de atingir o limite de expansão ou ponto de ruptura (GANDIKOTA; MACRITCHIE, 2005).

A reologia da matriz glúten-amido, cuja extensibilidade e força são fatores determinantes, é importante no processo de fabricação do pão. Durante o processo de expansão, a matriz glúten-amido se expande biaxialmente ($> 100\%$), devido ao excesso de pressão produzido nas células de gás por difusão do dióxido de carbono durante o crescimento e por expansão térmica dos gases durante o cozimento. Isto causa um adelgaçamento das paredes das células de gás podendo causar o seu rompimento caso ela continue a expandir ao longo desta região pouco espessa (SROAN et al., 2009). No entanto, se a tensão na região pouco espessa aumentar mais do que a deformação, esta região de parede celular ou matriz glúten-amido resistirá à deformação e o gás poderá continuar a se expandir ao longo de partes mais espessas da parede celular. Este aumento localizado de estresse em resposta à tensão em prevenção à ruptura da parede das células de gás é uma propriedade reológica necessária para a obtenção de pão com bom volume (DOBRASZCZYK; ROBERTS, 1994).

Alguns poucos passos que formam a base do processo de panificação podem ser listados como segue (CAUVAIN, 2001):

- mistura da farinha de trigo e água, juntamente com leveduras, sal e outros ingredientes específicos, em quantidades apropriadas;
- desenvolvimento da estrutura do glúten na massa através da aplicação de energia durante o processo de mistura;
- incorporação de bolhas de ar na massa durante a mistura;
- continuação do desenvolvimento da estrutura do glúten, como resultado do amassamento para modificar as propriedades reológicas da

massa e melhorar sua capacidade de expandir quando a pressão de gás aumentar devido à geração de dióxido de carbono na fermentação. Este estágio também é conhecido como maturação da massa;

- formação e modificação de componentes particulares de sabor e odor na massa;
- subdivisão da massa em peças únicas e desenvolvimento da forma;
- modificações nas propriedades físicas e reológicas das peças formadas;
- moldagem das peças para atingir a forma desejada;
- fermentação e expansão das peças durante o crescimento; e
- expansão da massa e fixação da estrutura final durante o cozimento.

Em panificação, a expressão “força da farinha” normalmente é utilizada para designar a maior ou a menor capacidade de uma farinha sofrer um tratamento mecânico ao ser misturada com água. Ela também é associada à maior ou menor capacidade de absorção de água pelas proteínas formadoras de glúten, combinadas à capacidade de retenção do gás carbônico, resultando em bom produto final, ou seja, pão com bom volume, de textura interna sedosa e de granulometria aberta (GUTKOSKI; NETO, 2002).

Apesar dos efeitos benéficos associados ao consumo de pães integrais, a aceitação deste produto pelo público é limitada devido ao seu menor volume e textura mais grosseira, em comparação ao pão de trigo a partir de farinha refinada (ROSSEL et al., 2009), consequência da presença de farelo e de germe na farinha integral de trigo, que alteram as propriedades reológicas da massa, diminuindo o seu volume específico, aumentando a firmeza do miolo, formando pão com crosta de estrutura densa, com coloração mais escura e com perfil de sabor diferente dos pães de trigo fabricados com farinha refinada de trigo (VAN HUNG et al., 2007).

O efeito da presença de farelo na qualidade de panificação vem sendo estudado. Destes estudos, é conhecido que as diferenças no desempenho da panificação podem ser devidas principalmente à presença de enzimas metabolizadoras de lipídeos presentes no farelo e no germe (KOCH, 1999).

A susceptibilidade à rancidez também é associada à farinha integral de trigo. Este tipo de farinha requer cuidadoso controle de estoque e armazenagem. Sua curta vida de prateleira, comparada com a farinha refinada, pode ser atribuída aos componentes não pertencentes ao endosperma (ROSE et al., 2008).

Existem metodologias de avaliação da qualidade da farinha para uso na produção de pães desenvolvidas, como os métodos oficiais da *American Association of Cereal Chemists*, 10-09, 10-10B e 10-11 (AACC, 2000). Estas metodologias auxiliam na predição da qualidade da farinha para utilização em produtos similares aos testados na formulação. Para outros produtos, os testes podem ser adaptados de acordo com formulações específicas e/ou processamento requerido pelo produto alvo (ATWELL, 2001).

El-Dash (1978) propôs um método de panificação e avaliação das características internas e externas dos pães, bastante utilizado no Brasil para testar a qualidade da farinha para produção de pão. Neste método são empregados escores para avaliar os parâmetros: volume do pão; cor da crosta: coloração da superfície externa superior; quebra: observada na lateral do pão expandido, fornece o aspecto da rede de glúten formada; simetria: uniformidade do pão em relação à modelagem e formato; características da crosta: aspecto físico homogêneo e espessura; cor do miolo: coloração interna do pão; célula do miolo: orifícios que formam o miolo; textura: aspecto físico do miolo referente à densidade e maciez; aroma: específico, como fermentação incompleta ou álcool; e sabor: preponderante característico ou residual.

A melhor maneira para testar a qualidade de uma farinha é elaborar a partir dela um produto forneado e analisar os parâmetros de qualidade. Na realização deste tipo de teste, é muito importante controlar todos os ingredientes na formulação e garantir que nenhuma etapa do processo sofra variações. Isto garante que os efeitos observados sejam devidos à farinha (ATWELL, 2001).

1.2.9 Perfil de textura de pães

Textura e aparência são duas importantes características sensoriais de produtos de cereais. A textura é um somatório das respostas dos sentidos táteis ao produto. As propriedades de textura de um alimento são descritas como um grupo de características físicas que são sentidas pela sensação de tocar e que estão relacionadas com a deformação, desintegração e o fluxo do alimento sob a aplicação de uma força e que são medidas objetivamente em função das variáveis força, tempo e distância. Esta definição restringe o significado às propriedades que podem ser sentidas pela boca ou pela mão e exclui características físicas, como temperatura, propriedades ópticas e elétricas, que não têm relação com a textura (BLOKSMA, 1990).

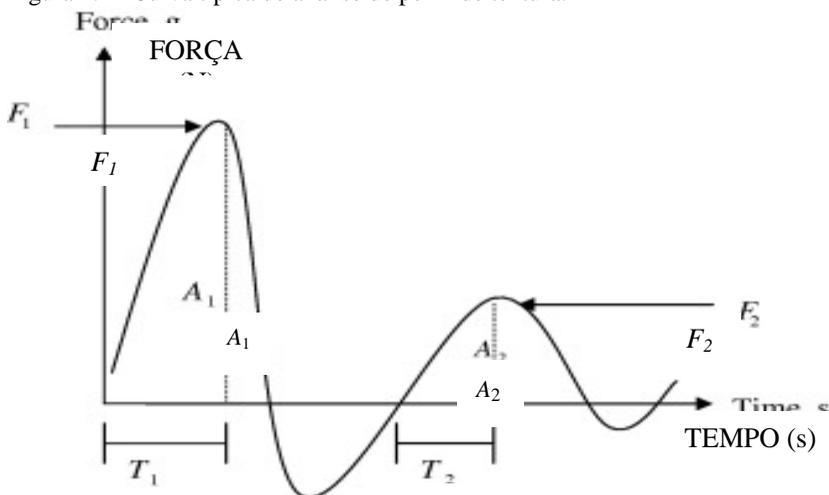
De maneira geral, pode-se dizer que a estrutura tridimensional de um alimento é caracterizada pela organização dos seus componentes macroscópicos, microscópicos e moleculares (CROWLEY et al., 2002). A textura de um alimento depende da rede tridimensional formada a partir de seus componentes individuais e, assim, com o passar do tempo, obteve reconhecimento como uma característica sensorial chave muito importante para os fabricantes de alimentos (CROWLEY et al., 2000). Dessa forma, é importante conhecer melhor as propriedades de textura dos produtos panificáveis, a fim de atender às exigências dos consumidores em termos de qualidade do produto (CROWLEY et al., 2002).

Medições instrumentais de textura são rápidas e consistentes para a prática diária e, portanto, são amplamente utilizadas (BOURNE, 1982). A análise de perfil de textura (TPA) é uma técnica que utiliza uma base comum para a avaliação de características objetivas e subjetivas do produto. Esta técnica aplica, na mesma amostra, duas sucessivas compressões que podem causar alterações irreversíveis no alimento que está sendo testado (AACC, 2000).

A classificação dos termos de análise de textura para sólidos e semi-sólidos deu origem a este método aplicável a medições sensoriais e instrumentais que envolve comprimir por duas vezes a substância testada e quantificar os parâmetros mecânicos indicados em curvas de força x deformação. Entre os principais parâmetros considerados na análise de perfil de textura estão: dureza (ou firmeza), que é a força

necessária para obter uma dada deformação; coesividade, ou a medida em que um material pode ser deformado antes de romper; elasticidade, caracterizada pela taxa na qual um material deformado é capaz de retornar à sua condição não deformada após a remoção da força de deformação; mastigabilidade, que é caracterizada pela energia requerida para triturar um alimento sólido até um estado pronto para ser engolido, e que é representada pelo valor do produto entre a dureza, a coesividade e a elasticidade; e gomosidade, ou a energia requerida para desintegrar um alimento semi-sólido até estar pronto para ser engolido, um produto de baixo grau de dureza e alto grau de coesividade (SZCZESNIAK, 2002). A Figura 1.12 ilustra uma curva típica de análise de perfil de textura.

Figura 1.12 Curva típica de análise de perfil de textura.



Legenda: firmeza T_1 F_1 ; elasticidade T_2 T_2/T_1 ; coesividade (C) = A_2/A_1 ; mastigabilidade = $F \times E \times C$.

Fonte: Adaptado de Chong et al. (2008).

1.3 Avaliação da qualidade tecnológica de farinhas integrais de trigo

Para suprir a crescente demanda por farinha integral de trigo, torna-se necessário aumentar a produção deste cereal no mundo, bem como as exigências quanto aos parâmetros de qualidade avaliados. No Brasil, os esforços realizados pela pesquisa científica confrontam com a falta de legislação para este tipo de farinha. A norma mais específica publicada até os dias de hoje foi a Resolução - CNNPA nº 12, de 24 de

julho 1978, que definia farinha integral como “o produto obtido a partir do cereal limpo, com uma extração máxima de 95% e com teor máximo de cinzas de 1,75%” (BRASIL, 1978). Esta resolução foi revogada pela Portaria nº 354, de 18 de julho de 1996 e, esta, define farinha integral, como “aquela obtida a partir do cereal limpo e com teor máximo de cinzas de 2,0% na base seca, para uso doméstico e com teor máximo de cinzas de 2,5% na base seca, para uso industrial” (BRASIL, 1996). Para farinha integral de trigo, o Brasil não dispõe de normas mais específicas.

No segmento de panificação, parte das indústrias brasileiras baseia-se na Resolução – já revogada, RDC nº 90, de 18 de outubro de 2000, que define pão integral como “o produto preparado, obrigatoriamente, com farinha de trigo e farinha de trigo integral e ou fibra de trigo e ou farelo de trigo” (BRASIL, 2000). Esta definição é vaga e deixa margem para que cada fabricante adote critérios próprios de produção, que muitas vezes descaracterizam o pão integral, que é aquele produzido a partir de farinha integral.

Esta resolução foi substituída pela Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005, que define pães como “os produtos obtidos da farinha de trigo e ou outras farinhas, adicionados de líquido, resultantes do processo de fermentação ou não e cocção, podendo conter outros ingredientes, desde que não descaracterizem os produtos. Podem apresentar cobertura, recheio, formato e textura diversos” (BRASIL, 2005a), mas que não faz menção a farinhas integrais ou pães integrais. A Instrução normativa nº 8, de 2 de junho de 2005, define farinha de trigo integral como o produto elaborado com grãos de trigo (*Triticum aestivum* L.) ou outras espécies de trigo do gênero *Triticum*, ou combinações por meio de trituração ou moagem e outras tecnologias ou processos a partir do processamento completo do grão limpo, contendo ou não o germe” (BRASIL, 2005b). Esta legislação oferece poucas informações a respeito de identidade e qualidade da farinha integral, conferindo limites apenas para teor máximo de cinzas, teor mínimo de proteínas, umidade máxima e valor máximo para acidez graxa, ou seja, o Brasil possui uma lacuna quando se trata de definição legal para farinhas integrais e para pães integrais, que são os principais produtos fabricados a partir destas farinhas.

Outras empresas do segmento seguem as orientações do *Whole Grains Council*, que procura certificar produtos integrais vendidos nos Estados Unidos através do uso de um selo. Para esta organização, pães

integrais devem conter ao menos 51% de farinha integral (WHOLE GRAINS COUNCIL, 2012).

Devido à falta de legislação específica para farinhas e produtos integrais, também praticamente não existem métodos específicos de análise de farinha integral. Entretanto, o aumento do consumo destes produtos faz surgir a necessidade de avaliar a qualidade tecnológica das farinhas integrais, sendo que, no momento, a alternativa possível mais imediata e econômica para isto é procurar adaptar as metodologias já existentes para a análise de farinha refinada para serem empregadas na avaliação das farinhas integrais. No presente trabalho, foram utilizadas estas metodologias para adaptar métodos para a avaliação da qualidade tecnológica de farinhas integrais de trigo.

1.4 REFERÊNCIAS

AACC American Association of Cereal Chemists. **Approved Methods of Analysis**, 10th Ed. Approved November 8, 2000. AACC International, St. Paul, MN, U.S.A.

AACC International. **Definition of whole grain**. Disponível em: <http://www.aaccnet.org/news/pdfs/wgPR.pdf>, 1999, acesso em 18 de agosto de 2012.

AACC International. 2006. **Letter submitted to the FDA in response to docket 2006D – 0066**. Disponível em: <http://www.aaccnet.org/definitions/pdfs/AACCIntlWholeGrainComments.pdf>, 2006, acesso em 18 de agosto de 2012.

ABIMA. Associação Brasileira das Indústrias de Massas Alimentícias. Disponível em < <http://www.abima.com.br/>>. Acesso em 18 de junho de 2011.

ADOM, K. K.; LIU, R. H. Antioxidant Activity of Grains. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 6182–6187, 2002.

ANDERSON, J. W. Whole grains and coronary heart disease: the whole kernel of truth. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 80, n. 6, p. 1459–1460, 2004.

ANSON, N. M.; BERG, R. V. D.; HAVENAAR, R.; BAST, A.; HAENEN, G. R. M. M. Ferulic acid from aleurone determines the antioxidant potency of heat grain (*Triticum aestivum* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, p. 5589–5594, 2008.

ARPITA MONDAL, A.K. D. Bread Baking – A Review. **Journal of Food Engineering**, v. 86, n. 4, p. 465–474, 2008.

ATWELL, W. A. **Wheat Flour**. Eagen Press Handbook Series. American Association of Cereal Chemists. St. Paul, 2001.

AZUDIN, N. The Milling process. In: POPPER, L.; SCHÄFER, W.; FREUND, W. **Future of Flour – A Compendium of Flour Improvement**. Kansas City: Agrimedia, 2006.

BATEY, I. L.; CURTIN, B. M. Effects on pasting viscosity of starch and flour from different operating conditions for the rapid visco analyser. **Cereal Chemistry**, v. 77, n. 6, p. 754–760, 2000.

BEAN, S. R.; CHUNG, O. K.; TUINSTRA, M. R.; PEDERSEN, J. F.; ERPELDING, J. Evaluation of the single kernel characterization system (SKCS) for measurement of sorghum grain attributes. **Cereal Chemistry**, v. 83, n. 1, p. 108–113, 2006.

BLOKSMA, A. H. Rheology of the breadmaking process. **Cereal Foods World**, v. 35, p. 237–244, 1990.

BOURNE, M. C. Principles of objective texture measurement. In: Bourne MC, editor. **Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement**. New York: Academic Press, p. 44–117, 1982.

BRABENDER® GmbH & Co. KG. Disponível on line em <www.brabender.com>, acesso em 28/07/2011.

BIAGI, J. D.; BERTOL, R.; CARNEIRO, M. C. Secagem de grãos para unidades centrais de armazenamento. In: LORINI, I.; MIIKE, L. H.; SCUSSEL, V. M. (Eds.). **Armazenagem de Grãos**. Campinas: IBG, 2002.

BRANLARD, G; DARDEVET, R; SACCOMANO, R.; LAGOUTTE, F.; GOURDON, J. Genetic diversity of wheat storage proteins and bread wheat quality. **Euphytica**, v. 119, p. 59–67, 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução - CNNPA nº 12, de 24 de julho de 1978. **Normas técnicas especiais relativas a alimentos e bebidas**. Disponível em <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_78_farinha_trigo.htm>, acesso em 29 de novembro de 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 354, de 18 de julho de 1996. **Norma Técnica referente a Farinha de Trigo**. Disponível em <http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/354_96.htm>, acesso em 29 de novembro de 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução - RDC nº 90, de 18 de outubro de 2000. **Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Pão**. Disponível em <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/2000/90_00rdc.htm>, acesso em 29 de novembro de 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução Normativa nº 7, de 15 de agosto de 2001. **Norma de identidade e qualidade do trigo**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 21 ago. 2001. Seção 1, n. 160-E, p. 33-35.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução -RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005a. **Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos**. Disponível em http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/90_00.htm, acesso em 29 de novembro de 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Resolução Normativa nº 8, de 02 de junho de 2005b. **Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da Farinha de Trigo**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 3 jun. 2005. Seção 1, n. 105, p. 91.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 38, de 30 de novembro de 2010. **Regulamento técnico do trigo**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 1 dez. 2010. Seção 1, n. 29, p. 2.

BURRELL, M. M. Starch: the need for improved quality and quantity – an overview. **Journal of Experimental Botany**, v. 54, p. 451–456, 2003.

CARR, N.; DANIELS, N.; FRAZIER, P. Lipid interactions in breadmaking. **Critical Reviews on Food Science and Nutrition**, v. 31, p. 237-258, 1992.

CAUVAIN, S. P. Breadmaking. In: Gavin Owens. **Cereals Processing Technology**. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2001.

CHEFTEL, J.C.; CHEFTEL, H. **Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos**. Zaragoza. Ed. Acribia, 1992. 333p.

CHONG, C. H.; LAW, C. L.; CLOKE, M.; HII, C. L.; ABDULLAH, L. C.; DAUD, W. R. W. Drying kinetics and product quality of dried Chempedak. **Journal of Food Engineering**, v. 88, p. 522–527, 2008.

COLLAR, C. Significance of viscosity profile of pasted and gelled formulated wheat doughs on bread staling. **European Food Research and Technology**, v. 216, p. 505–513, 2003.

COLLAR, C.; SANTOS, E; ROSELL, C. M. Significance of dietary fiber on the viscometric pattern of pasted and gelled flour-fiber blends. **Cereal Chemistry**, v. 83, p. 370–376, 2006.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2011/2012**. 9º Levantamento. Brasília: DF, junho/2012.

CONCEREAL. **Consultores cerealistas**. Disponível em <www.concereal.com>, acesso em 25 de junho de 2011.

COPELAND, L.; BLAZEJ, J.; SALMAN, H.; TANG, M. C. Form and functionality of starch. **Food Hydrocolloids**, v. 23, p. 1527-534, 2009.

CORRADINI, E.; LOTTI, C.; MEDEIROS, E. S de; CARVALHO, A. J. F.; CURVELO, A. A. S.; MATTOSO, L. H. C. Estudo comparativo de amidos termoplásticos derivados do milho com diferentes teores de

amilose. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 15, n. 4, p. 268-273, 2005.

COSTA, M. G.; SOUZA, E. L. de, STAMFORD, T. L. M.; ANDRADE, S. A. C. Qualidade tecnológica de grãos e farinhas de trigo nacionais e importados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 1, p. 220-225, 2008.

COULTATE, T. P. **Alimentos – A Química e Seus Componentes**. 3ª ed. Porto Alegre. Artmed Ed. 2004, 368 p.

CROWE, T. C.; SELIGMAN, S. A.; COPELAND, L. Inhibition of enzymic digestion of amylose by free fatty acids in vitro contributes to resistant starch formation. **Journal of Nutrition**, v. 130, p. 2006–2008, 2000.

CROWLEY, P.; GRAU H.; ARENDT, E. K. Influence of additives and mixing time on crumb grain characteristics of wheat bread. **Cereal Chemistry**, v. 77, p. 370–375, 2000.

CROWLEY, P.; SCHOBER, T. J.; CLARKE, C. I.; ARENDT, E. K. The effect of storage time on textural and crumb grain characteristics of sourdough wheat bread. **European Food Research Technology**, v. 214, p. 489–496, 2002.

DISTAAM, E. M.; CARCEA, M. Pasta from nontraditional raw materials. **Cereal Foods World**, v. 46, p. 522–530, 2001.

DOBRA SZCZYK, B. J.; ROBERTS, C. A. Strain hardening and dough gas cell-wall failure in biaxial extension. **Journal of Cereal Science**, v. 20, p. 265–274, 1994.

EL-DASH, A. A. Standardized mixing and fermentation procedure for experimental baking test. **Cereal Chemistry**, v. 55, n. 4, p. 436-446, 1978.

ELIAS, M.C. Operações de pré-armazenamento, armazenamento e conservação de grãos. In: ELIAS, M.C. (Ed.) **Pós-colheita de Arroz: Secagem, Armazenamento e Qualidade**. Pelotas: Edgraf UFPel, p. 147-244, 2007.

FARONI, L. R. D.; BERBERT, P. A.; MARTINAZZO, A. P.; COELHO, E. M. Qualidade da farinha obtida de grãos de trigo fumigados com dióxido de carbono e fosfina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 354–357, 2002.

FDA. Dietary guidelines for Americans, 2005. Hyattsville, MD: USDA Human Nutrition Information Service. Disponível online em <<http://www.fda.gov/Food/GuidanceComplianceRegulatoryInformation/GuidanceDocuments/FoodLabelingNutrition/ucm059088.htm>>, acesso em 18 de maio de 2010.

FINNIE, S. M.; JEANNOTTE, R.; FAUBION, J. M. Quantitative Characterization of Polar Lipids from Wheat Whole Meal, Flour, and Starch. **Cereal Chemistry**, v. 86, n. 6, p. 637–645, 2009.

GANDIKOTA, S.; MACRITCHIE, F. Expansion capacity of doughs: methodology and applications. **Journal of Cereal Science**, v. 42, p. 157–163, 2005.

GONELI, A. L. D.; CORRÊA, P. C.; RESENDE, O.; REIS NETO, S. A dos. Estudo da difusão de umidade em grãos de trigo durante a secagem. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n.1, p. 135-140, 2007.

GRANOTEC. Disponível on line em <www.granotec.com.br>, acesso em 25 de junho de 2011.

GREFFEUILLE, V.; ABECASSIS, J.; HELGOUACH, C. B. L. V.; LULLIEN-PELLERIN, V. Differences in the aleurone layer fate between hard and soft common wheats at grain milling. **Cereal Chemistry**, v. 82, n. 2, p. 138–143, 2005.

GUTKOSKI, L. C.; KLEIN, B.; PAGNUSSATT, F. A.; PEDÓ, I. Características tecnológicas de genótipos de trigo (*Triticum aestivum* L.) cultivados no cerrado. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 3, p. 786–792, 2007.

GUTKOSKI, L. C.; NETO, R. J. Procedimento para teste laboratorial de panificação - pão tipo forma. **Ciência Rural**, v. 32, n. 5, p. 873-879, 2002.

GWIRTZ, J. A.; WILLYARD, M. R.; McFALL, K.L. Wheat: More Than Just a Plant. In: POPPER, L.; SCHÄFER, W. & FREUND, W. **Future of Flour – A Compendium of Flour Improvement**. Kansas City: Agrimedia, 2006.

HOSENEY, R. C. **Principios de Ciencia y Tecnología de los Cereales**. Zaragoza: Acribia, 1991. 321p.

IGC. International Grains Council. Disponível em <<http://www.igc.int/en/Default.aspx>>. Acesso em 05 de junho de 2012.

INTA. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Disponível on line em <<http://www.inta.gov.ar/index.asp>>, acesso em 25 de junho de 2011.

JONES, J. M.; ENGLESSION, J. Whole Grains: Benefits and Challenges. **Annual Reviews Food Science and Technology**, n.1, p. 19-40, 2010.

KOCH, H-J.; PRINGAS, C.; MAERLAENDER, B. Evaluation of environmental and management effects on Fusarium head blight infection and deoxynivalenol concentration in the grain of winter wheat. **European Journal of Agronomy**, v. 24, n. 2, p. 357-366, 2006.

KOCH, S.; TAYLOR, J.; TAYLOR, J. R. N. Effect of heat treatment and particle size of different brans on loaf volume of brown bread. **LWT – Food Science and Technology**, v. 32, p. 349–356, 1999.

LANG, R., JEBB, S. A. Who consumes whole grains, and how much? **Periodical Nutrition Society**, v. 62, p. 123-127, 2003.

LEON, E.; PISTON, F.; AOUNI, R.; SHEWRY, P. R.; ROSELL, C. M.; MARTIN, A.; BARRO, F. Pasting properties of transgenic lines of a commercial bread wheat expressing combinations of HMW glutenin subunit genes. **Journal of Cereal Science**, v. 51, p. 344–349, 2010.

LIYANA-PATHIRANA, C. M.; SHAHIDI, F. Importance of insoluble-bound phenolics to antioxidant properties of wheat. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 4, p. 1256–1264, 2006.

LIU, R. H. Potencial synergy of phytochemicals in cancer prevention: Mechanism of action. **Journal of Nutrition**, n. 134, p. 3479–3485, 2004.

LIU, R. H. Whole grain phytochemicals and health. **Journal of Cereal Science**, v. 46, n. 46, p. 207–219, 2007.

MASCI, S.; D'OVIDIO, R.; LAFIANDRA, D.; KASARDA, D. D. A 1B-coded low-molecular-weight glutenin subunit associated with quality in durum wheats shows strong similarity to a subunit present in some bread wheat cultivars. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 100, p. 396-400, 2000.

MELLADO, M. Z. **El trigo en Chile**. INIA n° 121. 684 p. Instituto de investigaciones agropecuarias. Chillá, Chile, 2006.

MÓDENES, A. P.; SILVA, A. M.; TRIGUEROS, D. E. G. Avaliação das propriedades reológicas do trigo armazenado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 3, p. 508–512, 2009.

MORRISON, W. R. Starch lipids and how they relate to starch granule structure and functionality. **Cereal Foods World**, v. 40, p. 437 – 446, 1995.

NEWPORT SCIENTIFIC. Instruction manual for the series 4 rapid visco analyzer. Newport Scientific Pty. Ltd., 2001, Australia. p. 1-45. Disponível em:
<<http://www.newport.com.au/products/brochures/manuals/RVA-4%20Operation%20manual%2025-08-03.pdf>>.

OKARTER, N.; LIU, C. S.; SORRELLS, M. E.; LIU, R. H. Phytochemical content and antioxidant activity of six diverse varieties of whole wheat. **Food Chemistry**, v. 119, p. 249–257, 2010.

PARK, S. H.; BEAN, S. R.; CHUNG, O. K.; SEIB, P. A. Levels of Protein and Protein Composition in Hard Winter Wheat Flours and the Relationship to Breadmaking. **Cereal Chemistry**, v. 83, n. 4, p. 418–423, 2006.

PAYNE, P. I.; LAWRENCE, G. J. Catalogue of alleles for the complex gene loci, Glu-A1, Glu-B1, and Glu-D1 which code for high-molecular-

weight subunits of glutenin in hexaploid wheat. **Cereal Research Communications**, v. 11, n. 1, p. 29-35, 1983.

PAYNE, P. I.; NIGHTINGALE, M. A.; KRATTIGER, A. F.; HOLT, L. M. The relationship between HMW glutenin subunit composition and the bread-making quality of British-grown wheat varieties. **Journal of the Science of Food Agriculture**, v. 40, n. 1, p. 51-65, 1987.

PEARSON, T.; WILSON, J.; GWIRTZ, E.; MAGHIRANG, E.; DOWELL, F; McCLUSKEY, P.; BEAN, S. Relationship Between Single Wheat Kernel Particle-Size Distribution and Perten SKCS 4100 Hardness Index. **Cereal Chemistry**, v. 84, n. 6, p. 567-575, 2007.

PELLEGRINI, N.; SERAFINI, M.; SALVATORE, S.; DEL RIO, D.; BIANCHI, M.; BRIGHENTI, F.
Total antioxidant capacity of spices, dried fruits, nuts, pulses, cereals and sweets consumed in Italy assessed by three different in vitro assays. **Molecular Nutrition and Food Research**, v. 50, n. 11, p. 1030-1038, 2006.

PERTEN. Disponível on line em <www.perten.com>, acesso em 28 de junho de 2011.

PETERSON, D.G.; FULCHER, R. G. Variation in Minnesota HRS wheats: starch granule size distribution. **Food Research International**, v. 34, p. 357 - 363, 2001.

POPPER, L.; SCHÄFER, W.; FREUND, W. **Future of Flour – A Compendium of Flour Improvement**. Kansas City: Agrimedia, 2006.

PRABHASANKAR, P.; SUDHA, M.L.; HARIDAS, R. Quality characteristics of wheat flour milled streams. **Food Research International**, v. 33, p. 381-386, 2000.

QUAGLIA, G. **Ciencia y Tecnologia de la Panificación**. Zaragoza: Acibia, 1991.

ROJAS, J. A.; ROSELL, C. M.; BENEDITO, C. Pasting properties of different wheat flour-hydrocolloid systems. **Food Hydrocolloids**, v. 13, p. 27-33, 1999.

ROSE, D. J. et al. Enhanced Lipid Stability in Whole Wheat Flour by Lipase Inactivation and Antioxidant Retention. **Cereal Chemistry**, v. 85, n. 2, p. 218–223, 2008.

ROSELL, C.M.; SANTOS, E.; SANTOS, J. M.; SANZ PENELLA, M. H. Wholemeal wheat bread: A comparison of different breadmaking processes and fungal phytase addition. **Journal of Cereal Science**, v. 50, p. 272–277, 2009.

ROSS, A. S.; WALKER, C. E.; BOOTH, R. I.; ORTH, R. A.; WRIGLEY, C. W. The Rapid Visco-Analyser: A new technique for the estimation of sprout damage. **Cereal Foods World**, v. 32, p. 827–829, 1987.

SALMAN, H; COPELAND, L. Effect of repeated heating and cooling cycles on the pasting properties of starch. **Journal of Cereal Science**, v. 51, p. 105-109, 2010.

SCHEUER, P. M. **Caracterização de Cultivares Brasileiras de Trigo com Indicação de Aplicabilidade Tecnológica**. 2009. 128 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

SGARBIERI, V. C. **Proteínas em Alimentos Proteicos**. São Paulo: Varela, 1996. p. 184-193.

SHAO, Y. Y.; TSENG, Y. H.; CHANG, Y. H.; LIN, J. H.; LII, C. Y. Rheological properties of rice amylose gels and their relationships to the structures of amylose and its subfractions. **Food Chemistry**, v. 103, p. 1324–1329, 2007.

SHEWRY, P. R.; TATHAM, A. S.; FIDO, R.; JONES, H.; BARCELO, P.; LAZZERI, P. A. Improving the end use properties of wheat by manipulating the grain protein composition. **Euphytica**, v. 119, p. 45-48, 2001.

SHEWRY, P. R.; GILBERT, S. M.; SAVAGE, A. W. J.; TATHAM, A. S.; WAN, Y. F.; BELTON, P. S.; WELLNER, N.; D'OIDIO, R.; BE'KE's, F.; HELFORD, N. G. Sequence and properties of HMW subunit 1Bx20 from pasta wheat (*Triticum durum*) which is associated

with poor end use properties. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 106, n. 744–750, 2003.

SHEWRY, P. R. Wheat. **Journal of Experimental Botany**, v. 60, n. 6, p. 1537–1553, 2009.

SINGH, S.; SINGH, N.; MACRITCHIE, F. Relationship of polymeric proteins with pasting, gel dynamic- and dough empirical-rheology in different Indian wheat varieties. **Food Hydrocolloids**, v. 25, P. 19–24, 2011.

SOH, H. N., SISSONS, M. J.; TURNER, M. A. Effect of starch granule size distribution and elevated amylase content on durum dough rheology and spaghetti cooking quality. **Cereal Chemistry**, v. 83, p. 513–519, 2006.

SROAN, B. S.; BEAN, S. R.; MACRITCHIE, F. Mechanism of gas cell stabilization in bread making. I. The primary gluten–starch matrix. **Journal of Cereal Science**, v. 49, p. 32–40, 2009.

SROAN, B. S.; MACRITCHIE, F. Mechanism of gas cell stabilization in breadmaking. II. The secondary liquid lamellae. **Journal of Cereal Science**, v. 49, p. 41–46, 2009.

STODDARD, F. L. Survey of starch particle-size distribution in wheat and related species. **Cereal Chemistry**, v. 76, p. 145 - 149, 1999.

SYMONS, L. J.; BRENNAN, C. S. The effect of barley beta-glucan fiber fractions on starch gelatinization and pasting characteristics. **Journal of Food Science**, v. 69, p. 257–261, 2004.

SZCZESNIAK, A. S. Texture is a sensory property. **Food Quality and Preference**, v. 13, p. 215 – 225, 2002.

TOHIDFAR, G.; MOHAMMADI, M.; GHAREYAZIE, B.; MOHAMMADI, A. Relationships between HMW-GS and breadmaking quality in advanced wheat lines. **Cereal Foods World**, v. 49, n. 1, p. 28–34, 2004.

TORRES, G. A. M.; MIRANDA, M. Z.; NICOLAU, M.; CONSOLI, L.; TOMAZIN, T. **Estudos preliminares da associação de gluteninas de alto peso molecular e parâmetros de qualidade tecnológica de trigo**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. 13 p. html. Embrapa Trigo.

Documentos Online, 101. Disponível em <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do101.htm>. Acesso em 09 de julho de 2011.

TORRES, G. A. M.; SIMIONI, A.; GAMBIM, E.; TOMAZIN, T. **Proteínas de reserva do trigo: gluteninas**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. 11 p. html. Embrapa Trigo. Documentos Online, 117. Disponível em <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do117.htm>. Acesso em 09 de julho de 2011.

TORRES, G. A. M.; CONSOLI, L.; ALBUQUERQUE, A. C. S.; SCHEEREN, P. L. **Análises de gluteninas na Embrapa Trigo**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2010. 12 p. html. Embrapa Trigo. Boletim de pesquisa e desenvolvimento online, 76. Disponível em <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/bp/p_bp76.htm>, acesso em 09 de julho de 2011.

USDA. United States Department of Agriculture. Disponível em <http://www.usda.gov/wps/portal/usda>, acesso em 05 de agosto de 2011.

VAN HUNG, P.; MAEDA, T.; MORITA, N. Dough and bread qualities of flours with whole waxy wheat flour substitution. **Food Research International**, v. 40, p. 273–279, 2007.

VÁZQUEZ, D. **Aptitud Industrial de Trigo**. Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología Del INIA. Série Técnica, v. 177, p. 8–32, 2009.

VITOLO, M. R.; CAMPAGNOLO, P. D. B; GAMA, C. M. Fatores associados ao risco de consumo insuficiente de fibra alimentar entre adolescentes. **Jornal de Pediatria**, v 83, n. 1, p. 47-52, 2007.

WANG, J.; ZHAO, M.; ZHAO, Q. Correlation of glutenin macropolymer with viscoelastic properties during dough mixing. **Journal of Cereal Science**, v. 45, p. 128-133, 2007.

WHEAT and flour testing methods: a guide to understanding wheat and flour quality. Portland, Oregon: Wheat Marketing Center, 2004. 71p.

WHOLE GRAINS COUNCIL. Disponível em <<http://www.wholegrainscouncil.org/>>. Acesso em 28 de maio de 2011.

WIESER, H. Chemistry of gluten proteins. **Food Microbiology**, v. 24, p. 15–119, 2007.

WHOLE GRAINS COUCIL. **Whole Grains at every meal**. Disponível em <<http://www.wholegrainscouncil.org/>>, acesso em 29 de novembro de 2012.

XU, J.; BIETZ, J. A.; CARRIERE, C. J. Viscoelastic properties of wheat gliadin and glutenin suspensions. **Food Chemistry**, v. 101, p. 1025–1030, 2007.

YONEMOTO, P. G.; CALORI-DOMINGUES, M. A.; FRANCO, C. M. L. Efeito do tamanho dos grânulos nas características estruturais e físico-químicas do amido de trigo. **Ciência e Tecnologia Alimentar**, v. 27, n. 4, p. 761-771, 2007.

ZANATTA, A. C. A.; SILVA, S. D. dos A.; MILANI, W.; LUZA, J.; ARENDT, P. **Uso de marcadores proteicos 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. Documentos online, 85). Disponível em <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_co85.htm>. Acesso em 13 de julho de 2011.

ZENG, M., MORRIS, C. F.; BATEY, I. L.; WRIGLEY, C. W. Sources of variation for starch gelatinization, pasting, and gelation properties in wheat. **Cereal Chemistry**, v. 74, n. 1, p. 63–71, 1997.

CAPÍTULO 2

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E REOLÓGICA DE FARINHAS INTEGRAIS DE TRIGO (*TRITICUM AESTIVUM* L.) E SUAS MESCLAS COM FARINHA REFINADA

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E REOLÓGICA DE FARINHAS INTEGRAIS DE TRIGO (*TRITICUM AESTIVUM* L.) E SUAS MESCLAS COM FARINHA REFINADA

*Physic-chemical and rheological characterization of whole wheat flour (*Triticum aestivum* L.) and its blends with refined flour*

Resumo

No Brasil, 75% do trigo utilizado é destinado à produção de farinha refinada e 5% para farinha integral. No Brasil e no mundo são escassas as análises padronizadas para avaliação de qualidade tecnológica de farinha integral de trigo. Este estudo avaliou as características físico-químicas e reológicas de duas amostras comerciais de farinhas integrais de trigo e suas misturas com farinha refinada em porcentagens de 20, 40, 60 e 80%. Métodos da AACC (2000) foram utilizados para as análises. Os resultados obtidos comprovaram que os métodos testados foram efetivos tanto para avaliação da qualidade tecnológica de farinhas refinadas, quanto de farinhas integrais e suas mesclas com farinhas refinadas. Entretanto, as camadas fibrosas do grão presentes nas farinhas integrais e nas mesclas destas com farinha refinada, interferem nos atributos de qualidade tecnológica proporcionalmente ao seu aumento na mescla. Para melhor compreensão da qualidade tecnológica de farinhas integrais são indicados métodos complementares, para verificar o comportamento do amido, como a avaliação das propriedades de pasta, e das farinhas na forma de produto final, como testes de panificação.

Palavras-chave: farinha de trigo, qualidade tecnológica, propriedades físico-químicas, características da massa.

Abstract

In Brazil, 75% of wheat is used for refined flour production and 5% for the whole flour. In Brazil and in the world there are few standardized tests for evaluating the technological quality of whole wheat flour. This study evaluated the physic-chemical and rheological properties of two commercial samples of whole wheat flour and mixtures with refined flour in percentages of 20, 40, 60, and 80%. AACC methods (2000) were used for the analyses. The results proved that the quality methods tested were effective for refined flours, as well for whole flours and their blends with refined flour for technological quality evaluation. However, the grain fibrous layers present in the whole flour and their blends with refined flour, interfere with technological quality attributes

proportionally to its in the blend increase. For a better understanding of whole flour technological quality, complementary methods are suggested to verify starch behavior, the pasta property evaluation, and the performance of the flour in the end-product form, as in the baking tests.

Key-words: whole flour, technological quality, physic-chemical properties, dough characteristics.

2.1 Introdução

O trigo (*Triticum aestivum*) é uma das três grandes culturas de cereais e sua produção mundial chega a ultrapassar 670 milhões de toneladas ao ano (IGC, 2011). No Brasil, a produção anual de trigo oscila entre 5 e 6 milhões de toneladas e cerca de 90% de sua produção está concentrada no sul do país (EMBRAPA, 2012). O trigo é o principal grão das regiões de clima temperado e seus parâmetros de qualidade são importantes para a fabricação de produtos derivados (MacRITCHIE, 1984).

No Brasil, produtos elaborados a partir de farinha de trigo refinada são predominantes no mercado, visto que 75% do trigo é destinado à produção de farinha, e destes, apenas cerca de 5% são utilizados para a produção de farinha integral. Entretanto, o consumo de farinha integral vem crescendo, em grande parte devido às farinhas de grãos integrais serem recomendadas para a promoção da saúde, como alimentos funcionais, principalmente por serem ricos em fibras alimentares.

Sabe-se que nos alimentos, as fibras e demais componentes das farinhas integrais, como lipídeos e enzimas apresentam influência na qualidade nutricional e tecnológica do produto final, com notáveis diferenças na geleificação do amido, capacidade de retenção de água, nas características sensoriais e na vida de prateleira (WANG et al., 2002).

A fibra alimentar rompe as bolhas de ar em produtos contendo farinha, fazendo com que os gases produzidos no processo de fermentação difundam, diminuindo o volume.

Assim, devido ao efeito detrimental da fibra insolúvel na qualidade tecnológica de produtos forneados, especialmente os pães, a farinha integral de trigo é usada, nas empresas panificadoras, em mesclas com farinha de trigo refinada, em proporções que podem variar de 10 a 40%.

No Brasil, também é comum encontrar farinha de trigo originada pela mistura de farelo à farinha refinada, em diferentes proporções, após a moagem, e que são comercializadas como farinha de trigo integral. A falta de legislação específica no país para farinha integral provê a possibilidade para este tipo de comércio. Além disso, em todo o mundo, são escassas as análises padronizadas para avaliação de qualidade de farinha integral.

O objetivo deste estudo foi avaliar as características físicas, químicas e reológicas de duas amostras comerciais de farinhas integrais de trigo produzidas no Brasil, bem como de suas misturas com farinha refinada, em proporções de 20, 40, 60 e 80% (totalizando 12 produtos), visando relacioná-las com suas respectivas farinhas de trigo refinadas, para obter informações que possam ser utilizadas na fabricação de produtos finais.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Material

2.2.1.1 Grão e farinha integral de trigo

Foram obtidas amostras de grãos de trigo (*Triticum aestivum* L.), safra de 2009, e de sua respectiva farinha integral (FI), de dois diferentes fornecedores comerciais brasileiros, que foram denominados (A) e (B).

2.2.1.2 Amostras de farinha de trigo refinada

A farinha refinada (FR) foi obtida pela moagem dos grãos de trigo em moinho de laboratório (modelo Quadrumat Senior, marca Brabender, Alemanha), de acordo com o método 26-10A (AACC, 2000).

2.2.1.3 Obtenção das mesclas de FI e FR

Após o processo de moagem, foram preparadas misturas contendo diferentes proporções de farinha integral (FI) e farinha refinada (FR), codificadas como: FR, 100% FR; 20FI-80FR, mistura de 20% FI e 80% FR; 40FI-60FR, mistura de 40% FI e 60% FR; 60FI-40FR, mistura de 60% FI e 40% FR; 80FI-20FR, mistura de 80% FI e 20% FR e FI, com 100% FI. As mesclas de farinha com diferentes proporções de FI e FR foram armazenadas em *freezer* até o momento de realização das análises.

2.2.2 Métodos

2.2.2.1 Caracterização físico-química

O teor de umidade dos grãos de trigo foi determinado utilizando medidor de umidade portátil (modelo 46233-1429, marca Dickey-John, EUA) e expresso como g/kg^{-1} .

A atividade de água dos grãos (A_wG) e da farinha de trigo (A_wF) foi determinada em equipamento AQUALAB (modelo 3-TE, marca Decagon Devices Inc., EUA).

O peso do hectolitro (PH) do trigo foi determinado em balança Dalle Molle de acordo com Brasil (1992), e os resultados expressos em kg/hl . O peso de mil grãos (PMG) foi determinado pela coleta aleatória de 100 grãos e pesagem em balança eletrônica, sendo o valor médio usado para o cálculo do PMG (BRASIL, 1992).

O índice de dureza dos grãos foi determinado conforme método nº 55-31 da *American Association of Cereal Chemist* (AACC, 2000), em equipamento SKCS (Single Kernel Characterization System, modelo 4100, Perten Instruments, EUA).

A avaliação da cor das farinhas e de suas mesclas foi realizada em colorímetro (modelo Chromo Meter CR 400, marca Minolta, Japão), acoplado a processador DP-100, com iluminante D65 e ângulo de 10° . Foi utilizado sistema de avaliação CIE (Commission Internationale de l'Eclairage, ou Comissão Internacional de Iluminação), com parâmetros de cor: L^* , a^* , e b^* , onde L^* corresponde à luminosidade (0 = preto e 100 = branco); a^* e b^* são coordenadas de cromaticidade: a^*

corresponde à variação de cor de verde (-60) a vermelho (+60); b* corresponde à variação de cor de azul (-60) a amarelo (+60).

A análise granulométrica das farinhas e suas mesclas foi realizada pelo método nº 66-20 (AACC, 2000), utilizando conjunto de peneiras (32, 40, 60, 80 e 100 mesh, com aberturas de malhas de 500, 338, 250, 180 e 150 μm , respectivamente) acopladas a suporte vibratório (modelo D-55743, Fritsch, Alemanha), sendo a peneiração por 5 minutos.

A análise de teor de glúten foi realizada pelo método nº 38-12 (AACC, 2000), foi determinada em equipamento Glutomatic (modelo 2100, marca Perten Instruments, EUA), que fornece valores de índice de glúten, glúten úmido e glúten seco. Para as farinhas integrais e suas mesclas, inicialmente foi empregada a peneira fina de poliéster usualmente utilizada neste método (de 88 μm de abertura) durante 120 segundos, até que a massa fosse formada. Após este período, foi utilizada peneira de abertura maior (840 μm) para que fosse possível a eliminação das camadas fibrosas das farinhas integrais durante o restante do período de lavagem.

A atividade da enzima α -amilase foi determinada pelo número de queda pelo método nº 56-81B (AACC, 2000), em equipamento Falling Number (modelo FN 1800, marca Perten Instruments, EUA).

As análises descritas foram realizadas em triplicata, à exceção das análises de granulometria, teor de glúten e atividade da enzima α -amilase, que foram realizadas em duplicata.

2.2.2.2 Composição química aproximada

A composição físico-química das amostras de farinha dos fornecedores A e B e suas respectivas mesclas foi avaliada de acordo com os métodos oficiais da AACC (2000). O teor de umidade das amostras foi determinado por secagem em estufa a 130 °C por 1 h (método nº 44-15A). O teor de proteína bruta foi determinado pelo método de Kjeldahl (método nº 46-10). Para converter o valor de nitrogênio total em proteína bruta, foram utilizados os fatores de conversão de 5,7 para as amostras de farinha refinada, de 5,83 para as amostras de farinha integral e de 5,76 para as mesclas. O teor de lipídeos foi determinado utilizando o método de extração em Soxhlet (método nº

30-25). O teor de cinzas foi determinado por incineração em forno mufla a 525 °C por 5 h (método nº 01-08). As fibras alimentares solúvel e insolúvel (método 32-07) e o amido total (método 76-13) foram analisados através de kits enzimáticos (marca Megazyme Internacional Ireland Ltd, Bray, Irlanda).

2.2.2.3 Caracterização reológica

As características reológicas das farinhas obtidas dos fornecedores A e B e suas respectivas mesclas foram avaliadas de acordo com os métodos oficiais da AACCC (2000) sendo realizadas em duplicatas.

As propriedades viscoelásticas das farinhas foram analisadas por alveografia (método nº 54-30A), em alveógrafo (modelo NG, marca Chopin, França). Os parâmetros considerados foram: tenacidade (P), que mede a pressão máxima necessária para expandir a massa, expressa em milímetros (mm); extensibilidade (L), que mede a capacidade de extensão da massa sem se romper, expressa em mm; relação ente P/L; índice de intumescimento (G), força de glúten (W), que representa o trabalho de deformação da massa, expressa em 10^{-4} J e índice de elasticidade (Ie), que permite predizer o comportamento reológico da massa.

As propriedades de mistura das farinhas foram avaliadas através do método ICC (115/1) empregando farinógrafo (modelo Typ 820600, marca Brabender, Alemanha), utilizando 50 g de amostra (corrigida para 14% de umidade), velocidade de mistura de 63 rev/min-1 e consistência de 500 Unidades Farinográficas (UF). Os parâmetros avaliados foram: absorção de água (ou a quantidade de água necessária para a massa atingir a consistência de 500 UF, expresso em %); estabilidade (diferença entre o tempo relativo ao ponto em que o máximo da curva intercepta a linha média de 500 UF e o tempo relativo ao ponto em que o topo da curva deixa a mesma linha, expresso em minutos e que fornece indicação da tolerância da farinha à mistura); e índice de tolerância à mistura (ITM, expresso em UF).

2.2.2.4 Perfil de gluteninas de alto peso molecular

A extração das proteínas de reserva foi realizada apenas com as amostras das farinhas (FI e FR), dos fornecedores (A) e (B), totalizado

quatro amostras. Foi utilizado o método de eletroforese em gel de poliacrilamida com dodecil sulfato de sódio (SDS-PAGE). O procedimento foi realizado de acordo com o protocolo desenvolvido por Singh et al. (1991) com algumas modificações, que utiliza 20 mg de amostra de farinha. Os extratos de gluteninas foram submetidos à desnaturação e aplicados em gel de SDS-PAGE. Após a eletroforese, o gel foi corado com Coomassie Brilliant Blue R250 e G250 (BLAKESLEY; BOEZI, 1977) e posteriormente com corante de Blakesley. Finalmente, o gel foi digitalizado utilizando densitômetro calibrado (modelo GS-800, Bio-Rad, EUA) e a composição de HMW-GS (subunidades de gluteninas de elevado peso molecular) das quatro amostras foi identificada como descrito por Payne e Lawrence (1983).

2.2.2.5 Análise estatística dos resultados

Os dados foram analisados utilizando o programa SAS 9.1. Os valores médios foram comparados ao nível de 5% de probabilidade utilizando teste de Tukey. Os resultados da análise de cor foram sujeitos ao teste de Duncan ao nível de 5% de significância.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Caracterização física dos grãos de trigo

Na Tabela 2.1 pode ser observado que todos os parâmetros usados para a caracterização física dos grãos apresentaram valores significativamente superiores para a amostra do fornecedor A.

Tabela 2.1 Caracterização física das amostras de grãos A e B.

<i>Característica do grão</i>	Amostra A	Amostra B
Umidade do grão (%)	12,21 ^a ± 0,04	11,33 ^b ± 0,03
Atividade de água, A_w	0,644 ^a ± 0,002	0,630 ^b ± 0,001
Peso do hectolitro, PH (kg/hL)	84,95 ^a ± 0,00	82,81 ^b ± 0,14
Peso de mil grãos, PMG (g)	41,23 ^a ± 0,41	37,37 ^b ± 0,23
Índice de dureza, ID	85,41 ^a ± 0,81	76,18 ^b ± 1,57

Valores médios na mesma linha seguidos por letras diferentes são significativamente diferentes ($p < 0,05$). Resultados expressos como média de três determinações \pm desvio padrão.

De acordo com os resultados, foi observado que os grãos de trigo da amostra A (12,21 %) apresentaram umidade do grão significativamente superior ($p < 0,05$) aos grãos da amostra B (11,33 %).

Valores de umidade inferiores a 13% são recomendados para garantir a conservação e a armazenagem dos grãos (FARONI et al., 2002). Os valores obtidos para ambas as amostras estão de acordo com os valores determinados pela legislação brasileira, que estabelece em 13% o valor de umidade máxima para grãos de trigo (BRASIL, 2001).

Ambas as amostras apresentaram valores de atividade de água intermediária (A_w entre 0,60 e 0,90), o que indica boa faixa para conservação, sendo que a amostra de grãos A (0,664) apresentou valor significativamente ($p < 0,05$) superior à amostra de grãos B (0,630). A diminuição do conteúdo de água dos produtos agrícolas é o processo mais utilizado para preservar a qualidade e estabilidade durante o armazenamento. Ela é baseada no fato de que, tanto micro-organismos como enzimas necessitam de água para sua atividade metabólica. Quando o conteúdo de água é reduzido a níveis seguros, a atividade de água, a velocidade das reações químicas no produto e o desenvolvimento de micro-organismos também são reduzidos (GONELI et al., 2007).

O peso do hectolitro (PH) é utilizado para a comercialização, e expressa, indiretamente, a qualidade do grão. Os resultados revelam que o PH obtido para os grãos da amostra A (84,95 kg/hL) foi significativamente superior ($p < 0,05$) ao da amostra B (82,81 kg/hL). O PH é considerado importante índice de qualidade para a indústria moageira. Sabe-se que, quanto maior o valor do peso do hectolitro, maior a aceitação do produto no mercado (MAZZUCO et al., 2002), embora seja conhecido que nem sempre está relacionado ao rendimento de moagem para a extração de farinha.

De acordo com os parâmetros umidade e PH, pela legislação brasileira em vigor desde 01 de julho de 2012 (IN nº 38, de 30/11/2010),

as duas amostras podem ser classificadas como trigo tipo 1 (BRASIL, 2010).

Os valores de peso de mil grãos (PMG) da amostra de grãos A (41,23 g) e da amostra de grãos B (37,37 g) e de diâmetro do grão das amostras A (2,83 mm) e B (2,79 mm) diferiram significativamente entre si ($p < 0,05$). O PMG e o diâmetro do grão são importantes parâmetros no processo de moagem. O PMG é calculado de acordo com a densidade do grão, pois grãos densos possuem elevada proporção do endosperma. Além disso, o PMG é utilizado como indicador de qualidade porque representa o enchimento do grão (RIBEIRO, 2009).

Em relação ao índice de dureza do grão (ID), os valores obtidos para a amostra de grãos A (85,41) e para a amostra de grãos B (76,18) diferiram entre si ($p < 0,05$), o que conforme a AACC, (2000), os classifica como muito duros (81-90) e duros (65-80), respectivamente. Assim, observando somente o ID, os grãos de trigo das amostras A e B podem ser indicados para a produção de pães e de produtos fermentados (ATWELL, 2001), enquanto que os grãos da amostra A podem ser utilizados também para fabricação de massas, devido à sua elevada dureza.

A dureza é uma característica genética relacionada com a capacidade de moagem e não com a qualidade de panificação. Entretanto, quanto mais duro for o grão, maior deverá ser seu conteúdo proteico e a qualidade de panificação (MELLADO, 2006). A dureza do grão de trigo é uma característica de moagem relacionada com a maneira com que o endosperma é rompido. Geralmente, grãos duros produzem farinhas com aspecto arenoso, tamanho de partícula maior e compostas por partículas regulares (LÉON et al., 2007), pois a moagem ocorre pela quebra do grânulo de amido, que é a porção mais fraca do endosperma (VÁZQUEZ, 2007).

Com essas informações, foi possível verificar que os grãos das amostras comerciais dos fornecedores A e B diferiram nas suas características, o que amplia as possibilidades deste estudo de caracterização destas farinhas, comprovando que não existe um padrão de trigo comercial para produção de farinhas integrais de trigo.

2.3.2 Caracterização físico-química das amostras de farinhas e suas mesclas

A análise de cor e a atividade de água das amostras de farinhas A e B e suas mesclas estão apresentadas na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 Análise de cor e atividade de água das amostras de farinhas A e B e suas mesclas.

<i>Amostra[#]</i>	L*	a*	b*	A_w
FR (A)	93,90 ^a ± 0,12	-0,635 ^j ± 0,031	10,30 ^d ± 0,06	0,690 ^b ± 0,001
20FI-80FR (A)	89,86 ^c ± 0,06	0,672 ^h ± 0,015	10,09 ^e ± 0,09	0,680 ^c ± 0,003
40FI-60FR (A)	87,42 ^d ± 0,35	1,457 ^g ± 0,11	9,82 ^f ± 0,07	0,673 ^{dc} ± 0,001
60FI-40FR (A)	84,17 ^f ± 0,16	2,370 ^b ± 0,105	10,38 ^d ± 0,06	0,667 ^{de} ± 0,005
80FI-20FR (A)	81,30 ^h ± 0,06	3,297 ^c ± 0,040	11,14 ^b ± 0,02	0,670 ^d ± 0,001
FI (A)	78,29 ^j ± 0,07	4,097 ^a ± 0,033	12,18 ^a ± 0,07	0,667 ^{de} ± 0,004
FR (B)	93,29 ^b ± 0,07	-0,350 ⁱ ± 0,010	9,57 ^g ± 0,02	0,700 ^a ± 0,001
20FI-80FR (B)	89,75 ^c ± 0,58	0,677 ^h ± 0,112	9,65 ^g ± 0,18	0,690 ^b ± 0,001
40FI-60FR (B)	87,69 ^d ± 0,07	1,520 ^g ± 0,024	9,40 ^h ± 0,05	0,660 ^e ± 0,000
60FI-40FR (B)	85,38 ^e ± 0,20	2,210 ^f ± 0,073	9,88 ^f ± 0,06	0,640 ^f ± 0,000
80FI-20FR (B)	83,03 ^g ± 0,09	2,775 ^d ± 0,017	10,56 ^c ± 0,04	0,620 ^g ± 0,093
FI (B)	80,58 ⁱ ± 0,12	3,580 ^b ± 0,090	11,20 ^b ± 0,08	0,590 ^h ± 0,005

Valores médios na mesma coluna seguidos por letras diferentes são significativamente diferentes ($p < 0,05$). Resultados expressos como média de três determinações ± desvio padrão. #Proporção entre FI/FR.

Na análise de cor foram obtidos resultados médios de luminosidade (L^*) entre 78,29 para FI e 93,90 para FR da amostra A. Para as amostras do fornecedor B, os valores de luminosidade variaram entre 80,58 para FI e 93,29 para FR. Entre as amostras do mesmo fornecedor, todos os valores obtidos diferiram estatisticamente entre si ($p < 0,05$).

Fernandes et al. (2008), obtiveram valores para luminosidade de 68,69 para FI e de 88,16 para FI FR, um pouco mais escuras que as farinhas utilizadas no presente estudo. De acordo com Miranda et al. (2004), a luminosidade pode ser relacionada com a qualidade da farinha, pois indica a intensidade da cor branca, em geral, farinhas refinadas mais brancas provêm de trigo com menor qualidade proteica. Além disso, outros fatores podem afetar a qualidade da farinha, como o tipo de moinho experimental ou comercial utilizado.

Em relação ao parâmetro coordenada de cromaticidade a^* , foram obtidos para as amostras A, valores entre 0,635 para FR e 4,097 para FI e para as amostras B, valores entre 0,350 e 3,580. Entre as amostras do mesmo fornecedor, todas as amostras analisadas diferiram significativamente ($p < 0,05$). Fernandes et al. (2008) obtiveram valores de a^* de 0,34 e 3,97 para FR e FI, respectivamente.

A respeito do parâmetro coordenada de cromaticidade b^* , os resultados variaram entre 10,30 para FR e 12,18 para FI da amostra A e entre 9,40 para a mescla de 40FI-60FR da amostra B e 11,20 para FI da amostra B. Fernandes et al. (2008) obtiveram 8,80 e 12,14 como resultados para b^* de FR e FI, respectivamente. De acordo com Oliver et al. (1993), a coloração amarela das farinhas é determinada pela presença de pigmentos carotenóides. A tendência à coloração amarela é um importante atributo de qualidade da farinha, especialmente para aquelas que serão utilizadas na fabricação de massas.

Através da análise da atividade de água das amostras de farinhas foram encontrados valores entre 0,667 para as amostras de 60FI-40FR e FI e 0,690 para a amostra de FR do fornecedor A, respectivamente, e para as amostras do fornecedor B, valores entre 0,590 e 0,700 para FI e FR, respectivamente. Estes valores são similares aos obtidos por Scheuer (2009) para FR, situados entre 0,588 e 0,675. De acordo com Moscatto et al. (2004), a atividade de água em alimentos acima de 0,90 favorece o crescimento microbiano. De acordo com

Germano; Germano (2001), valores de atividade de água ideais para alimentos situam-se entre 0,60 e 0,84. Assim, da mesma forma que os grãos de trigo, as farinhas avaliadas são classificadas como possuindo A_w intermediária, o que assegura uma boa conservação do produto.

O diâmetro de partícula das amostras de farinha A e B e suas mesclas estão apresentados na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 Granulometria das amostras de farinha A e B suas mesclas.

Tyler	32	40	60	80	100	Fundo	Diâmetro de partícula
Abertura (µm)	500	338	250	180	150	< 150	
Material retido (%)							
<i>Amostra*</i>							
FR (A)	0,29	0,19	1,41	1,23	8,67	87,68	207,5
20FI-80FR (A)	2,69	2,05	15,71	28,00	18,78	32,68	208,1
40FI-60FR (A)	2,51	1,46	7,91	21,97	17,39	48,51	207,9
60FI-40FR (A)	7,24	5,17	17,32	26,37	14,82	28,66	207,7
80FI-20FR (A)	10,41	8,23	33,54	26,20	7,12	14,18	207,8
FI (A)	12,24	8,45	33,83	27,70	8,09	9,50	208,0
FR (B)	0,25	0,31	1,94	9,15	13,30	74,43	207,4
20FI-80FR (B)	1,54	2,06	7,63	23,12	27,48	37,95	207,9
40FI-60FR (B)	2,69	3,86	17,96	36,44	11,14	28,12	208,6
60FI-40FR (B)	5,33	6,60	33,86	31,60	16,62	5,50	207,6
80FI-20FR (B)	6,95	13,76	44,65	28,35	4,36	1,65	207,9
FI (B)	8,35	18,79	50,55	19,19	6,50	1,27	215,1

*Proporção entre FI/FR. MF: Módulo de finura.

A análise do tamanho de partícula mostrou que amostras de FR seguem o valor estabelecido pela legislação brasileira (BRASIL, 2005), no qual mais de 95% do total das amostras A e B passaram através de tamiz com abertura de 250 μm . Entre as amostras analisadas, as FR foram as que apresentaram tamanho de partícula mais homogêneo, visto que 84% da amostra passou através do tamiz com abertura de 150 μm , a menor abertura utilizada. Esta uniformidade de tamanho de partícula não foi observada com as FI's, pois nestas, o tamanho de partícula variou de acordo com o aumento do conteúdo de FI na mescla. Isto se deve principalmente à presença de fragmentos derivados das camadas externas do grão, como farelo, que permanece na farinha na forma de partículas maiores. A legislação brasileira não especifica limites para o tamanho de partícula de FI.

O tamanho de partícula afeta o escoamento da farinha e é negativamente correlacionado com a coesividade e a força de tração. Por outro lado, quanto menor for o tamanho das partículas, maior será a área de contato, as partículas serão mais compactas e as forças intermoleculares mais fortes (KUAKPETOON et al., 2001). Isto pode ser um dos fatores responsáveis pelo melhor desempenho das FR's durante o processo de cozimento.

A Tabela 2.4 ilustra os resultados obtidos para a análise de glúten e atividade da enzima α -amilase (número de queda) das amostras de farinha de trigo A e B e as suas mesclas.

Tabela 2.4 Teor de glúten e atividade da enzima α -amilase das amostras de farinha de trigo A e B e suas mesclas.

<i>Amostra</i> *	Glúten úmido (%)	Glúten seco (%)	Índice de glúten	Falling number** (s)
FR (A)	27,64 ^{bcd} ± 0,69	9,90 ^a ± 0,14	99,0 ^a ± 0,9	395 ^e ± 0
20FI-80FR (A)	29,63 ^{ab} ± 0,76	9,56 ^{ab} ± 0,33	78,0 ^{cd} ± 2,3	569 ^{bcd} ± 18
40FI-60FR (A)	30,01 ^a ± 0,46	9,44 ^{abc} ± 0,01	69,5 ^{ef} ± 3,3	623 ^a ± 13
60FI-40FR (A)	29,02 ^{abc} ± 0,73	9,02 ^{bcd} ± 0,35	54,5 ^g ± 1,1	598 ^{ab} ± 29
80FI-20FR (A)	27,97 ^{abcd} ± 0,24	8,80 ^{cde} ± 0,12	64,0 ^f ± 3,0	536 ^d ± 26
FI (A)	27,79 ^{bcd} ± 0,22	8,81 ^{cde} ± 0,15	66,0 ^f ± 1,5	520 ^d ± 6
FR (B)	27,02 ^{cd} ± 0,17	8,85 ^{bcd} ± 0,11	90,0 ^b ± 1,2	410 ^e ± 1
20FI-80FR (B)	28,30 ^{abcd} ± 0,61	8,62 ^{de} ± 0,12	81,0 ^c ± 1,4	556 ^{bcd} ± 17
40FI-60FR (B)	29,53 ^{ab} ± 0,21	8,99 ^{bcd} ± 0,00	76,0 ^{cde} ± 1,1	539 ^{cd} ± 6
60FI-40FR (B)	28,74 ^{abc} ± 1,06	8,82 ^{cde} ± 0,27	67,5 ^f ± 2,0	590 ^{abc} ± 7
80FI-20FR (B)	27,82 ^{abcd} ± 0,44	8,48 ^{de} ± 0,16	72,0 ^{def} ± 2,7	564 ^{bcd} ± 7
FI (B)	26,23 ^d ± 0,14	8,13 ^e ± 0,02	68,5 ^{ef} ± 0,2	566 ^{bcd} ± 4

Valores médios na mesma coluna seguidos por letras diferentes são significativamente diferentes ($p < 0,05$). Resultados expressos como média de duas determinações ± desvio padrão. *Proporção entre FI/FR. **Corrigido para umidade de 14% e 687 m de altitude.

Na análise de glúten das farinhas, foram obtidos para glúten úmido das amostras do fornecedor A, valores entre 27,64 e 30,01% e, entre 27,02 e 29,53%, para as amostras do fornecedor B. Estes valores são similares aos encontrados por Costa et al. (2008), que obtiveram valores para glúten úmido de amostras de farinha de trigo brasileiro entre 27,34 e 28,57%. De acordo com estes autores, farinhas de trigo com níveis elevados de glúten úmido tendem a produzir farinhas fortes, enquanto que aquelas com baixos níveis de glúten úmido são características de farinhas fracas, utilizadas principalmente na produção de biscoitos. Para Ribeiro (2009), farinhas com valores de glúten úmido que são compreendidos entre 24 e 36% são recomendadas para uso em panificação.

Com referência ao conteúdo de glúten seco, foram obtidos valores entre 8,80 e 9,90% para as amostras do fornecedor A e entre 8,13 e 8,99% para as amostras do fornecedor B. Os resultados obtidos neste estudo estão de acordo com Ribeiro (2009), que propôs que a faixa ideal para o conteúdo de glúten seco situa-se entre 7,5 e 14%.

Em relação ao índice de glúten, os valores para as amostras do fornecedor A variaram entre 54,5 e 99,0 e para as amostras do fornecedor B entre 67,5 e 90,0. Dentro de cada grupo, puderam ser percebidos resultados significativamente diferentes ($p < 0,05$). Para Armero; Collar (1998), valores elevados de índice de glúten correspondem a uma rede de glúten forte. De acordo com Mellado (2006), farinhas de trigo com glúten forte apresentam índice de glúten acima de 90%. Para este estudo, apenas podem ser classificadas como farinhas de glúten forte as FR dos dois fornecedores. Isto não ocorre com as FI e as mesclas, o que pode ser devido à diluição da matriz de glúten na presença de FI.

Através da determinação de número de queda, foram obtidos resultados entre 395 e 623 s para as amostras do fornecedor A e entre 410 e 590 s para as amostras do fornecedor B, respectivamente. De acordo com a análise estatística dos resultados, é possível observar algumas diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os resultados, entretanto, na prática, sabe-se que em resultados acima de 400 s, a enzima α -amilase é praticamente ausente. De acordo com Mellado (2006), valores de número de queda superiores a 300 s indicam baixa atividade da enzima α -amilase, o que está de acordo com os resultados obtidos para as amostras deste estudo.

2.3.3 Composição química aproximada das amostras de farinhas e suas mesclas

A composição química aproximada das amostras de farinha A e B e suas mesclas está apresentada na Tabela 2.5.

Tabela 2.5 Composição química das amostras de farinhas A e B e suas mesclas (%).

<i>Amostra</i> [*]	<i>Umidade</i> ^{**}	<i>Proteínas</i> ^{***}	<i>Lipídeos</i> ^{**}	<i>Cinzas</i> ^{**}	<i>FAT</i> ^{***}	<i>Amido total</i> ^{**}
FR (A)	13,89 ^a ±0,03	11,92 ^{abc} ±0,12	1,16 ^{efg} ±0,02	0,43 ^g ±0,04	1,93 ^{fg} ±0,07	70,66 ^{ab} ±1,73
20FI-80FR (A)	13,72 ^a ±0,08	12,23 ^{abc} ±0,06	1,23 ^{def} ±0,29	0,60 ^f ±0,04	4,19 ^{efg} ±0,94	69,80 ^{abc} ±0,82
40FI-60FR (A)	13,50 ^{ab} ±0,06	12,50 ^{ab} ±1,42	1,53 ^{bcd} ±0,00	0,83 ^e ±0,01	4,11 ^{efg} ±0,35	64,6 ^{cde} ±0,42
60FI-40FR (A)	12,53 ^d ±0,01	12,92 ^{ab} ±0,97	1,31 ^{cde} ±0,01	1,15 ^d ±0,03	5,18 ^{def} ±0,15	63,45 ^{de} ±0,96
80FI-20FR (A)	13,64 ^a ±0,26	12,85 ^{ab} ±0,29	1,45 ^{cde} ±0,00	1,39 ^b ±0,01	7,50 ^{bcde} ±0,42	60,91 ^{abef} ±0,36
FI (A)	12,91 ^{cd} ±0,02	13,15 ^a ±0,39	1,90 ^a ±0,03	1,61 ^a ±0,03	8,58 ^{abcd} ±0,00	56,50 ^f ±1,34
FR (B)	13,95 ^a ±0,09	11,08 ^c ±0,06	0,99 ^g ±0,05	0,46 ^g ±0,02	1,37 ^g ±0,14	74,35 ^a ±1,54
20FI-80FR (B)	13,68 ^a ±0,06	11,66 ^c ±0,00	1,63 ^{bc} ±0,02	0,67 ^f ±0,03	4,55 ^{efg} ±0,46	67,78 ^{bcd} ±1,66
40FI-60FR (B)	13,09 ^{bc} ±0,02	12,23 ^{abc} ±0,40	1,04 ^{fg} ±0,00	0,90 ^e ±0,01	7,40 ^{cde} ±0,67	65,56 ^{bcde} ±0,57
60FI-40FR (B)	12,53 ^d ±0,08	12,38 ^{ab} ±0,00	1,36 ^{cde} ±0,05	1,07 ^d ±0,01	8,99 ^{abc} ±2,2	65,96 ^{bcde} ±2,30
80FI-20FR (B)	13,00 ^c ±0,65	12,72 ^{ab} ±0,06	1,58 ^{bcd} ±0,03	1,26 ^c ±0,03	10,98 ^{ab} ±1,47	57,95 ^f ±1,78
FI (B)	11,48 ^e ±0,08	12,91 ^{ab} ±0,09	2,10 ^a ±0,3	1,52 ^a ±0,06	12,02 ^a ±0,66	57,41 ^f ±0,61

Valores médios na mesma coluna seguidos por letras diferentes são significativamente diferentes ($p < 0,05$). Resultados expressos como média de três determinações \pm desvio padrão. Resultados expressos em base úmida. ^{*}Proporção entre FI/FR. ^{**}Teste de Tukey ($p < 0,05$). ^{***}Teste de Duncan ($p < 0,05$). N x 5,7 para FR, 5,83 para FI e 5,76 para as demais amostras. [#]Fibra alimentar total.

De acordo com os resultados, foram obtidos valores entre 12,91 e 13,89% de umidade para as amostras do fornecedor A e entre 11,48 e 13,95% de umidade para as amostras do fornecedor B.

Os teores de umidade de todas as amostras analisadas obedeceram ao valor máximo de umidade permitido em farinhas (15%) pela legislação vigente (BRASIL, 2005). O teor de umidade de farinhas deve ser controlado, pois este parâmetro figura como um dos principais fatores de aceleração de reações químicas nestes alimentos, provocando alterações nas suas características nutricionais, sensoriais e tecnológicas. Teores de umidade abaixo do limite máximo permitido, normalmente asseguram a conservação da qualidade das farinhas durante a estocagem comercial (FARONI et al., 2002).

Os teores de proteínas obtidos para amostras do fornecedor A variaram entre 11,92 e 13,15%. Para as amostras do fornecedor B, obteve-se valores entre 11,08 e 12,91%, onde foram observadas algumas diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as amostras. Estas diferenças eram esperadas, visto que as amostras testadas diferem em sua procedência. Scheuer (2009) obteve teores de proteínas para cultivares brasileiras de trigo entre 11,65 e 14,35%. Segundo Turnbull; Rahman (2002), teores de proteínas podem variar significativamente para uma cultivar dependendo das condições de cultivo, como o ambiente e adição de fertilizantes. No caso das amostras utilizadas no presente estudo, a variação no teor proteico entre as amostras pode ser devida às mesclas realizadas (diferentes proporções de FI e FR) e também por serem amostras comerciais de trigo, onde existe mistura de grãos de diferentes cultivares, além das possível diferença nas condições de manejo.

Em relação ao teor de lipídeos das amostras analisadas, foram obtidos valores entre 1,16 e 1,90% para as amostras do fornecedor A. Para as amostras do fornecedor B, foram obtidos valores compreendidos entre 0,99 e 2,10%. Fujita; Figueroa (2003) obtiveram valores compreendidos entre 1,56 e 2,15% para lipídeos totais de FI de diferentes cultivares de trigo brasileiras, o que está de acordo com os valores obtidos para FI's deste estudo. Contudo, Porto (2005) obteve para FR, 1,48% de lipídeos, valor diverso aos encontrados para as FR utilizadas neste estudo.

De acordo com Sloan; MacRitchie (2009), os lipídeos endógenos da farinha de trigo não possuem influência nas propriedades

reológicas da massa, indicando a importância destes como componentes ativos de superfície, estabilizando ou desestabilizando a estrutura das células de gás da massa.

Os valores obtidos para os teores de cinzas das amostras utilizadas situaram-se entre 0,43 e 1,61% para as amostras do fornecedor A e entre 0,46 e 1,52% para as amostras do fornecedor B. Puppo et al. (2005) obtiveram valores de 0,36 e 0,42% para minerais de duas amostras comerciais de FR de trigo argentino. Fujita; Figueroa (2003) obtiveram teores de minerais compreendidos entre 1,56 e 2,15% para amostras de FI de diferentes cultivares de trigo brasileiro. É conhecido que o valor de minerais pode oscilar entre diferentes cultivares de trigo, devido a condições ambientais, de cultivo e genéticas. Entretanto, os valores obtidos pelos autores são comparáveis aos apresentados no presente estudo.

Em relação ao teor de fibras das amostras analisadas, foram obtidos valores entre 1,93 e 8,58% para as amostras do fornecedor A. Para as amostras do fornecedor B, foram obtidos valores entre 1,37 e 12,02%. Foi possível observar diferenças significativas ($p < 0,05$) entre o teor de fibras das amostras onde estavam presentes as maiores e as menores concentrações de FI. Valores de fibra alimentar total de FR de cultivares de trigo brasileiras entre 2,45 e 3,02% foram obtidas por Scheuer (2009), superiores aos obtidos para as FR avaliadas no presente estudo. Para fibras de amostras de FI de diferentes cultivares de trigo brasileiras, Fujita; Figueroa (2003) obtiveram valores entre 13,94 e 15,03%, também superiores aos obtidos para as farinhas analisadas neste estudo.

O aumento observado nos valores para os resultados obtidos de teor de minerais, lipídeos e fibra alimentar total era esperado, pois quanto maior o teor de farinha integral na mescla, maior a fração da camada de aleurona presente, que é a fração do grão onde são encontradas as mais importantes concentrações de elementos minerais e fibras.

O consumo de fibras é recomendado devido aos seus efeitos benéficos à saúde. Porém, em panificação, a presença das fibras causa diminuição pronunciada do volume e diferenças na textura dos pães obtidos (GÓMEZ et al, 2003).

Os teores obtidos para amido total das amostras analisadas de FR para FI foram entre 70,66 e 56,50% para as amostras do fornecedor A e entre 74,35 e 57,95% para as amostras do fornecedor B. Entre as amostras, de maneira geral, pode ser observada tendência à diminuição do teor de amido total de acordo com o aumento do teor de farinha integral na mescla e foi possível observar diferenças significativas entre o teor de fibras das amostras ($p < 0,05$). Os valores obtidos para as FR puderam ser comparados aos obtidos por Scheuer (2009), entre 77,44 e 81,92% para FR de diferentes cultivares de trigo brasileiras, enquanto que os valores obtidos para as amostras de FI, foram semelhantes aos obtidos por Fujita; Figueroa (2003), situados entre 54,28 e 58,72%.

2.3.4 Caracterização reológica das amostras de farinha A e B e suas mesclas.

Os resultados obtidos para a análise de alveografia das farinhas A e B e suas mesclas estão apresentados na Tabela 2.6.

Tabela 2.6 Parâmetros alveográficos das amostras de farinha de trigo A e B e suas mesclas.

AMOSTRA *	P (mm Hg)	L (mm)	P/L	W (10 ⁻⁴ J)	Ie (%)
FR (A)	139,0 ^{ab} ± 1,4	58,5 ^a ± 0,7	2,35 ^e ± 0,00	302,0 ^a ± 7,1	51,30 ^a ± 0,56
20FI-80FR (A)	117,0 ^d ± 8,5	47,0 ^b ± 4,2	2,51 ^e ± 0,41	214,0 ^c ± 4,2	48,60 ^b ± 0,84
40FI-60FR (A)	134,5 ^{abcd} ± 3,5	35,0 ^c ± 1,4	3,84 ^d ± 0,18	196,5 ^c ± 0,7	0,00 ± 0,0
60FI-40FR (A)	131,0 ^{bcd} ± 1,4	27,0 ^d ± 1,4	4,85 ^d ± 0,19	153,5 ^{de} ± 2,1	0,00 ± 0,0
80FI-20FR (A)	141,0 ^{ab} ± 4,24	22,5 ^{de} ± 0,7	6,29 ^c ± 0,08	140 ^{def} ± 1,4	0,00 ± 0,0
FI (A)	152,5 ^a ± 2,1	17,5 ^e ± 0,7	8,67 ^a ± 0,09	123,0 ^f ± 5,6	0,00 ± 0,0
FR (B)	119,0 ^{cd} ± 2,8	55,0 ^a ± 1,4	2,17 ^e ± 0,09	246,0 ^b ± 0,0	50,75 ^a ± 0,63
20FI-80FR (B)	118,0 ^{cd} ± 1,4	45,5 ^b ± 2,1	2,59 ^e ± 0,09	212,0 ^c ± 7,1	48,20 ^b ± 0,56
40FI-60FR (B)	132,0 ^{bcd} ± 5,6	28,5 ^{cd} ± 0,7	4,62 ^d ± 0,00	164,0 ^d ± 9,9	0,00 ± 0,0
60FI-40FR (B)	135,5 ^{abc} ± 9,2	22,5 ^{de} ± 0,7	6,10 ^c ± 0,35	137,0 ^{ef} ± 11,3	0,00 ± 0,0
80FI-20FR (B)	145,0 ^{ab} ± 4,24	19,5 ^e ± 0,7	7,44 ^b ± 0,05	133,0 ^{ef} ± 4,9	0,00 ± 0,0
FI (B)	149,0 ^{ab} ± 2,8	17,0 ^e ± 1,4	8,70 ^a ± 0,68	117,5 ^f ± 7,8	0,00 ± 0,0

Valores médios na mesma coluna seguidos por letras diferentes são significativamente diferentes ($p < 0,05$). Resultados expressos como média de duas determinações ± desvio padrão. * Proporção entre FI/FR. P: tenacidade, medida em milímetros de mercúrio. L: extensibilidade, medida em milímetros. P/L: relação entre tenacidade and extensibilidade. W: força de glúten. Ie: índice de elasticidade.

Na análise de alveografia das farinhas, os valores de tenacidade (P) para as amostras estudadas variaram entre 117,0 e 152,5 mm Hg para as amostras do fornecedor A e entre 118,0 e 149,0 mm Hg para as amostras do fornecedor B, respectivamente. Para os valores de tenacidade, foram observados resultados entre as amostras que mostram tendência ao aumento da tenacidade da massa de acordo com o aumento do teor de FI na mescla. A resistência à extensão (P), combinada com a extensibilidade da massa (L), evidenciam a qualidade tecnológica do glúten, que depende, em grande parte, da força das ligações entre as moléculas de proteínas (COSTA, 2003).

Para a extensibilidade da massa (L), os valores obtidos variaram entre 17,5 e 58,5 mm para as amostras do fornecedor A e entre 17,0 e 55,0 mm para as amostras do fornecedor B, respectivamente. Estes valores eram esperados, visto que a extensibilidade da massa pode diminuir de acordo com o aumento da quantidade de farinha integral na mescla e o seu elevado conteúdo de fibras e com a diminuição da proporção de proteínas formadoras de glúten na mescla. De acordo com Fois et al. (2011), a extensibilidade é dependente do conteúdo de proteínas. Para Fernandes et al. (2008), a extensibilidade é um indicador do volume da massa. Quando há diminuição da quantidade de farinha de trigo, com conseqüente redução do conteúdo de glúten, diminui a probabilidade de crescimento da massa.

A respeito da relação entre tenacidade/extensibilidade (P/L), foram obtidos valores entre 2,35 e 8,67 para as amostras do fornecedor A e entre 2,17 e 8,7 para as amostras do fornecedor B, ou seja, as amostras de FR analisadas apresentaram menor elasticidade (P) e maior extensibilidade (L), enquanto as amostras de FI foram mais elásticas e menos extensíveis. Isto pode ser devido à presença de FI nas mesclas, que causa diluição da matriz de glúten e aumenta a resistência à extensão (P). Menores valores de L (extensibilidade) estão associados com menor volume de pão, o que geralmente ocorre com pães feitos com FI. De acordo com Módenes et al. (2009), para fabricação de pães a relação ideal entre P/L é de 0,5 a 1,2.

Nas farinhas testadas, foram obtidos valores de força de glúten (W) entre 123×10^{-4} e 302×10^{-4} J para as amostras do fornecedor A e entre 118×10^{-4} e 246×10^{-4} J para as amostras do fornecedor B, respectivamente. Considerando as amostras analisadas, puderam ser

observados resultados que foram significativamente diferentes entre si ($p < 0,05$).

De acordo com os resultados obtidos, quanto maior o conteúdo de FI na mescla, menor é o valor obtido para força de glúten (W). A força de glúten representa o trabalho de deformação da massa e fornece uma indicação da qualidade de panificação, a qual corresponde ao trabalho mecânico necessário para expandir a bolha até a sua ruptura (DOBRSZCZYK; MORGENSTERN, 2003). Assim, foi observado que nas mesclas com FI, a redução da quantidade de FR resulta em diminuição da força de glúten, e, conseqüentemente, diminui a resistência ao trabalho mecânico. Além disso, o aumento do teor de fibras na massa também causa diminuição na resistência da massa à expansão na alveografia. Em panificação, este resultado significa diminuição da capacidade de retenção de gás da massa devido ao aumento do conteúdo de fibras presentes, que afeta o volume e a textura do pão (DOMINGUÉZ et al., 2003).

Os valores de índice de elasticidade obtido para as amostras do fornecedor A foram 51,3 e 48,6 para as amostras de FR e 20FI-80FR, respectivamente e, para as amostras do fornecedor B, 50,75 e 48,2 para as amostras FR e 20FI-80FR, respectivamente. Entre as amostras do mesmo fornecedor foram observadas diferenças significativas ($p < 0,05$).

O índice de elasticidade é relacionado com o fenômeno de recuperação da forma inicial, depois da deformação, o qual permite melhor predição do comportamento reológico da massa. Ele é calculado como a relação entre P200/P máximo no alveograma, ou seja, o valor da tenacidade quando 200 mL de ar foram insuflados na bolha de massa dividido pelo valor máximo de tenacidade obtido antes que a bolha seja rompida (KITISSOU, 1995). Em relação às amostras avaliadas, apenas as amostras de FR e 20FR/80FI suportaram a pressão de 200 mL de ar antes de romperem, por isso este parâmetro não pode ser calculado para as demais amostras. Os resultados mostram que as amostras de FR A e B são indicadas para panificação, pois, de acordo com Kitissou (1995), farinhas que possuem índice de elasticidade entre 50 e 58% podem ser utilizadas para este objetivo.

A Tabela 2.7 mostra os resultados obtidos para a análise de farinografia das amostras de farinha A e B e suas mesclas.

Tabela 2.7 Parâmetros farinográficos das amostras de farinha de trigo A e B e suas mesclas.

AMOSTRA *	ABSORÇÃO (%)	ESTABILIDADE (min)	ITM (FU)
FR (A)	61,00 ^f ± 0,00	10,15 ^a ± 0,07	20,50 ^{de} ± 0,70
20FI-80FR (A)	60,90 ^f ± 0,28	8,90 ^a ± 0,42	28,50 ^{cde} ± 0,71
40FI-60FR (A)	62,20 ^{de} ± 0,42	7,45 ^{bc} ± 0,28	35,50 ^{bcd} ± 0,71
60FI-40FR (A)	63,80 ^{bc} ± 0,14	5,75 ^d ± 0,35	36,00 ^{bcd} ± 2,82
80FI-20FR (A)	62,00 ^e ± 0,00	6,45 ^{bcd} ± 0,07	34,5 ^{bcd} ± 0,70
FI (A)	64,05 ^b ± 0,21	4,30 ^{ef} ± 0,07	49,50 ^{ab} ± 4,94
FR (B)	59,85 ^g ± 0,21	7,20 ^{bc} ± 0,00	15,00 ^e ± 2,83
20FI-80FR (B)	60,95 ^f ± 0,07	7,60 ^b ± 0,00	37,50 ^{bc} ± 2,12
40FI-60FR (B)	62,20 ^{de} ± 0,28	6,25 ^{cd} ± 0,70	41,50 ^{abc} ± 9,19
60FI-40FR (B)	63,05 ^{cd} ± 0,21	5,35 ^{de} ± 0,21	48,50 ^{ab} ± 2,12
80FI-20FR (B)	64,65 ^b ± 0,07	5,55 ^{de} ± 0,07	43,00 ^{abc} ± 0,00
FI (B)	66,0 ^a ± 0,00	3,70 ^f ± 0,49	54,50 ^a ± 2,12

Valores médios na mesma coluna seguidos por letras diferentes são significativamente diferentes ($p < 0,05$). Resultados expressos como média de duas determinações ± desvio padrão. *Proporção entre FI/FR. ITM: Índice de Tolerância à Mistura. UF: Unidades Farinográficas.

Pela análise de farinografia foram obtidos dados a respeito da absorção de água, estabilidade e índice de tolerância à mistura das farinhas testadas. As amostras do fornecedor A resultaram em valores de absorção de água situados entre 61 e 64,5% e as amostras do fornecedor B, valores entre 59,85 e 66,0%.

Puppo et al. (2005) obtiveram 60,8% como resultado para absorção de água de amostras comerciais de FR de trigo. Junqueira et al. (2007) obtiveram 60,2% para absorção de água de farinhas consideradas de força média. De acordo com estes autores, farinhas com elevada qualidade tecnológica para produção de pães são aquelas que apresentam absorção de água entre 60 e 64%. Entretanto, esta afirmação aplica-se a farinhas refinadas e no presente estudo foram utilizadas mesclas de farinhas refinadas com farinhas integrais. Em relação à FI, valores elevados de absorção de água são esperados devido ao seu elevado conteúdo de fibras em relação à FR (FERNANDES et al., 2008).

A estabilidade da massa é reconhecida como um parâmetro indicador de resistência ao amassamento e melhor qualidade tecnológica. O valor de estabilidade da massa depende do número de ligações entre as moléculas proteicas presentes no glúten e da força entre essas ligações (INDRANI; RAO, 2007).

Em relação aos valores de estabilidade, foram obtidos para as amostras do fornecedor A valores entre 4,30 e 10,15 min e para as amostras do fornecedor B, valores entre 3,70 e 7,20 min. Junqueira et al. (2007), obtiveram 12 min para estabilidade de FR de trigo de força média.

De acordo com Fernandes et al. (2008), farinha de trigo refinada com boa qualidade tecnológica para a produção de pães é aquela que exhibe tempo de estabilidade de 7,5 min ou mais. No presente estudo, em relação à FI e suas mesclas, como a FI possui menor força de glúten quando comparada com a farinha refinada, era esperado menor tempo de estabilidade para as FI's quando comparado com as FR's.

As farinhas do fornecedor A resultaram em valores de Índice de Tolerância à Mistura (ITM) entre 20,50 e 49,50 UF e as do fornecedor B, valores entre 15,00 e 54,50 UF.

Sabe-se que para panificação são desejáveis baixos valores de ITM, pois quanto maior for este índice, mais fraca será a farinha. Junqueira et al. (2007), obtiveram 34 UF para ITM de farinha de trigo refinada.

Para as farinhas utilizadas neste estudo, os resultados obtidos podem ser explicados devido à diminuição da quantidade de farinha refinada, com conseqüente diluição da matriz de glúten, tornando a farinha mais fraca e menos tolerante à mistura, com menor valor de estabilidade e maior de ITM, similarmente ao obtido por Fernandes et al., (2008).

A análise do perfil de gluteninas de alto peso molecular (HMW-GS, por SDS-PAGE) foi realizada com as amostras de FR e FI de ambos os fornecedores A e B, visto que as amostras utilizadas são originadas de amostras comerciais de farinha de trigo (exceto a amostra de FR), e com o objetivo de investigar se as amostras são misturas de diferentes cultivares de trigo, se são originadas de cultivares puras ou se

são misturas de cultivares que possuem o mesmo perfil de gluteninas de alto peso molecular. O resultado desta análise está demonstrado na Tabela 2.8.

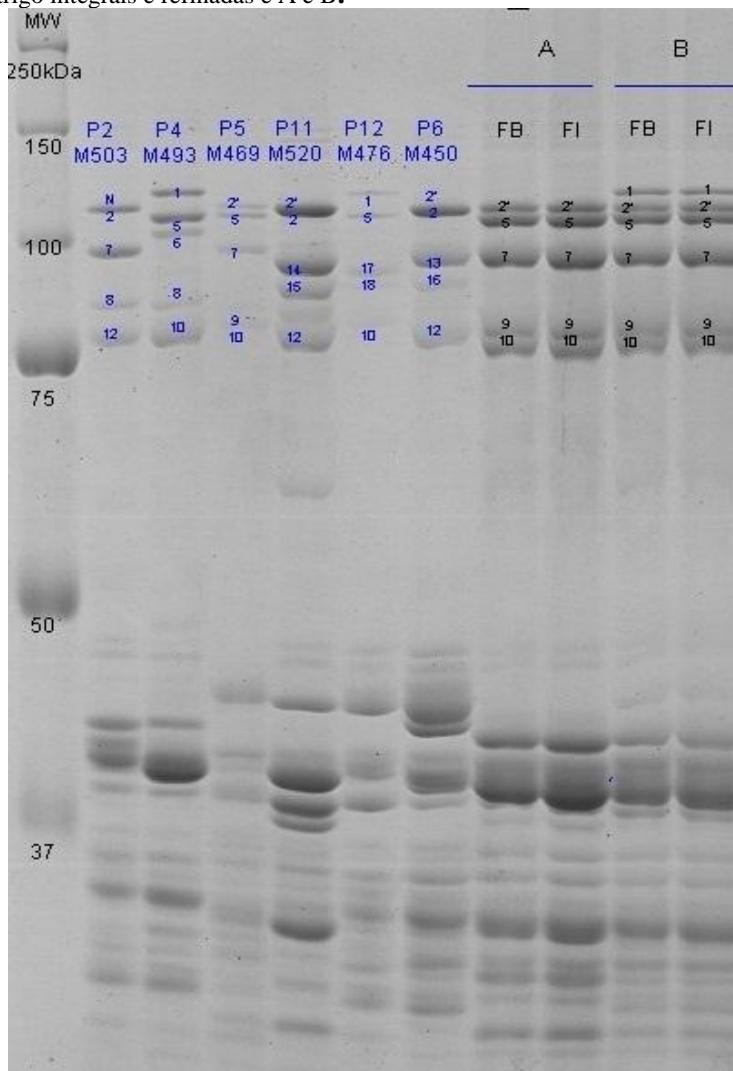
Tabela 2.8 Perfil de gluteninas de alto peso molecular (HMW-GS) das amostras de trigo.

<i>Amostra</i>	Tipo de amostra	Perfil de HMW-GS			Escore total*
		Glu-A1	Glu-B1	Glu-D1	
FR (A)	Mistura de grãos	2*	7 + 9	5 + 10	9
FI (A)	Mistura de grãos	2*	7 + 9	5 + 10	9
FR (B)	Mistura de grãos	1 e 2*	7 + 9	5 + 10	12
FI (B)	Mistura de grãos	1 e 2*	7 + 9	5 + 10	12

*Calculados a partir de Payne et al. (1987).

O gel resultante da análise do perfil de gluteninas de alto peso molecular das amostras de farinha de trigo A e B está apresentado na Figura 2.1.

Figura 2.1 Perfil de gluteninas de alto peso molecular das amostras de farinha de trigo integrais e refinadas e A e B.



Legenda: P2, P4, P5, P11, P12 e P6: cultivares padrões internacionais. A (FR e FI) e B (FR e FI): amostras testadas.

De acordo com os resultados observados, as amostras de FR e FI do fornecedor A apresentaram as subunidades 2* no genoma A, 7 + 9

no genoma B e 5 + 10 no genoma D, o que confere escore igual a 9 pontos, configurando farinha com boas indicações para panificação. As amostras de FR e FI do fornecedor B apresentaram as subunidades 1 e 2* no genoma A, 7 + 9 no genoma B e 5 + 10 no genoma D. Somando-se os seus escores de qualidade obtém-se 6 bandas com escore igual a 12 pontos, o que não é possível para uma cultivar pura, visto que cada amostra pode apresentar no máximo 5 bandas que, de acordo com a tabela de indicação de escores de qualidade, não poderiam atingir escore superior a 10 pontos. A partir disso, conclui-se que as amostras do fornecedor A foram obtidas de uma cultivar pura ou de misturas de cultivares com o mesmo perfil de HMW-GS, enquanto que as amostras do fornecedor B foram provenientes de mistura de cultivares, pois elas apresentam duas subunidades no genoma A. De acordo com os perfis de HMW-GS, ambas as amostras podem ser consideradas adequadas para panificação, pois apesar de a amostra do fornecedor B não ser uma amostra pura, de acordo com Branlard et al. (2001), a subunidade 1, juntamente com as subunidades 5 e 10, está associada à característica de glúten forte.

Tarekegne; Labuschagne (2005) analisaram 42 cultivares de trigo adequadas para panificação utilizando o método de SDS-PAGE e obtiveram 2*, 7 + 9 e 5 + 10 como alelos predominantes. De acordo com Zanatta et al., (2002), para o trigo brasileiro, a melhor combinação de HMW-GS para panificação são os genomas: A = 1 ou 2*; B = 7 + 8, 7 + 9, 13 + 16 ou 17 + 18 e genoma D = 5 + 10, o que está de acordo com os resultados obtidos para as duas amostras utilizadas no presente estudo.

2.4 CONCLUSÕES

Este trabalho mostrou que a combinação entre as características físicas, químicas e reológicas dos grãos e das farinhas, ou seja, parâmetros como, dureza do grão, granulometria, estabilidade e tempo de desenvolvimento da massa na farinografia, tenacidade e extensibilidade na alveografia, teor de proteína bruta e índice de glúten mostraram-se como fortes indicativos da qualidade tecnológica das amostras. Porém, estas observações foram muito apropriadas para farinhas refinadas, ao passo que, quando foram avaliadas farinhas integrais ou mesclas destas com farinhas refinadas, foi possível perceber que a qualidade tecnológica diminuiu à medida que foi aumentado o teor de farinha integral, o que pode ser atribuído ao aumento do teor de fibras

na mistura, que causa maior absorção de água na farinografia, diluição da matriz proteica e interferência na reagregação proteica do glúten, antecipando a quebra da rede de glúten e prejudicando os parâmetros tecnológicos. Os métodos empregados mostraram-se efetivos para avaliar farinhas integrais, sendo necessárias apenas pequenas modificações nas análises de farinografia e de glúten, enquanto que maiores dificuldades foram encontradas apenas na alveografia. Entretanto, para melhor avaliação da qualidade tecnológica de farinhas integrais sugere-se empregar complementarmente, método para verificar o comportamento do amido, como a avaliação das propriedades de pasta, e método para avaliar as farinhas na forma de produto final, como testes de panificação.

2.5 REFERÊNCIAS

AACC Internacional **Approved Methods of Analysis**, 10th Ed. Approved November 8, 2000. AACC International, St. Paul, MN, U.S.A.

ARMERO, E; COLLAR, C. Crumb Firming Kinetics of Wheat Breads with Anti-staling Additives. **Journal of Cereal Science**, v. 28, p. 165–174, 1998.

ATWELL, W. A. **Wheat Flour**. Eagen Press Handbook Series. American Association of Cereal Chemists. St. Paul, 2001.

BLAKESLEY, R. W.; BOEZI, J. A. A new staining technique for proteins in polyacrylamide gels using Coomassie brilliant blue G250. **Analytical Biochemistry**, v. 82, n.2, p. 580-582, 1977.

BRABENDER® GmbH & Co. KG. Disponível on line em <www.brabender.com>, acesso em 28/07/2011.

BRANLARD, G; DARDEVET, R; SACCOMANO, R.; LAGOUTTE, F.; GOURDON, J. Genetic diversity of wheat storage proteins and bread wheat quality. **Euphytica**, v. 119, p. 59–67, 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 1992. 344 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução Normativa nº 7, de 15 de agosto de 2001. Norma de identidade e qualidade do trigo. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 21 ago. 2001. Seção 1, n. 160-E, p. 33-35.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Resolução Normativa nº8, de 02 de junho de 2005. **Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da Farinha de Trigo**. Brasília, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 38, de 30 de novembro de 2010. Regulamento técnico do trigo. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, n. 29, p. 2, 1 dez. 2010. Seção 1.

COSTA, M. G. **Qualidade funcional da farinha obtida do grão de trigo nacional e importado**. 2003. 59 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.

COSTA, M. G.; SOUZA, E. L. de, STAMFORD, T. L. M.; ANDRADE, S. A. C. Qualidade tecnológica de grãos e farinhas de trigo nacionais e importados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 1, p. 220-225, 2008.

DOBRAZCZYK, B. J.; MORGENSTERN, M. P. Rheology and the breadmaking process. **Journal of Cereal Science**, v. 38, n. 2, p. 229-245, 2003.

DOMÍNGUEZ, G. C.; GUEVARA, M. N.; REBOLLO, R. F.; ERRASQUÍN, R. A.; ESCOBEDO, R. M. Structural and farinographic changes during mixing of a yeast sweet dough. **Nahrung Food**, v. 47, n. 5, p. 312-319, 2003.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <<http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/trigo/index.htm>>, acesso em 02 de setembro de 2012>.

FARONI, L. R. D.; BERBERT, P. A.; MARTINAZZO, A. P.; COELHO, E. M. **Qualidade da farinha obtida de grãos de trigo fumigados com dióxido de carbono e fosfina**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 6, n. 2, p. 354-357, 2002.

FERNANDES, A. F.; PEREIRA, J.; GERMANI, R.; OIANO-NETO, J. Efeito da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de casca de batata (*Solanum Tuberosum Lineu*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, p. 56-65, 2008.

FOIS, S.; SANNA, M.; STARA, Giuseppe; ROGGIO, T.; CATZEDDU, P. Rheological Properties and baking quality of commercial durum wheat meals used to make flat crispy bread. **European Food Research Technology**, n. 232, p. 713-722, 2011.

FUJITA, A. H. FIGUEROA, M. O. R. Composição centesimal e teor de β - glucanas em cereais e derivados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 2, p. 116-120, 2003.

GERMANO, P. M. L.; GERMANO, M. I. S. **Higiene e vigilância sanitária de alimentos: qualidade das matérias-primas, doenças transmitidas por alimentos e treinamento de recursos humanos**. São Paulo: Livraria Varela, 2001. p.

GÓMEZ, M.; RONDA, F.; BLANCO, C. A.; CABALLERO, P. A.; APESTENGUIA, A. Effect of dietary fiber on dough rheology and bread quality. *European Food Research Technology*, v. 216, p. 51-56, 2003.

GONELI, A. L. D.; CORRÊA, P. C.; RESENDE, O.; REIS NETO, S. A dos. Estudo da difusão de umidade em grãos de trigo durante a secagem. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n.1, p. 135-140, 2007.

IGC. **International Grains Council**. Disponível em <<http://www.igc.int/en/Default.aspx>>. Acesso em 05 de maio de 2012.

INDRANI, D.; RAO, G. V. Rheological characteristics of wheat flour dough as influenced by ingredients of *Parotta*. **Journal of Food Engineering**, v. 17, n. 1, p. 105-110, 2007.

JUNQUEIRA, R. M.; ROCHA, F.; MOREIRA, M. A.; CASTRO, I. A. Effect of proofing time and wheat flour strength on bleaching, sensory characteristics, and volume of french breads with added soybean lipoxygenase. **Cereal Chemistry**, v. 84, n. 5, p. 443-449, 2007.

KITISSOU, P. **Un nouveau paramètre alvéographique: L'indice d'élasticité (Ie)**. Industries des Céréales, p. 9 - 14, Abril/Junho, 1995.

KUAKPETOON, D.; FLORES, R. A.; MILLIKEN, G. A. Dry mixing of wheat flours: Effect of particle properties and blending ratio. **Lebensmittel Wissenschaft und Technology**, v. 34, n. 3, p. 183-193, 2001.

LÉON, A. E. **De tales harinas, tales panes**: granos, harinas y productos de panificación em Iberoamérica. Córdoba: Hugo Báez, 2007, 473p.

MacRITCHIE, F. Baking quality of wheat flours. **Advanced Food Research**, v. 29, p. 201-277, 1984.

MAZZUCO H.; PORTELLA, J. A.; BARIONI Jr, W.; ZANOTTO, D. L.; MIRANDA, M. Z.; AVILA, V. S. Influência do estágio de maturação na colheita e temperatura de secagem de grãos de trigo sobre os valores de energia metabolizável aparente corrigida (EMAc) em frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 6, p. 2221-2226, 2002.

MELLADO, M. Z. **El trigo em Chile**. INIA nº 121. 684 p. Instituto de investigaciones agropecuárias. Chillá, Chile, 2006.

MIRANDA, M. Z.; MORI, C.; LORINI, I. **Qualidade do trigo brasileiro – safra 2003**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2004. 106p. (Embrapa Trigo, Documentos 45).

MÓDENES, A. P.; SILVA, A. M.; TRIGUEROS, D. E. G. Avaliação das propriedades reológicas do trigo armazenado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 3, p. 508-512, 2009.

MOSCATTO, J. A.; PRUDÊNCIO-FERREIRA, S. M.; HAULY, M. C. O. Farinha de yacón e inulina como ingredientes na formulação de bolo de chocolate. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 4, p. 634-640, 2004.

OLIVER, J. R.; BLAKENEY, A. B.; ALLEN, H. M. The colour of flour streams as related to ash and pigment contents. **Journal of Cereal Science**, v.17, p.169-182, 1993.

PAYNE, P. I.; LAWRENCE, G. L. Catalogue of alleles for the complex gene loci, Glu- A1, Glu-B1, and Glu-D1 which code for high-molecular-

weight subunits of glutenin in hexaploid wheat. **Cereal Research Communications**, v. 11, n. 1, p. 29-35, 1983.

PORTO, C. D. **Avaliação química, tecnológica e sensorial de farinhas mistas na produção de pães de forma**. 2005. 84 p. Monografia (Curso de Engenharia de Alimentos) - Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, 2005.

PUPPO, M. C.; CALVELO, A.; ANÓN, M. C. Physicochemical and rheological characterization of wheat flour dough. **Cereal Chemistry**, v. 2, n. 82, p. 173–181, 2005.

RANI, K. U.; PRASATA RAO, U. J. S.; LEELAVATHI, K; ARIDAS RAO, P. Distribution of enzymes in wheat flour mill stream. **Journal of Cereal Science**, v. 34, p. 233–242.

RIBEIRO, M. N. **Influencia do tempo de condicionamento do trigo na qualidade tecnológica da farinha**. 2009. 79 p. UFCE Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, 2009.

SAS INSTITUTE INCORPORATION (Cary, NC, USA). **The SAS for windows**, release 9.1. Cary, 2002-2004.

SCHEUER, P. M. **Caracterização de Cultivares Brasileiras de Trigo com Indicação de Aplicabilidade Tecnológica**. 2009. 128 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

SINGH, N. K.; SHEPHERD, K. W.; CORNISH, G. B. A simplified SDS-PAGE procedure for separating LMW subunits of glutenin. **Cereal Research Communications**, v. 14, n. 3, p. 203-208, 1991.

SROAN, B. S.; BEAN, S. R.; MACRITCHIE, F. Mechanism of gas cell stabilization in bread making. I. The primary gluten–starch matrix. **Journal of Cereal Science**, v. 49, p. 32–40, 2009.

TAREKEGNE, A.; LABUSCHAGNE, M. T. Relationship between high molecular weight glutenin subunit composition and gluten quality in ethiopian-grown bread and durum wheat cultivars and lines. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 191, n. 4, p. 300-307, 2005.

TURNBULL, K. M.; RAHMAN, S. Endosperm texture in wheat. **Journal of Cereal Science**, v. 36, p. 327–337, 2002.

VÁZQUEZ, D. Aptitud Industrial de Trigo. **Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología Del INIA**. Série Técnica, v. 177, p. 8–32, 2007.

WANG, J.; ROSSEL, C. M.; BARBER, C. B. Effect of addition of different fibres on wheat dough performance and bread quality. **Food Chemistry**, v. 79, p. 221–226, 2002.

ZANATTA, A. C. A.; SILVA, S. D. dos A.; 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. Documentos online, 85). Disponível em <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_co85.htm>. Acesso em 13 de julho de 2011.

CAPÍTULO 3

PROPRIEDADES DE PASTA DE MESCLAS DE FARINHA INTEGRAL COM FARINHA REFINADA USADAS NA PRODUÇÃO DE PÃES

PROPRIEDADES DE PASTA DE MESCLAS DE FARINHA INTEGRAL COM FARINHA REFINADA USADAS NA PRODUÇÃO DE PÃES

PASTING PROPERTIES OF WHOLE AND REFINADA INTEGRALNED WHEAT FLOUR BLENDS USED FOR BREAD PRODUCTION.

Resumo

Na produção de pães integrais de trigo no Brasil são utilizadas mesclas de farinha integral (FI) com farinha refinada (FR), as quais diferem em sua composição. Assim, o objetivo deste estudo foi investigar as propriedades de pasta de mesclas de FI com FR. Foram analisadas amostras com 100% de FI, 100% de FR (controles) e mesclas de FI com FR nas proporções de 20, 40, 60 e 80%, em equipamento RVA (*Rapid Visco Analyzer*). A temperatura de pasta foi semelhante para todas as amostras analisadas. A viscosidade máxima diminuiu proporcionalmente com o aumento de FI na mescla. Maiores valores de quebra e de viscosidade mínima à temperatura constante foram encontrados em farinhas com pico de viscosidade elevado. Os valores de viscosidade final e de tendência à retrogradação diminuíram à medida que aumentou o teor de FI na mescla. As propriedades de pasta das mesclas de FI com FR devem ser vistas de forma conjunta, pois afetam a produção de pão e o seu armazenamento. Os resultados mostraram também que o RVA pode ser usado para ajudar a formular mesclas de FI/FR com determinadas propriedades de pasta.

Palavras-chave: trigo moído; processamento de pão; características de viscosidade; RVA.

Abstract

In whole wheat bread production in Brazil blends of whole flour (WF) with refined flour (RF) are used, which differ in their composition. Thus, the objective of this study was to investigate the pasting properties of WF with RF blends. Samples with 100% of WF, 100% of RF (controls) and blends of WF with RF in the proportions of 20, 40, 60 and 80% were analyzed, in a RVA (*Rapid Visco Analyzer*) equipment. The samples pasting temperatures were similar. The peak viscosity decreased proportionally with the increase of WF in blends. Higher values of breakdown and holding strength were found in flour

with high viscosity peak. Final viscosity and setback values decreased as the content of WF in blends increased. The pasting properties of WF with RF blends must be seen in a combined way, because they affect bread production and storage. The results also showed that RVA can be used to help in formulating WF/RF blends with certain pasting properties.

Key words: wheat meal; bread process; viscosity characteristics; RVA.

3.1 Introdução

A produção mundial de trigo (*Triticum aestivum* L.) chega a ultrapassar 680 milhões de toneladas ao ano (IGC, 2011). No Brasil, a produção anual oscila entre 5 e 6 milhões de toneladas e o consumo anual é da ordem de 10 milhões de toneladas (CONAB, 2011).

Cerca de 75% do trigo consumido no país é destinado à produção de farinha refinada e cerca de 5% à produção de farinha integral (FIEP, 2006), cujo consumo vem crescendo devido a apelos de saúde dos produtos integrais, principalmente por serem ricos em fibras.

O pão é um dos alimentos mais consumidos e componente básico na alimentação dos brasileiros, sendo o pão francês o mais consumido (58% da produção de pães), seguido do pão de forma (ABIP, 2011). Entretanto, o mercado de pães especiais, que agregam grãos integrais, cereais, ervas e outros ingredientes com apelo nutricional, apresentam crescimento estimado de 15% para os próximos cinco anos, contrastando com os 10% previstos para o restante do setor de panificação (PROPAN, 2011).

As farinhas integrais consistem de grãos moídos em sua totalidade e são constituídas pelo farelo, pelo germe e pelo endosperma (WHOLE GRAINS COUNCIL, 2011), possuindo granulometria homogênea. No Brasil, como não há legislação específica que garanta que o trigo seja moído integralmente, também pode ser considerada farinha integral de trigo aquela com adição de farelo à farinha refinada. Embora seja uma facilidade para o moinho usar o farelo, que é um subproduto da moagem, este possui maior granulometria, deixando a farinha integral desuniforme, e que não deveria ser considerada como tal.

As farinhas de trigo refinadas e integrais são constituídas principalmente por carboidratos, sendo que, o amido é o mais relevante

(COPELAND et al., 2009), representando 60 a 70% do peso seco do grão e 65 a 75% dos componentes da farinha refinada (SHEWRY, 2009), atuando como ingrediente funcional na indústria de alimentos.

O processamento do amido geralmente envolve aquecimento na presença de água sob cisalhamento e posterior resfriamento. Durante o aquecimento, os grânulos de amido são gelatinizados, e no resfriamento, as macromoléculas constituintes dos grânulos retrogradam. Entender as etapas que ocorrem durante a gelatinização e a retrogradação são passos necessários para melhor prever as propriedades funcionais do amido processado (COPELAND et al., 2009). Isso ocorre na panificação, durante a etapa de produção ou processamento e depois no seu farmazenamento.

Não existem métodos analíticos oficiais para a avaliação da qualidade tecnológica de farinha integral de trigo e pouco se conhece sobre o comportamento de viscosidade do amido presente nas mesclas usadas para produção de pães contendo farinha integral de trigo pela carência de pesquisas científicas que caracterizem melhor este tipo de produto. Entre os equipamentos usados para avaliar as propriedades de pasta do amido, tem-se o analisador rápido de viscosidade (RVA), o viscoamilógrafo (Brabender) e o Mixolab (Chopin).

Na produção de pães integrais no Brasil, em geral, são utilizadas misturas com teores máximos de 60% de farinha integral com farinha refinada, ajustando à preferência do consumidor, que são pães mais crescidos e macios diferentes daqueles apenas com farinha integral. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi investigar as propriedades de pasta de mesclas de farinha de trigo integral com farinha refinada usadas na produção de pães no Brasil.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

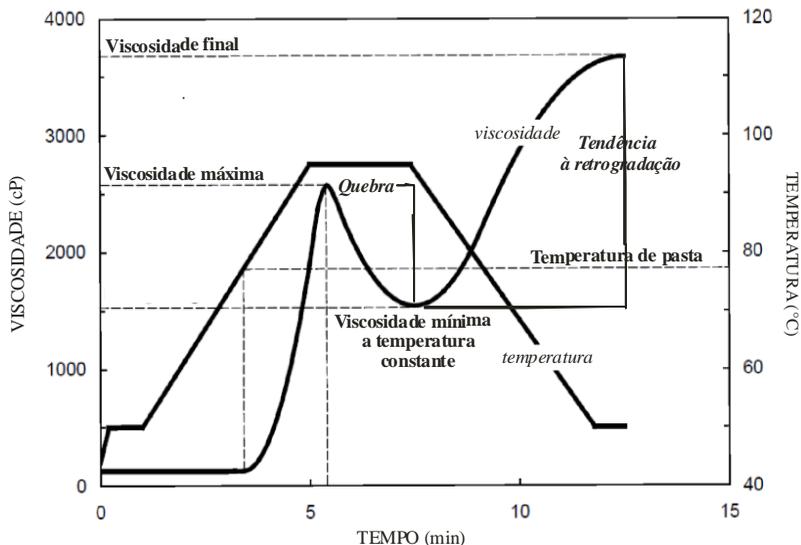
Foram obtidas amostras de grãos de trigo (*Triticum aestivum* L.), safra de 2009, e farinha integral de trigo a partir de dois diferentes fornecedores comerciais brasileiros, que foram denominados (A) e (B). Os grãos foram processados para a obtenção de farinha de trigo refinada em moinho experimental de laboratório Brabender, modelo Quadrumat Senior (BRABENDER OHG, Alemanha). Após o processo de moagem, foram preparadas misturas contendo diferentes proporções de Farinha Integral (FI) e Farinha Refinada (FR), que foram codificadas como: FR,

com 100% de FR; 20FI-80FR, mescla com 20% de FI e 80% de FR; 40FI-60FR, mescla com 40% de FI e 60% de FR; 60FI-40FR, mescla com 60% de FI e 40% de FR; 80FI-20FR, mescla com 80% de FI e 20% de FR; e FI, com 100% de FI.

De acordo com a legislação brasileira (BRASIL, 2010), em relação às amostras utilizadas neste estudo, a FR (A) é classificada como originada de trigo Classe Melhorador e a FR (B), como originada de trigo Classe Pão. Estas amostras apresentam tamanho de partícula dentro dos limites estabelecidos pela legislação brasileira (BRASIL, 2005), onde mais de 95% da amostra testada é capaz de passar através de um tamis de 250 μ m de abertura (dados não publicados). Para as FI e mesclas de FI e FR, não existe legislação específica no Brasil.

As propriedades de pasta das FR, das FI e das misturas FI-FR foram avaliadas em analisador rápido de viscosidade (RVA) modelo RVA-3D, equipado com software Termocline for Windows, versão 3.1, de acordo com o método 76-21 da AACC, (2000). O perfil de viscosidade das amostras foi analisado na base de 12,3% p/p (3,5g de farinha e 25 \pm 0,1mL de água destilada), corrigidas para 14% de umidade. O perfil de temperatura utilizado foi o Standard 1 (amostras mantidas a 50°C por 1 minuto, aquecidas até 95°C em 3,5 minutos e mantidas nesta temperatura durante 2,5 minutos, resfriadas a 50°C em 3,8 minutos e mantidas nesta temperatura até completar o tempo total de 13 minutos de análise), sendo considerados os parâmetros: temperatura de pasta, viscosidade máxima, viscosidade mínima à temperatura constante que é ligada à quebra e viscosidade final, associada à tendência à retrogradação. Na Figura 3.1 pode-se observar uma curva de viscosidade típica do RVA.

Figura 3.1 Curva de viscosidade típica do Analisador Rápido de Viscosidade (RVA).



Fonte: Adaptado de Newport Scientific (2001).

A análise estatística dos resultados foi realizada com o programa SAS for Windows, sendo os dados experimentais submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do comportamento de pasta dos amidos das amostras de farinha A e B e suas misturas estão apresentados na Tabela 3.1 e ilustrados na Figura 3.2 (a e b).

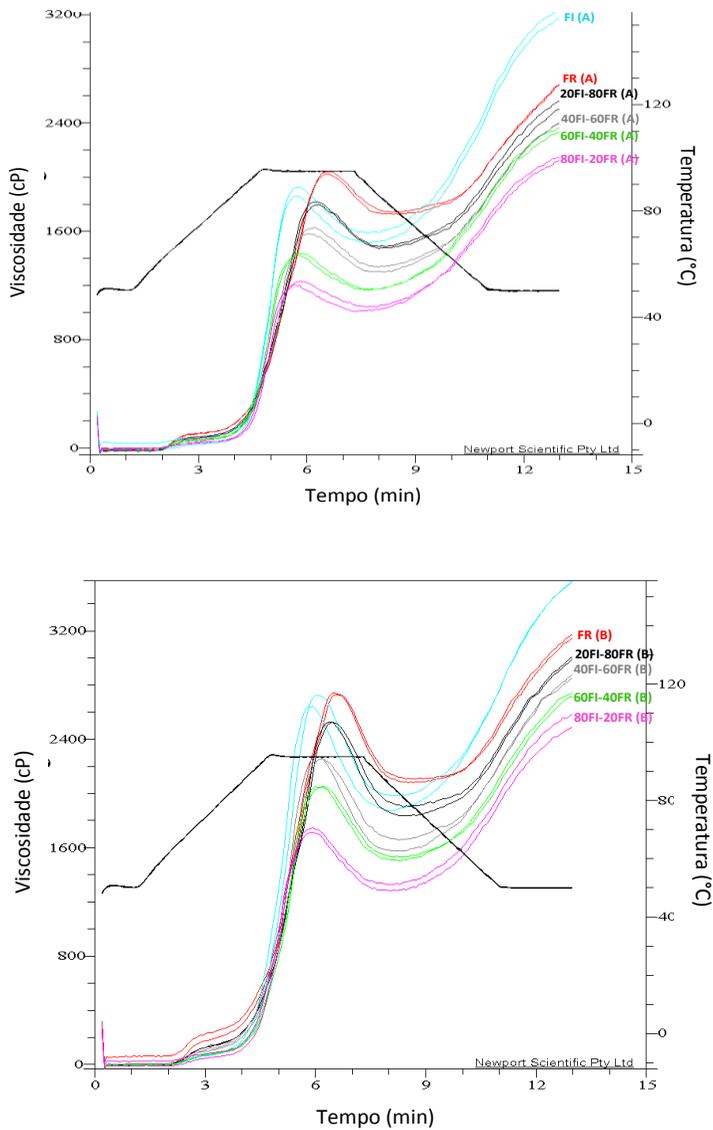
Tabela 3.1 Propriedades de pasta das farinhas das amostras de trigo A e B e suas mesclas.

<i>Amostra*</i>	Temp Pasta (°C)	Visc Máx (cP)	Visc Mín (cP)	Quebra (cP)	Visc final (cP)	Tend Retrog (cP)
FR (A)	52,08 ^a ± 1,94	2032,0 ^d ± 11,31	1733,5 ^{cd} ± 10,6	298,5 ^e ± 0,71	2682,5 ^e ± 6,36	949,0 ^f ± 16,97
20FI-80FR (A)	52,40 ^a ± 3,18	1807,0 ^{ef} ± 15,56	1482,0 ^e ± 9,9	325,0 ^{ed} ± 5,66	2532,5 ^f ± 41,72	1050,5 ^{ef} ± 31,82
40FI -60FR (A)	52,97 ^a ± 0,74	1604,0 ^g ± 31,11	1317,5 ^f ± 24,7	286,5 ^{ef} ± 6,36	2396,0 ^g ± 2,83	1078,5 ^{efd} ± 27,58
60FI -40FR (A)	50,67 ^a ± 0,81	1432,5 ^h ± 9,19	1168,0 ^{gf} ± 5,6	264,5 ^{ef} ± 3,54	2348,5 ^g ± 21,92	1180,5 ^{cebd} ± 27,58
80FI -20FR (A)	51,05 ^a ± 0,57	1218,5 ⁱ ± 17,68	1025,5 ^g ± 23,3	193,0 ^f ± 5,66	2132,0 ^h ± 14,14	1106,5 ^{ced} ± 37,48
FI (A)	50,20 ^a ± 0,14	1891,5 ^e ± 45,96	1549,5 ^e ± 53,0	342,5 ^{cd} ± 7,07	3203,5 ^b ± 44,55	1654,0 ^a ± 8,49
FR (B)	51,30 ^a ± 1,34	2733,5 ^a ± 7,78	2093,5 ^a ± 19,1	640,0 ^b ± 26,87	3162,5 ^b ± 20,51	1069,0 ^{ef} ± 39,60
20FI -80FR (B)	50,67 ^a ± 0,04	2527,0 ^b ± 0,00	1869,0 ^{cb} ± 45,2	658,0 ^{ba} ± 45,25	3000,5 ^c ± 10,61	1131,5 ^{cebd} ± 34,65
40FI -60FR (B)	51,20 ^a ± 1,20	2263,0 ^c ± 8,49	1615,0 ^{cd} ± 56,5	648,0 ^b ± 65,05	2866,0 ^d ± 16,97	1251,0 ^b ± 39,60
60FI -40FR (B)	50,72 ^a ± 0,74	2054,5 ^d ± 4,95	1518,5 ^e ± 17,6	536,0 ^c ± 12,73	2736,5 ^e ± 23,33	1218,0 ^{cbd} ± 41,01
80FI -20FR (B)	50,20 ^a ± 0,00	1729,5 ^f ± 23,33	1305,0 ^f ± 31,1	424,5 ^d ± 7,78	2539,5 ^f ± 60,10	1234,5 ^{cb} ± 28,99
FI (B)	53,87 ^a ± 4,91	2683,0 ^a ± 55,15	1929,5 ^b ± 77,1	753,5 ^a ± 21,92	3565,0 ^a ± 8,49	1635,5 ^a ± 68,59

Valores na mesma coluna, seguidos por letras diferentes, diferem significativamente entre si ($p < 0,05$). Resultados expressos como média de duas determinações ± desvio padrão. Temp Pasta: temperatura de pasta; Visc Máx: viscosidade máxima; Visc Mín: viscosidade mínima à temperatura constante; Quebra: viscosidade máxima menos viscosidade mínima à temperatura constante; Visc Final: viscosidade final; Tend Retrog: tendência a retrogradação: viscosidade final menos viscosidade mínima à temperatura constante. cP: centipoise. FR: farinha refinada. FI: farinha integral. (A) e (B): fornecedores das amostras.

*Proporção entre FI e FR.

Figura 3.1 Propriedades de pasta das amostras dos fornecedores A (2a) e B (2b), analisadas em RVA.



Legenda: FR: farinha refinada; FI: farinha integral e FI-FR: Proporção entre FI e FR.

Quando o amido é aquecido em excesso de água, seus grânulos intumescem e a organização cristalina decompõe-se para formar regiões amorfas. Esta desordem molecular é denominada gelatinização (KOHYAMA et al., 2004), e é definida pelo aumento inicial rápido da viscosidade que ocorre entre os 3-5 minutos iniciais (ZENG et al., 1997).

Além de apontar a temperatura mínima para que uma amostra seja cozida, a temperatura de pasta indica a temperatura na qual a viscosidade começa a aumentar durante o período de aquecimento (SINGH et al., 2011).

Para as amostras dos fornecedores A e B foram obtidas temperaturas de pasta de 50,2°C para as amostras FI (A) e 80FI-20FR (B) e 53,87°C para a amostra FI (B), as quais não diferiram entre si ($p < 0,05$), sugerindo que as amostras estudadas são semelhantes quanto às características de gelatinização.

De acordo com Jane et al. (1999), a maior parte dos amidos contém entre 20 e 30% de amilose e entre 70 e 80% de amilopectina, razão que varia de acordo com a fonte botânica. Amidos que consistem em grande parte de amilopectina com elevadas proporções de cadeias ramificadas podem apresentar temperatura de gelatinização elevada (FRANCO et al., 2002). Segundo Ragaee; Abdel-Aal (2006), farinhas refinadas podem apresentar maior temperatura de pasta que as farinhas integrais, por possuírem maior teor de amido na mesma porção, porém isto não pode ser observado nos resultados do presente estudo, onde todos os valores foram estatisticamente semelhantes entre si.

A viscosidade máxima é um parâmetro relacionado à capacidade do amido em absorver água, e, conseqüentemente ao grau de intumescimento dos grânulos de amido durante o aquecimento. Assim, quando existem grandes quantidades de grânulos com elevada capacidade de intumescimento, ocorrem elevados picos de viscosidade.

Foi observada diminuição gradual nos valores de viscosidade máxima das amostras ($p < 0,05$), de acordo com o aumento do teor de FI na mistura, sendo obtidos 2032 e 2733,5 cP para FR e 1218,5 e 1729,5 cP para as amostras 80FI-20FR dos fornecedores A e B, respectivamente. Os valores obtidos para as amostras de 100% de FI foram os mais próximos aos das amostras de 100% de FR, 1891,5 e

2683 cP para FI dos fornecedores A e B, respectivamente. Isso possivelmente decorre das interações químicas entre amido e fibras, proteínas, lipídeos, presentes na FI, que afetam o comportamento de viscosidade das farinhas.

De acordo com Ragaee; Abdel-Aal (2006), a viscosidade máxima mais elevada nas FR's pode ser atribuída, em parte, ao seu maior teor de amido e também a diferenças no teor de proteínas entre a FR e as FI. Singh et al. (2011) afirmaram que a absorção de água pelos grânulos de amido pode ser inibida na presença de proteínas o que poderia acarretar em menores valores para viscosidade máxima nas FI e suas misturas, visto que elas possuem maior teor proteico do que as FR. Brandolini et al. (2010) encontraram valores de 1510 cP e 1420 cP para farinhas de trigo integral e Refinada, respectivamente.

Segundo Tester; Morrison (1990), as propriedades de gelatinização e de poder de intumescimento dos grânulos são determinadas primeiramente pela amilopectina. A amilose atua parcialmente como diluente da amilopectina e parcialmente como um inibidor do intumescimento, especialmente quando complexada com lipídeos. De acordo com Jane et al. (1999), a amilopectina contribui para o intumescimento dos grânulos e propriedades de pasta, enquanto que a amilose e os lipídeos inibem este intumescimento. Além disso, de acordo com os autores, o comprimento das cadeias de amilopectina e o tamanho da molécula de amilose produzem efeitos sinérgicos na viscosidade de pasta do amido.

A quebra é um fenômeno associado à estabilidade dos grânulos de amido ao aquecimento, pois, durante este período, os grânulos de amido rompem-se, a amilose lixivia do interior dos grânulos e contribui para a viscosidade da fase contínua em dispersões amido-água e na taxa de retrogradação durante o resfriamento (ZENG et al., 1997; LEON et al., 2010). De acordo com Zeng et al. (1997), menores teores de amilose são correlacionados com alto pico de viscosidade de pasta, maior quebra e menor viscosidade final do amido de trigo. Segundo Singh et al. (2011), baixos valores de quebra indicam melhor resistência ao cisalhamento.

Para a quebra, foi percebida a mesma tendência observada para viscosidade máxima, onde os valores obtidos diminuíram de acordo com o aumento da proporção de FI na mistura. Foram obtidos 298,5 e 640,0

cP para FR e 193,0 e 424,5 cP para as amostras 80FI-20FR dos fornecedores A e B, respectivamente.

Os valores obtidos entre as amostras dos dois fornecedores para as farinhas e suas respectivas misturas diferiram significativamente entre si ($p < 0,05$), sendo que, para as FI dos fornecedores A e B foram obtidos valores de quebra de 342,5 e 753,5 cP. Isto pode ser explicado pelo fato de que farinhas com pico de viscosidade mais elevado produzem maiores valores de quebra, pois seus grânulos de amido apresentam maior capacidade de intumescimento (RAGAE; ABDEL-AAL, 2006). Possivelmente, farinhas que apresentam este comportamento também deverão possuir elevado teor de amilopectina, que é a responsável pelas propriedades de intumescimento e gelatinização. Provavelmente, esta afirmação justifique o ocorrido com as amostras do fornecedor B, que apresentaram pico de viscosidade elevado e maior valor de quebra, assim como ocorreu no estudo realizado por RAGAE; ABDEL AAL (2006), em amostras de farinha de trigo brando, FI de cevada e farinha de trigo duro.

A viscosidade mínima à temperatura constante é configurada pelo valor da viscosidade no momento em que a temperatura é mantida a 95°C e que juntamente com a quebra, que é calculada pela diferença entre o valor da viscosidade máxima e da viscosidade mínima à temperatura constante, está associada à estabilidade dos grânulos de amido em relação ao aquecimento.

Os resultados obtidos para viscosidade mínima à temperatura constante, assim como os obtidos para viscosidade máxima e quebra, apresentaram valores que diminuiram à medida que aumentou o teor de FI nas misturas. Para as amostras do fornecedor A, foram obtidos valores entre 1025,5 e 1733,5 cP (amostras 80FI-20FR (A) e FR (A), $p < 0,05$), e para as amostras 80FI-20FR (B) e FR (B) do fornecedor B, valores entre 1305 e 2093,5 cP, respectivamente.

A viscosidade final representa o valor da viscosidade ao final do teste, após a amostra ser resfriada a 50°C e mantida nesta temperatura e que, associada à tendência à retrogradação, que é calculada pela diferença entre a viscosidade final e a viscosidade mínima à temperatura constante, representam uma medida da tendência do amido em retrogradar.

Para a viscosidade final foram obtidos valores entre 2682,5 e 3162,5 cP para FR e 2132 e 2539 cP para as amostras 80FI-20FR dos fornecedores A e B, respectivamente (que diferiram significativamente, $p < 0,05$). As FI apresentaram valores de 3203,5 e 3565 cP, para as amostras dos fornecedores A e B, respectivamente, deixando evidente que as amostras dos dois fornecedores apresentaram a mesma tendência, e que, possivelmente refletem o comportamento real das farinhas integrais existentes no mercado brasileiro.

Durante o resfriamento da amostra, a reassociação entre as moléculas constituintes do amido, especialmente as de amilose, resultam na formação de uma estrutura de gel e a viscosidade aumenta até atingir a viscosidade final. Esta fase é descrita como região de tendência à retrogradação e está relacionada com reorganização das moléculas de amido (RAGAE; ABDEL-AAL, 2006). O valor da tendência à retrogradação é calculado a partir da viscosidade final da amostra, diminuindo-se o valor da viscosidade mínima à temperatura constante.

Os valores obtidos para tendência à retrogradação foram 949,0 e 1069,0 cP para as FR e 1654,0 e 1635,5 cP para as FI dos fornecedores A e B, respectivamente, mostrando que farinhas que possuem maiores valores de viscosidade mínima à temperatura constante também possuem maiores valores de tendência à retrogradação.

De acordo com o estudo de Ragaee; Abdel-Aal (2006), baixos valores de tendência à retrogradação indicam baixa razão de retrogradação do amido e sinerese. Entretanto, a retrogradação é uma característica atribuída ao amido e neste estudo, os maiores valores obtidos foram relacionados à amostra de FI. As FR foram as que apresentaram maiores valores de viscosidade mínima à temperatura constante e os menores valores de tendência à retrogradação.

De acordo com resultados obtidos por Ragaee; Abdel-Aal (2006), as propriedades de pasta de mesclas de 15% de cereais integrais (cevada, milho, centeio ou sorgo) e 85% de farinha refinada de trigo (duro ou mole) mostraram efeito marcado no comportamento de farinha de trigo, onde a quebra e a retrogradação tornaram-se mais consistentes nas mesclas. O aumento significativo destes dois parâmetros também foi observado no presente estudo, para a mistura de 20% FI com 80% de FR, a que mais se assemelha a do estudo de Ragaee; Abdel-Aal (2006).

3.4 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste trabalho permitem concluir em relação às propriedades de pasta, que a adição de farinha integral à farinha refinada proporciona diminuição dos valores de viscosidade máxima e aumento dos valores de viscosidade final e de tendência a retrogradação, sendo encontrados maiores valores de quebra e de viscosidade mínima à temperatura constante em mesclas com pico de viscosidade elevado, normalmente menos estáveis ao aquecimento. Assim, as características de viscosidade deverão ser observadas de forma conjunta, pois afetarão o processo de produção de pães e o seu armazenamento. Além disso, os resultados mostraram que o RVA pode ser usado para ajudar a formular mesclas de farinha integral com farinha refinada com determinadas propriedades de pasta.

3.5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal e Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de doutorado, e ao apoio da Universidade Federal de Santa Catarina, da Embrapa Trigo e da Universidade de Passo Fundo, em especial das funcionárias do Laboratório de Cereais desta última.

3.6 REFERÊNCIAS

AACC (American Association of Cereal Chemistry). **Internacional approved methods of analysis**. 10.ed. St. Paul, MN, 2000. Approved November 8.

ABIP (Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria). **Perfil do Setor de Panificação no Brasil**. Acesso em: 04 out. 2011. Online. Disponível em: <http://www.abip.org.br/perfil_internas.aspx?cod=35>.

BRABENDER GmbH & Co. KG. Acesso em: 28 jul. 2011. Online. Disponível em: <<http://www.brabender.com>>.

BRANDOLINI, A. et al. Storage-induced changes in einkorn (*Triticum monococcum* L.) and breadwheat (*Triticum aestivum* L. ssp. *Aestivum*) flours. **Journal of Cereal Science**, v. 51, p. 205-212, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Resolução Normativa n. 8, de 02 de junho de 2005. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da Farinha de Trigo. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, n. 105, p. 91, 3 jun. 2005. Seção 1.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n.38, de 30 de novembro de 2010. Regulamento técnico do trigo. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, n. 29, p. 2, 1 dez. 2010. Seção 1.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. 12^o Levantamento. Brasília, set. 2011. Acesso em: 08 nov. 2011. Online. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_09_19_09_49_47_boletim_setembro-2011.pdf>.

COPELAND, L. et al. Form and functionality of starch. **Food Hydrocolloids**, v. 23, p. 1527-1534, 2009.

FIEP (Federação das Indústrias do Estado do Paraná). **Programa de aumento das vendas dos produtos paranaenses – farinha de trigo**, v. 1, 2006. Acesso em: 28 set. 2011. Online. Disponível em: <http://www.fiepr.org.br/fiepr/conselhos/agroindustria_alimentos/uploadAddress/Relat%C3%B3rioFarinhadeTrigo0606.pdf>.

FRANCO, C.M.L et al. Structural and functional characteristics of selected soft wheat starches. **Cereal Chemistry**, v. 79, n. 2, p. 243-248, 2002.

IGC (International Grains Council). **Grain market report**, n.416, Oct. 2011. Acesso em: 08 nov. 2011. Online. Disponível em: <<http://www.igc.int/en/downloads/gmrsummary/gmrsumme.pdf>>.

JANE, J. et al. Effects of amylopectin branch chain length and amylose content on the gelatinization and pasting properties of starch. **Cereal Chemistry**, v. 76, n. 5, p. 629-637, 1999.

KOHYAMA, K. et al. A differential thermal analysis of the gelatinization and retrogradation of wheat starches with different amylopectin chain lengths. **Carbohydrate Polymers**, v. 58, p. 71-77, 2004.

LEON, E. et al. Pasting properties of transgenic lines of a commercial bread wheat expressing combinations of HMW glutenin subunit genes. **Journal of Cereal Science**, v. 51, p. 344-349, 2010.

NEWPORT SCIENTIFIC. **Instruction manual for the series 4 rapid visco analyzer**. Australia: Newport Scientific Pty, 2001. p.1-45. Disponível em: <<http://www.newport.com.au/products/brochures/manuals/RVA-4%20Operation%20manual%2025-08-03.pdf>>. Acesso em: 10/10/2011.

PROPAN (Programa de Apoio a Panificação). **Programa de desenvolvimento da alimentação, confeitaria e panificação**. Acesso em: 10 out. 2011. Online. Disponível em: <<http://www.propan.com.br/noticia.php?id=844>>.

RAGAE, S.; ABDEL-AAL, EL-S. Pasting properties of starch and protein in selected cereals and quality of their food products. **Food Chemistry**, v. 95, p. 9-18, 2006.

SAS INSTITUTE CORP. **The SAS for Windows, release 6.08**. Cary, NC, USA, 1992. 211p.

SHEWRY, P.R. Wheat. **Journal of Experimental Botany**, v. 60, n. 6, p. 1537-1553, 2009.

SINGH, S. et al. Relationship of polymeric proteins with pasting, gel dynamic- and dough empirical-rheology in different Indian wheat varieties. **Food Hydrocolloids**, v. 25, p. 19-24, 2011.

TESTER, F.; MORRISON, W.R. Swelling and gelatinization of cereal Starches. I. Effects of Amylopectin, amylase, and lipids. **Cereal Chemistry**, v. 67, p. 551, 1990.

WHOLE GRAINS COUNCIL. **WHAT IS A WHOLE GRAIN?** ACESSO EM: 10 OUT. 2011. ONLINE. DISPONÍVEL EM: <[HTTP://WWW.WHOLEGRAINSCOUNCIL.ORG/WHOLE-GRAINS-101/WHAT-IS-A-WHOLE-GRAIN](http://www.wholegrainscouncil.org/whole-grains-101/what-is-a-whole-grain)>.

ZENG, M. ET AL. SOURCES OF VARIATION FOR STARCH GELATINIZATION, PASTING, AND GELATION PROPERTIES IN WHEAT. **CEREAL CHEMISTRY**, V. 74, N. 1, P. 63-71, 1997.

CAPÍTULO 4

ADAPTAÇÃO DE MÉTODO DE PANIFICAÇÃO PARA AVALIAÇÃO DE CULTIVARES DE TRIGO EM PROGRAMAS DE MELHORAMENTO

ADAPTAÇÃO DE MÉTODO DE PANIFICAÇÃO PARA AVALIAÇÃO DE CULTIVARES DE TRIGO EM PROGRAMAS DE MELHORAMENTO

*Adaptation of baking method for wheat cultivar evaluation in breeding
programs*

Resumo

O conceito de qualidade do grão de trigo diverge entre pesquisadores, produtores e consumidores. Para os programas de melhoramento genético, o enfoque é produzir trigo com qualidade adequada ao uso final. Contudo, a avaliação de qualidade tecnológica dos genótipos que estão sendo produzidos é dificultada, especialmente nas etapas iniciais do melhoramento devido à pequena quantidade de matéria prima disponível para os testes. Métodos padronizados para a análise de farinha integral, na forma de farinha e de produto acabado provenientes de trigo, são praticamente inexistentes. O objetivo deste trabalho foi adaptar teste de panificação em pequena escala, utilizando farinhas refinada e integral e suas mesclas para avaliação da qualidade tecnológica de trigo para produção de pão. O teste foi desenvolvido tomando como base a participação de cada ingrediente descrita no Teste Instrumental de Panificação delineado por El-Dash (1978). De acordo com os resultados, o aumento gradual do teor de farinha integral na mistura foi acompanhado pela diminuição nos escores de características de qualidade, confirmando a influência do teor de fibras na qualidade de panificação e a eficiência do teste em diferenciar a qualidade de panificação das farinhas dos genótipos de trigo e de representar a realidade no produto final, através da elaboração de pães.

Palavras-chave: qualidade de trigo, teste de panificação, melhoramento genético.

Abstract

The concept of wheat grain quality varies among researchers, producers and consumers. For breeding programs, the focus is to produce wheat with suitable quality for end-use. However, the evaluation of technological quality of genotypes being produced is difficult, especially in the early stages of the breeding due to the small amount of raw material available for testing. Standard methods for analysis in whole flour and end-product from wheat, are practically nonexistent. The

objective of this study was to adapt the baking test to a small scale, using refined and whole wheat flour and its mixtures to evaluate the technological quality of wheat for bread production. The test was developed considering the participation of each ingredient described in the Bakery Instrumental Test outlined by El-Dash (1978). According to the results, the gradual increase in the content of whole flour in the mixture was accompanied by a decrease in scores of quality characteristics, confirming the influence of fiber content in breadmaking quality as well as in the efficiency of the test to differentiate the baking quality of wheat different genotype and to represent the end-product reality, through bread development .

Key-words: wheat quality, baking test, genetic breeding.

4.1 Introdução

A qualidade de grãos e farinhas de cereais é determinada por características que podem ser divididas em físicas, químicas, enzimáticas e reológicas (RASPER, 1991). O conceito de qualidade do grão e os parâmetros avaliados dependem do segmento que os avalia, e divergem entre pesquisadores, produtores e consumidores.

Para a maioria dos programas de melhoramento genético, o principal enfoque é produzir trigo com qualidade superior para produção de pães. Parâmetros importantes incluem elevado teor de proteína da farinha, elevada capacidade de absorção de água, boa extensibilidade da massa e tolerância à mistura, e trigo adequado para produzir pão com volume adequado (BRUCKNER et al., 2001). A *American Association of Cereal Chemists* (AACC, 2000), fornece métodos padronizados para a avaliação destas características em farinhas de trigo refinadas. Para os programas de melhoramento genético, a avaliação de qualidade tecnológica e a diferenciação da qualidade tecnológica entre diferentes amostras de farinhas tornam-se difíceis devido à pequena quantidade de matéria prima disponível para os testes. Além disso, tanto no Brasil, quanto em todo o mundo são praticamente inexistentes os métodos padronizados para a análise de farinha integral, tanto como farinha, quanto na forma de produto final, como o pão.

Para tanto, o objetivo do presente trabalho foi adaptar teste de panificação em pequena escala para utilização em programas de melhoramento genético de trigo, utilizando farinha refinada e farinha

integral de trigo e suas mesclas em diferentes proporções, para avaliação da qualidade tecnológica de trigo para produção de pão.

4.2 Material e métodos

4.2.1 Material

4.2.1.1 Amostras de trigo

Amostras comerciais de trigo (*Triticum aestivum* L.), da safra 2009, e farinha integral de trigo foram obtidos de dois fornecedores, chamados de (A) e (B). Os grãos foram processados no Laboratório de Qualidade de Grãos da Embrapa Trigo, utilizando moinho experimental de laboratório (modelo Quadrumat Senior, Brabender, Alemanha) para a obtenção de farinha de trigo refinada. Após o processo de moagem, foram preparadas misturas contendo diferentes proporções de farinha integral (FI) e farinha Refinada (FR), codificadas como: FR, 100% FR; 20FI-80FR, mistura de 20% FI e 80% FR; 40FI-60FR, mistura de 40% FI e 60% FR; 60FI-40FR, mistura de 60% FI e 40% FR; 80FI-20FR, mistura de 80% FI e 20% FR e FI, com 100% FI.

4.2.2 Métodos experimentais

4.2.2.1 Teste instrumental de panificação

O teste de panificação experimental foi realizado no Laboratório de Qualidade de Grãos da Embrapa Trigo. Um teste rápido em pequena escala em farinógrafo de amassadeira de 50 g foi adaptado a fim de diferenciar a qualidade de panificação de farinhas integrais de trigo e de farinhas refinadas, tomando como base a participação de cada ingrediente descrita no Teste Instrumental de Panificação (*baking test*) delineado por El-Dash (1978). As massas foram preparadas de acordo com as proporções de ingredientes descritas na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 Proporções dos ingredientes utilizados na formulação dos pães

INGREDIENTES (g)	PARTES (%)	FR	20FI-80FR*	40FI-60FR*	60FI-40FR*	80FI-20FR*	FI
FR	100	50,0	40,0	30,0	20,0	10,0	0,0
FI	100	0,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0
Açúcar	5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Fermento	3	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Sal	2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Gordura**	3	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Ácido ascórbico	90 ppm	0,00	0,0045	0,0045	0,0045	0,0045	0,0045

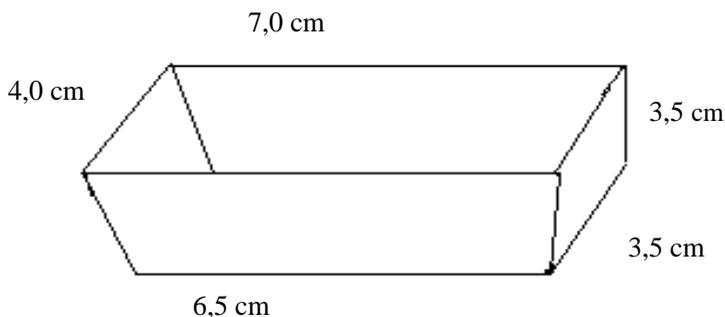
45

FR: Farinha refinada; FI: Farinha Integral; *Proporções entre FI e FR; ** Gordura vegetal hidrogenada.

A farinha foi colocada na amassadeira do farinógrafo (mantida em temperatura constante de 30 °C) e misturada durante 1 minuto. Em seguida, foram adicionados o açúcar, o fermento, o sal, a gordura vegetal hidrogenada e o ácido ascórbico e também misturados durante 1 minuto. Após este período, foi adicionada água destilada em quantidade suficiente para que a massa formada atingisse a consistência máxima de 650 (± 20) UF. O valor de consistência foi estabelecido em experimentos prévios. O tempo utilizado para o desenvolvimento da massa foi de 6 minutos.

Após o amassamento, o rendimento de massa foi calculado e a mesma foi fracionada em duas partes iguais de 35,0 g cada uma. As frações foram moldadas com o auxílio de cilindro caseiro manual (Atlas 150 & Pastabike, Marcato S.P.A., Italy) e colocadas em formas de aço inoxidável, previamente untadas com gordura vegetal hidrogenada. As dimensões das formas utilizadas no teste de panificação em pequena escala estão ilustradas na Figura 4.1.

Figura 4.1 Dimensões das formas utilizadas no teste de panificação em pequena escala.



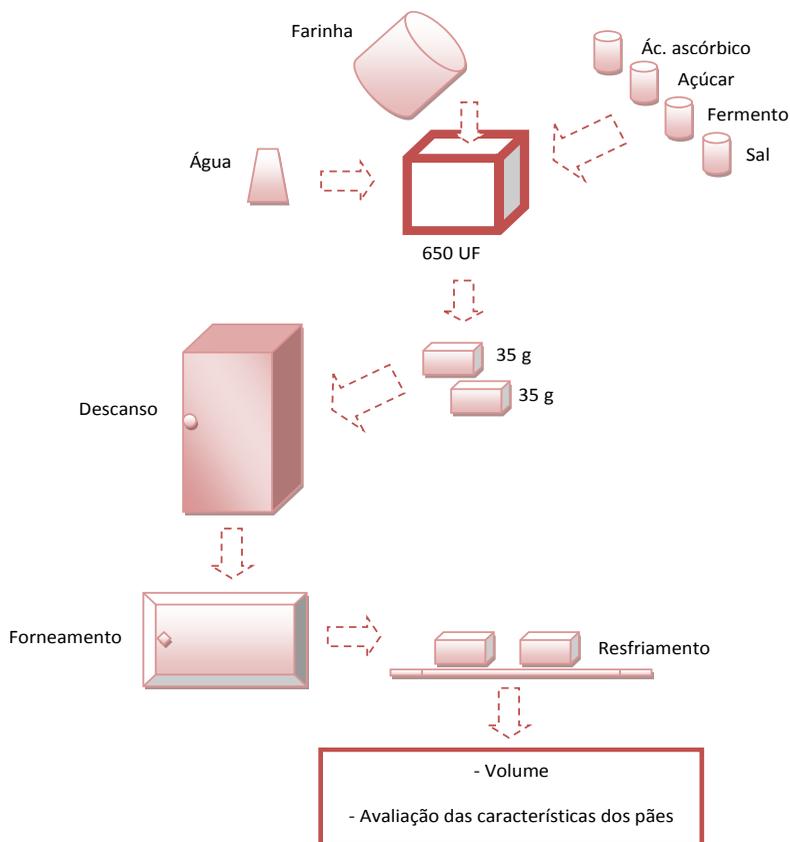
As massas permaneceram em câmara de descanso (Gelopar, Brasil) sob temperatura controlada de 30 °C e 100% de UR durante 40 minutos. Posteriormente, foram submetidas à forneamento em forno elétrico (Fischer, Brasil) onde foi colocado um pequeno recipiente com água com o objetivo de produzir vapor e evitar a secagem excessiva dos pães. Utilizou-se temperatura controlada de 150 °C e tempo de cozimento de 13 minutos. As preparações de pães foram realizadas em duplicata.

Os pães foram deixados esfriar à temperatura ambiente durante o período de 1 hora. Após este período, o volume dos pães foi calculado pelo método de deslocamento de sementes de painço e o volume específico foi calculado pela divisão do peso pelo volume. O volume dos pães foi calculado em triplicata.

4.2.2.2 Avaliação das características de qualidade de pães

Foram avaliadas as características externas, cor da crosta, quebra, simetria e as internas, características da crosta, cor do miolo, estrutura da célula miolo e textura do miolo, além de aroma e gosto, que foram pontuadas de acordo com El-Dash (1978), conforme ficha de avaliação ilustrada no Anexo B. O processo de elaboração dos pães e a avaliação realizada estão ilustrados na Figura 4.2.

Figur 4.2 Fluxograma do processo de elaboração dos pães e sequencia das análises realizadas.



4.2.2.3 Análise estatística dos resultados

Os dados foram analisados utilizando o programa Statistica 7.0. Os valores médios foram comparados ao nível de 5% de probabilidade utilizando teste de Tukey.

4.3 Resultados e discussão

Os resultados da análise das características dos pães elaborados com as farinhas dos fornecedores A e B e suas mesclas estão apresentados na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 Resultados da análise das características dos pães elaborados com as farinhas dos fornecedores A e B e suas mesclas.

AMOSTRAS		VOLUME		CARACTERÍSTICAS EXTERNAS		CARACTERÍSTICAS INTERNAS		AROMA E GOSTO			PONTUAÇÃO	
FORNECEDOR	AMOSTRA *	VOLUME	COR CROSTA	QUEBRA	SIMETRIA	CARACT. CROSTA	ESTR. CÉL. MIOLO	COR MIOLO	TEXTURA MIOLO	AROMA	GOSTO	PONTUAÇÃO TOTAL
A	FR	12,6 ^{ab} ± 0,5	10,0 ^a ± 0,0	4,5 ^a ± 0,7	4,0 ^a ± 0,0	4,5 ^{abcd} ± 0,7	9,5 ^{ab} ± 0,7	9,0 ^{ab} ± 0,0	9,0 ^a ± 0,0	9,0 ^a ± 0,0	11,0 ^{bc} ± 0,0	84,10 ^a ± 1,2
A	20FI-80FR	13,23 ^{ab} ± 0,8	10,0 ^a ± 0,0	4,5 ^a ± 0,6	4,75 ^a ± 0,5	4,5 ^{bc} ± 0,6	9,0 ^a ± 0,5	9,0 ^{ab} ± 0,6	8,0 ^{cd} ± 0,0	8,0 ^{ab} ± 0,0	11,0 ^a ± 0,6	81,73 ^{ab} ± 0,3
A	40FI-60FR	14,69 ^{ab} ± 0,1	9,0 ^b ± 0,0	3,0 ^{abcd} ± 0,0	3,0 ^a ± 0,0	3,5 ^{abcd} ± 0,7	3,5 ^{ab} ± 0,7	8,0 ^{bc} ± 0,0	7,0 ^{cd} ± 0,0	7,0 ^{bc} ± 0,0	10,0 ^{bc} ± 0,0	67,69 ^{bc} ± 1,5
A	60FI-40FR	11,31 ^{ab} ± 0,0	8,0 ^{cd} ± 0,0	2,5 ^{abc} ± 0,7	3,5 ^a ± 0,7	3,0 ^{bc} ± 0,0	3,5 ^{ab} ± 0,7	7,0 ^{bc} ± 0,0	7,0 ^{cd} ± 0,0	7,0 ^{bc} ± 0,0	10,0 ^{bc} ± 0,0	62,81 ^{cd} ± 2,1
A	80FI-20FR	11,15 ^{ab} ± 1,2	7,0 ^a ± 0,0	2,0 ^a ± 0,0	3,0 ^a ± 0,0	2,5 ^a ± 0,7	3,0 ^b ± 0,0	6,0 ^c ± 0,0	6,0 ^a ± 0,0	6,0 ^a ± 0,0	9,0 ^a ± 0,0	56,65 ^d ± 0,5
A	FI	10,65 ^a ± 0,1	9,0 ^a ± 0,0	3,0 ^{abcd} ± 0,0	5,0 ^a ± 0,0	4,0 ^{abcde} ± 0,0	3,0 ^a ± 0,0	6,0 ^a ± 0,0	7,0 ^{cd} ± 0,0	7,0 ^{ab} ± 0,0	11,0 ^{bc} ± 0,0	67,65 ^{bc} ± 0,1
B	FR	14,34 ^a ± 1,9	10,0 ^a ± 0,0	3,5 ^{abcd} ± 0,6	4,25 ^a ± 0,9	4,75 ^{ab} ± 0,5	8,25 ^{ab} ± 0,5	8,5 ^{ab} ± 0,6	10,0 ^a ± 0,0	7,75 ^{ab} ± 0,5	11,75 ^{ab} ± 0,5	83,09 ^a ± 0,8
B	20FI-80FR	14,36 ^a ± 0,5	10,0 ^a ± 0,0	4,0 ^{bc} ± 0,0	4,0 ^a ± 0,0	4,0 ^{abcd} ± 0,0	8,0 ^{ab} ± 0,0	10,0 ^a ± 0,0	8,0 ^{cd} ± 0,0	6,0 ^a ± 0,0	12,0 ^a ± 0,0	80,36 ^{ab} ± 0,5
B	40FI-60FR	12,15 ^{ab} ± 0,4	8,5 ^{bc} ± 0,6	4,25 ^{abcd} ± 0,9	3,75 ^a ± 0,5	4,0 ^{bcde} ± 0,0	6,0 ^{ab} ± 2,3	8,5 ^{ab} ± 1,7	7,5 ^{bc} ± 0,6	7,0 ^{bc} ± 1,1	10,5 ^{bc} ± 0,6	72,15 ^{cd} ± 4,5
B	60FI-40FR	11,42 ^b ± 1,7	9,0 ^b ± 0,0	3,5 ^{bcd} ± 0,6	3,75 ^a ± 0,96	5,0 ^a ± 0,0	9,0 ^a ± 0,0	10,0 ^a ± 0,0	8,0 ^{cd} ± 0,0	6,0 ^a ± 0,0	11,0 ^{ab} ± 0,0	76,67 ^{bc} ± 1,9
B	80FI-20FR	10,65 ^a ± 1,3	7,0 ^a ± 0,0	2,0 ^a ± 0,0	4,0 ^a ± 0,0	3,0 ^{bc} ± 0,0	3,0 ^b ± 0,0	6,0 ^a ± 0,0	6,0 ^a ± 0,0	7,0 ^{bc} ± 0,0	10,0 ^{ab} ± 0,0	58,65 ^{de} ± 1,3
B	FI	11,6 ^{ab} ± 1,2	7,75 ^a ± 0,5	2,75 ^{cd} ± 0,5	3,5 ^a ± 0,6	3,5 ^{bc} ± 0,6	5,75 ^{ab} ± 3,2	9,5 ^a ± 0,6	8,5 ^{bc} ± 0,6	6,5 ^a ± 0,6	10,0 ^{bc} ± 0,0	69,35 ^d ± 2,1

Valores médios na mesma coluna seguidos por letras diferentes são significativamente diferentes ($p < 0,05$). Resultados expressos como média de duas determinações ± desvio padrão. * Proporção entre FI/FR

De acordo com os resultados obtidos para o volume dos pães, para as amostras do fornecedores A e B, os resultados não foram significativamente diferentes entre si ($p < 0,05$). Era esperado que as amostras com farinha integral apresentassem menor volume devido à influência da presença das camadas fibrosas do grão de trigo no desenvolvimento da massa do pão (NOORT, 2010).

De acordo com os resultados obtidos por Seyer; Gélinas (2009), farinhas integrais produzem pães com volume específico menor que as farinhas refinadas. Segundo os mesmos autores, teores entre 5,0 e 57% de farelos de trigo que foram passados por moinho de rolos apresentaram granulometria maior que 450 μm . Para as amostras do presente estudo, foram obtidos teores de farelo de trigo maiores que 450 μm entre 0,25 e 12,24% (dados apresentados no capítulo 2). Para Zhang; Moore (1999), o tamanho das partículas do farelo de trigo exerce efeito significativo no volume específico e na qualidade sensorial de pães.

Por outro lado, de acordo com Noort et al. (2010), a adição de farelo de trigo às massas causa leve efeito negativo no volume de pães, indicando que o efeito de diluição da rede de glúten é um fator que ocorre associado aos efeitos negativos da granulometria do farelo no volume de pães. Esta última confere maior área de superfície e possibilita a liberação intracelular de compostos, como enzimas, glutatona ou fitatos que podem reagir com as proteínas do glúten.

A Tabela 4.3 mostra os resultados da análise de correlação entre algumas variáveis avaliadas para as amostras deste estudo.

Tabela 4.3 Correlação entre as variáveis analisadas.

Fatores avaliados	<i>r</i>	Significância
Volume pães (FI x FR)	-0,73	$p < 0,05$
Teor de fibras x absorção	+0,88	$p < 0,05$
Teor de fibras x cor da	-0,74	$p < 0,05$
Teor de proteínas x cor	-0,72	$p < 0,05$

Adicionalmente, para as presentes amostras, foi obtida correlação fortemente positiva entre o teor de fibras e a absorção de

água ($r = 0,88$). Conforme Seyer; Gélinas (2009), diferentes cultivares de trigo podem apresentar farelo que apresenta relação direta com a capacidade de absorção de água.

Em relação às características externas dos pães, para cor da crosta, de maneira geral, puderam ser observadas diferenças significativas ($p < 0,05$) na pontuação das amostras analisadas. Não foram observadas diferenças entre as amostras de FR e 20FI-80FR de ambos os fornecedores (10,0 para ambos), a partir do que é possível inferir que baixos teores de farinha integral não alteram significativamente a cor da crosta de pães. Além disso, foram observadas fortes correlações negativas entre a cor da crosta dos pães analisados e o teor de fibras da amostra ($r = -0,74$) e entre o teor de proteínas da amostra ($r = -0,72$), confirmando que ocorre expressiva diluição da rede de glúten quanto maior o teor de fibras da amostra analisada, o que pode interferir na cor da crosta dos pães analisados pela presença da fibra na massa e por diminuir o teor de proteínas que estão disponíveis para reação de Maillard.

De acordo com os resultados obtidos, foi possível observar diferenças significativas ($p < 0,05$) no atributo quebra dos pães elaborados, pontuações que variaram entre 3,0 e 4,5 para as amostras do fornecedor A e entre 2,75 e 4,25 para as amostras do fornecedor B (sendo o máximo 5,0 para este atributo). A partir dos resultados, observou-se que a quebra foi alterada pelo aumento do teor de FI na mescla, entretanto, a presença de FI na massa dos pães elaborados não alterou a simetria dos pães prontos.

Em relação às características internas dos pães (pontuação máxima de 35 pontos), para as características da crosta foram obtidos valores entre 2,5 e 5,0, a partir do que é possível observar modificações pela presença da farinha integral na mescla. Entretanto, em relação às características da célula do miolo, não foram observadas diferenças significativas ($p < 0,05$) nas amostras avaliadas.

De acordo com os resultados obtidos para cor do miolo, foi possível observar algumas diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as amostras, a partir do que é possível atribuir a alteração de cor do miolo dos pães à presença das camadas mais externas do grão na massa.

Para textura do miolo, foram observadas diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as amostras, que foram mais pronunciadas nos pães elaborados com as amostras do fornecedor B (6,0 para a amostra 80FI-20FR e 10,0 para a amostra de FR).

Em relação ao aroma dos pães, foram percebidas diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as amostras analisadas, mas que não foram proporcionais ao aumento de farinha integral na amostra.

Para o gosto dos pães, foi percebido que, para as amostras analisadas, o gosto foi menos agradável de acordo com o aumento do teor de farinha integral na mescla, o que pode ser observado nas amostras dos dois fornecedores analisados, com exceção à amostra de FI, do fornecedor A (escore de 11,0, idêntico ao da amostra de FR do mesmo fornecedor), o que provavelmente pode ser devido à subjetividade da avaliação, o que casualmente, pode acarretar algumas variações.

Analisando a pontuação geral obtida para a avaliação dos pães produzidos com farinhas dos fornecedores A e B foram obtidos escores desde 56,65 (para a amostra 80FI-20FR do fornecedor A) até 83,09 (amostra de FR do fornecedor B), observa-se que o teste de panificação foi efetivo para diferenciar a qualidade das farinhas das amostras comerciais testadas e das suas respectivas mesclas. Os pães elaborados pelo teste em pequena escala podem ser visualizados nas Figuras 4.3a e 4.3b.

Figura 4.3a Pães elaborados com as farinhas do fornecedor A. *Pontuação total obtida na avaliação dos pães

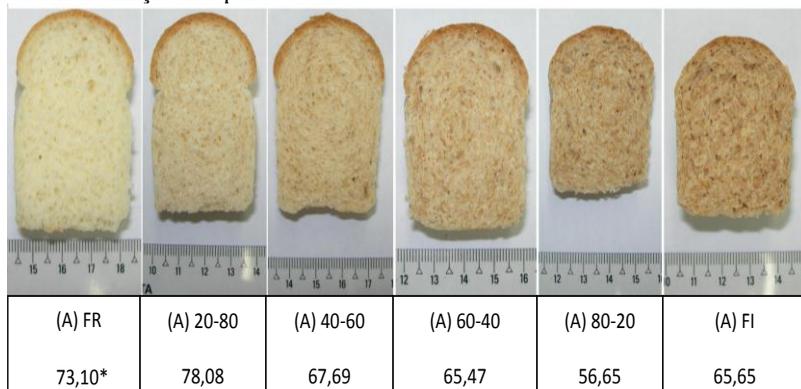
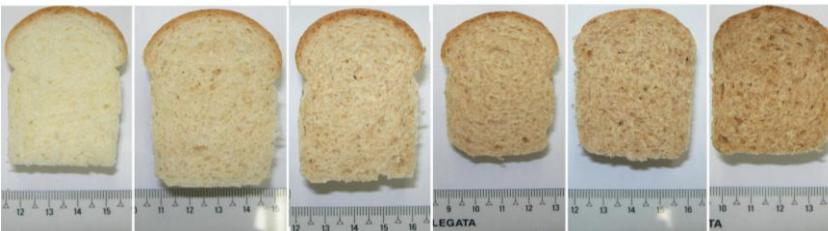


Figura 4.3b Pães elaborados com as farinhas do fornecedor B. *Pontuação total obtida na avaliação dos pães.



(B) FR	(B) 20-80	(B) 40-60	(B) 60-40	(B) 80-20	(B) FI
83,09*	80,36	72,15	76,67	58,65	69,35

4.4 Conclusão

De acordo com os resultados, o aumento gradual do teor de farinha integral na mistura foi acompanhado pela diminuição na pontuação nos escores de características de qualidade, confirmando a influência do teor de fibras na qualidade de panificação das farinhas testadas e sugerindo a necessidade de desenvolvimento de métodos específicos para avaliação da qualidade tecnológica de farinhas integrais.

Os resultados apresentados confirmam a eficiência do teste de panificação em pequena escala adaptado neste estudo para sua utilização em programas de melhoramento genético de trigo, pois utilizando pequena quantidade de amostra foi capaz de diferenciar a qualidade de panificação das farinhas e de representar a realidade através da elaboração de pães.

O teste foi eficiente tanto para diferenciar farinhas refinadas, quanto para farinhas integrais. Entretanto, devido ao grande número de fatores que exercem influência no comportamento de panificação das farinhas, entre elas, as variações genéticas, diferenças nas condições climáticas, do solo e de cultivo, é pouco provável prever o comportamento de uma farinha integral a partir da análise de sua respectiva farinha refinada.

Como as amostras comerciais A e B, ambas apresentaram características adequadas para a produção de pães, não ficaram evidenciadas diferenças marcantes quando se comparou o mesmo parâmetro para essas duas amostras. Assim, na etapa seguinte, foi testada a metodologia proposta no presente capítulo com cultivares de trigo com diferente qualidade tecnológica e consequentemente, diversas indicações de uso final.

4.5 Referências

AACC Internacional. **Approved Methods of Analysis**, 10th Ed. Approved November 8, 2000. AACC International, St. Paul, MN, U.S.A.

BRUCKNER, P. L.; HABERNICHT, D.; CARLSON, G. R.; WICHMAN, D. M.; TALBERT, L. E. Comparative Bread Quality of White Flour and Whole Grain Flour for Hard Red Spring and Winter Wheat. **Crop Science**, v. 41, p. 1917–1920, 2001.

EL-DASH, A. A. Standardized mixing and fermentation procedure for experimental baking test. **Cereal Chemistry**, v. 55, n. 4, p. 436-446, 1978.

NOORT, M. W. J.; HAASTER, D.; HEMERY, Y.; SCHOLS, H. A.; HAMER, R. J. The effect of particle size of wheat bran fractions on bread quality - Evidence for fibre – protein interactions. **Journal of Cereal Science**, v. 52, p. 59-64, 2010.

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.

SEYER, M. E.; GÉLINAS, P. Bran characteristics and wheat performance in whole wheat bread. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 44, p. 688–693, 2009.

ZHANG, D.; MOORE, WR. Wheat bran particle size effects on bread baking performance and quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 75, p. 705–709, 1999.

CAPÍTULO 5

**AVALIAÇÃO DE QUALIDADE TECNOLÓGICA DE FARINHA
INTEGRAL OBTIDA DE CULTIVARES DE TRIGO
BRASILEIRAS**

AVALIAÇÃO DE QUALIDADE TECNOLÓGICA DE FARINHA INTEGRAL OBTIDA DE CULTIVARES DE TRIGO BRASILEIRAS

Technological quality evaluation of whole flours obtained from Brazilian wheat cultivars

Resumo

Existe demanda crescente por trigo, o que inclui o aumento do consumo de farinhas integrais. Devido à falta de legislação específica no Brasil, farinhas refinadas são adicionadas de farelo de trigo e comercializadas como farinha integral. Existem métodos padronizados para análise de qualidade de farinhas refinadas de trigo, enquanto que há carência de métodos padronizados específicos para análise de farinhas integrais. Este estudo avaliou as características físico-químicas e reológicas de farinhas integrais comparando-as com farinhas refinadas, a fim de obter informações para seleção de cultivares de trigo para produção de pães. Foram utilizados métodos oficiais da AACC (2000) e Teste Instrumental de Panificação delineado por El-Dash (1978) com adaptações. Os resultados obtidos divergiram entre farinhas refinadas e integrais, sendo que as farinhas integrais apresentaram evidente diminuição nos critérios de qualidade avaliados, como menor tolerância à mistura, menor volume dos pães elaborados, teor de glúten e atributos de textura inferior. O estudo demonstrou a influência negativa das fibras na qualidade de panificação das farinhas integrais, confirmando a necessidade de realizar testes específicos para avaliar a qualidade de farinha integral. Os métodos adaptados possibilitaram diferenciar a qualidade de cultivares de trigo, a fim de selecionar aquelas que fornecem farinhas integrais mais adequadas à produção de pães.

Palavras-chave: qualidade tecnológica, teste de panificação, textura de pães, propriedades físico-químicas.

Abstract

There is a growing demand for wheat, which includes increased consumption of wholemeal. Due to the lack of specific legislation in Brazil, refined wheat flours are added to wheat bran and sold as whole flour. There are standard quality methods for analysis of refined wheat flour, while there is a lack of specific standard methods for analysis of whole flours. This study evaluated the physico-chemical and rheological properties of whole flours comparing these to the ones of refined flours

in order to obtain information to use in selecting cultivars of wheat for bread production. The official methods of the AACC (2000) and Instrumental Test Bakery outlined by El-Dash (1978) with adaptations were used. The results differed between refined and whole flour, and the whole flours showed evident decrease in quality criteria evaluated, as well as less tolerance to mixing, lower bread volume, and lower gluten content and texture attributes. The study demonstrated the negative influence of fiber in the breadmaking of whole flours quality, confirming the need to perform specific tests to evaluate whole flour quality. The adapted methods allowed differentiating wheat cultivar quality, so that the most adequate whole wheat flours for bread production selected.

Key words: technological quality, baking test, bread texture, physico-chemical properties.

5.1 Introdução

Para avaliação da qualidade tecnológica de trigo são utilizados parâmetros como absorção de água, estabilidade das massas ao amassamento, tolerância à mistura e volume das massas produzidas, além do teor de glúten, que são mais relacionados à características qualitativas e quantitativas do glúten, bem como àqueles relacionados às características do amido, sem esquecer a elaboração e a avaliação do produto final a que se destina.

A American Association of Cereal Chemists (AACC) e a Association for Cereal Science and Technology (ICC) desenvolveram métodos harmonizados que são aceitáveis para qualquer laboratório de análise de cereais no mundo, para a análise de componentes fundamentais e de parâmetros que frequentemente são testados em âmbito internacional. Em relação ao trigo, referem-se basicamente a análise da qualidade de farinhas refinadas de trigo (aquelas em que são removidas as camadas externas contendo componentes do farelo e o germe).

A crescente demanda por trigo que está ocorrendo nos últimos anos inclui o aumento de consumo de farinhas integrais, as quais são originadas da moagem completa do grão de trigo, porém, para este tipo de farinha, há carência de métodos padronizados para análise de qualidade. A falta de legislação específica no Brasil, possibilita que farinhas refinadas adicionadas de farelo de trigo, bem como produtos

alimentícios fabricados a partir destas misturas (principalmente pães), sejam vendidas no comércio como se fossem fabricados a partir de farinha integral.

Para permitir que farinhas integrais obtidas pela moagem completa do grão, sejam comercializadas é necessário empreender esforços para que sua qualidade tecnológica seja avaliada. Para isso, foi verificado, primeiramente, se existe relação entre os critérios de qualidade das farinhas refinadas e das farinhas integrais, utilizando as mesmas metodologias de análise oficiais usadas para farinhas refinadas.

Para verificar a efetividade de diferenciação de qualidade entre genótipos foram selecionadas para o estudo, cultivares de trigo com características de qualidade tecnológica variadas: BRS Louro e BRS Angico, com indicação para produção de biscoitos (glúten mais fraco), BRS 208 e BRS Guabiju, indicadas para produção de pães (força de glúten mediana), BRS 220, indicada para produção de massas (farinha de cor amarela e glúten médio-alto) e BRS Pardela, BRS Tangará, indicadas para uso em mesclas com trigo mais fraco, devido sua qualidade melhoradora (glúten forte).

Desta forma, o objetivo deste estudo foi avaliar as características físico-químicas e reológicas de farinhas integrais comparando-as com farinhas refinadas, a fim de obter informações que possam ser utilizadas na seleção de cultivares para produção de pães.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1 Material

5.2.1.1 Amostras de trigo

Foram utilizados grãos de trigo (*Triticum aestivum* L.) da safra 2010, de sete diferentes cultivares, provenientes de ensaios da Embrapa Trigo (cultivares BRS Louro, BRS Angico e BRS Guabiju) e da Embrapa Soja (BRS 208, BRS 220, BRS Tangará e BRS Pardela).

5.2.2 Métodos experimentais

5.2.2.1 Sistema de caracterização individual dos grãos de trigo

Os parâmetros: teor de umidade, peso, diâmetro e índice de dureza dos grãos das sete cultivares de trigo foram determinados em equipamento SKCS (Single Kernel Characterization Sistem, modelo 4100, Perten Instruments, EUA), de acordo com o método nº 55-31 da American Association of Cereal Chemists (AACC, 2000), empregando amostra de 300 grãos para cada determinação. O índice de dureza do grão corresponde à força necessária para triturar o grão de trigo.

5.2.2.2 Moagem do trigo

As amostras foram divididas em duas partes e processadas no Laboratório de Qualidade de Grãos da Embrapa Trigo, sendo metade processada em moinho experimental de laboratório Brabender (modelo Quadrumat Senior Brabender, Alemanha) para obtenção de farinha de trigo refinada (FR) e a outra metade processada em moinho de laboratório Perten (modelo Laboratory Mill 3310, Perten, Suíça) para obtenção de farinha integral de trigo (FI). As 14 amostras foram codificadas como: FR Louro, FI Louro, FR Angico, FI Angico, FR Guabiju, FI Guabiju, FR 208, FI 208, FR 220, FI 220, FR Tangará, FI Tangará, FR Pardela e FI Pardela.

- refinada → Brabender
- integral → Perten

5.2.2.3 Análise granulométrica das farinhas

A análise granulométrica das amostras de FR e FI foi realizada através do método nº 66-20 (AACC, 2000), utilizando um conjunto de peneiras (32, 40, 60, 80 e 100 Tyler, com aberturas de malhas de 500, 338, 250, 180 e 150 µm, respectivamente) acopladas a suporte vibratório para peneiração (modelo D-55743, Fritsch, Alemanha) durante 5 minutos.

5.2.2.4 Teor de umidade das farinhas

O teor de umidade das amostras de FR e FI foi determinado utilizando-se o método nº 44-15A (AACC, 2000), através de secagem em estufa a 130 °C por 1 h.

5.2.2.4 Teor de glúten

A análise de teor de glúten das amostras de FR e FI foi realizada em equipamento Glutomatic (modelo 2100, Perten Instruments, EUA), pelo método nº 38-12 (AACC, 2000), que fornece valores de índice de glúten, glúten úmido e glúten seco.

5.2.2.5 Farinografia

As propriedades de mistura das amostras de FR e FI foram avaliadas através do método ICC (115/1), com modificações. O teste foi realizado empregando farinógrafo (modelo Typ 820600, Brabender, Alemanha), utilizando 50 g de amostra (corrigida para 14% de umidade), velocidade de mistura de 63 rev/min-1 e consistência de 650 Unidades Farinográficas (UF). Os parâmetros avaliados foram: absorção de água (Abs, ou a quantidade de água necessária para a massa atingir a consistência de 650 UF, expresso em %); estabilidade (Estab, diferença entre o tempo relativo ao ponto em que o máximo da curva intercepta a linha média de 650 UF e o tempo relativo ao ponto em que o topo da curva deixa a mesma linha, expresso em minutos e que fornece indicação da tolerância da farinha à mistura); e índice de tolerância à mistura (ITM, expresso em UF).

5.2.2.6 Teste de panificação experimental

O teste de panificação experimental das amostras de FR e FI foi realizado no Laboratório de Qualidade de Grãos da Embrapa Trigo. Um teste em pequena escala em farinógrafo de amassadeira de 50 g foi adaptado para diferenciar a qualidade de panificação de farinhas integrais de trigo e farinhas refinadas, tomando como base a participação de cada ingrediente descrita no Teste Instrumental de Panificação (“baking test”) delineado por El-Dash, (1978). As massas foram preparadas de acordo com as proporções de ingredientes descritas na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 Proporções dos ingredientes utilizados na formulação dos pães.

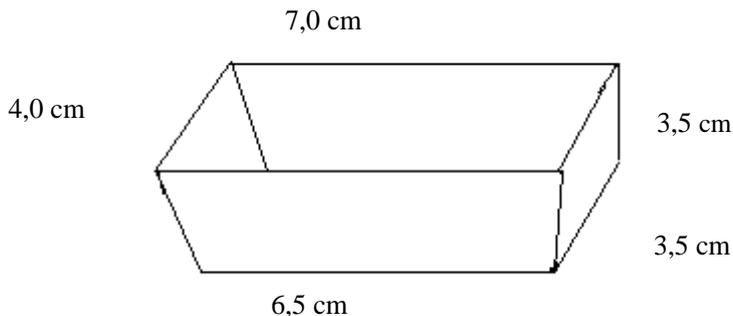
INGREDIENTE	PARTES (%)	FARINHA REFINADA	FARINHA INTEGRAL
FR (g)	100	50,0	0,0
FI (g)	100	0,0	50,0
Açúcar (g)	5	2,5	2,5
Fermento (g)	3	1,5	1,5
Sal (g)	2	1,0	1,0
Gordura** (g)	3	1,5	1,5
Ácido ascórbico (g)	90 ppm	0,0045	0,0045

FR: FARINHA REFINADA; FI: FARINHA INTEGRAL; *Proporções entre FI e FR; ** Gordura vegetal hidrogenada.

A farinha foi colocada na amassadeira do farinógrafo (mantida em temperatura constante de 30 °C) e misturada durante 1 minuto. Em seguida, foram adicionados o açúcar, o fermento, o sal, a gordura vegetal hidrogenada e o ácido ascórbico e misturados por 1 minuto. Após este período, foi adicionada água destilada em quantidade suficiente para que a massa formada atingisse a consistência máxima de 650 (\pm 20) UF. O tempo utilizado para o desenvolvimento da massa foi de 6 minutos.

Após o amassamento, o rendimento de massa foi calculado e a mesma foi fracionada em duas partes iguais de 35,0 g cada uma. As frações foram moldadas com o auxílio de um cilindro (Atlas 150 & Pastabike, Marcato S.P.A., Italy) e colocadas em formas de aço inoxidável, previamente untadas com gordura vegetal hidrogenada. As dimensões das formas utilizadas no teste de panificação em pequena escala estão ilustradas na Figura 5.1.

Figura 5.1 Dimensões das formas utilizadas no teste de panificação em pequena escala.



As massas permaneceram em câmara de descanso (Gelopar, Brasil) sob temperatura controlada de 30 °C e 100% de UR durante 40 minutos. Posteriormente, foram submetidas ao cozimento em forno elétrico (Fischer, Brasil) onde foi colocado um pequeno recipiente com água com o objetivo de produzir vapor e evitar o ressecamento da crosta dos pães. Foi utilizada temperatura controlada de 150 °C e tempo de cozimento de 13 minutos. As preparações de pães foram realizadas em duplicata.

Os pães foram deixados esfriar a temperatura ambiente durante o período de 1 hora. Após este período, o volume dos pães foi avaliado pelo método de deslocamento de sementes de painço e o volume específico calculado pela divisão do peso pelo volume.

5.2.2.7 Avaliação das características de qualidade de pães

Para a avaliação de características de qualidade dos pães, características externas como a cor da crosta, quebra, simetria e as internas, como a cor do miolo, característica da crosta, célula miolo e textura foram avaliadas e pontuadas de acordo com El-Dash (1978), conforme ficha de avaliação apresentada no Anexo B.

5.2.2.8 Análise de perfil de textura de pães

Após a avaliação dos critérios de qualidade, os pães elaborados foram submetidos à análise de textura. O perfil de textura (TPA – texture profile analysis) foi analisado no Laboratório de Cereais da

Universidade de Passo Fundo. A análise foi realizada em equipamento texturômetro (modelo TA.XT.plus, Stable Micro Systems, Reino Unido), equipado com software Exponent 32, de acordo com o método nº 74-09 (AACC, 2000). Para avaliação de textura, os pães foram fatiados e a crosta removida com faca elétrica. O tamanho das amostras utilizadas foi de 25 mm de largura x 25 mm de altura. Foi usado *probe* cilíndrico metálico e aplicadas velocidade de pré-teste de 5,0 mm/s, velocidade de teste de 1,7 mm/s, velocidade pós-teste de 5,0 mm/s, força de compressão de 40% e ciclo de contagem de 10 s.

As amostras foram comprimidas duas vezes, resultando em duas curvas, das quais foram obtidos os parâmetros descritos a seguir para a interpretação dos resultados: *dureza (firmeza)* ou força necessária para atingir uma dada deformação, que é o pico de força atingido durante a primeira compressão (curva 1), expressa em N; *elasticidade* ou capacidade que um material deformado possui de retornar ao estado não deformado após a remoção da força de deformação, representado pela altura que um alimento submetido à compressão é capaz de recuperar durante o tempo decorrido entre o final da primeira compressão e o início da segunda compressão, ou também o comprimento da base da área 2 dividido pelo comprimento da base da área 1, expressa em mm; *coesividade* ou força interna das ligações ou o quanto é necessário aplicar de força para o rompimento das ligações, representada pelo cálculo da divisão entre o valor da área 2 pela área 1; *gomosidade* ou energia necessária para desintegrar um alimento semi-sólido a um estado pronto para ingestão, como um produto de baixo grau de firmeza e alto grau de coesão; e *mastigabilidade* ou a energia necessária para desintegrar um alimento sólido a um estado pronto para ser ingerido, que é o trabalho resultante do produto entre firmeza, coesividade e elasticidade, expressa em Joules (BOUNE, 1982; CARR; TADINI, 2003; GAMBARO et al., 2006).

5.2.2.9 Análise estatística dos resultados

Os dados foram analisados utilizando o programa Statistica 7.0. Os valores médios foram comparados ao nível de 5% de probabilidade utilizando teste de Tukey.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características dos grãos das sete cultivares de trigo estudados neste trabalho estão ilustradas na Tabela 5.2.

Tabela 5.2 Caracterização individual das amostras de grãos de trigo.

AMOSTRA	CARACTERÍSTICAS DO GRÃO*			
	Umidade (%)	Peso do grão (mg)	Diâmetro do grão (mm)	Índice de dureza
BRS LOURO	12,16 ^e ± 0,01	29,08 ^{bc} ± 1,33 ^b	2,49 ^d ± 0,07	51,3 ^a ± 0,6
BRS ANGICO	12,14 ^e ± 0,02 ^f	27,05 ^b ± 0,33 ^d	2,46 ^d ± 0,01	53,7 ^a ± 0,1
BRS GUABIJU	11,86 ^f ± 0,03	35,01 ^d ± 0,35	2,80 ^{ab} ± 0,02	56,7 ^a ± 6,4
BRS 208	13,39 ^d ± 0,02	40,22 ^a ± 0,75	2,98 ^a ± 0,00	56,0 ^a ± 7,2
BRS 220	13,69 ^c ± 0,03	41,01 ^a ± 1,1	2,86 ^{ab} ± 0,04	56,3 ^a ± 2,5
BRS TANGARÁ	13,96 ^a ± 0,02	38,95 ^a ± 0,6	2,77 ^{bc} ± 0,15	61,7 ^a ± 6,4
BRS PARDELA	13,88 ^b ± 0,01	30,89 ^c ± 0,33	2,61 ^{cd} ± 0,02	63,3 ^a ± 8,7

Valores médios na mesma coluna seguidos por letras diferentes são significativamente diferentes ($p < 0,05$). Resultados expressos como média de três determinações ± desvio padrão. *Determinadas em equipamento SKCS.

A umidade dos grãos de trigo diferiu significativamente entre as amostras analisadas ($p < 0,05$), com exceção das amostras de BRS Louro e BRS Angico. Conforme Faroni et al. (2002), valores de umidade inferiores a 13% são recomendados para garantir a conservação e a armazenagem dos grãos. De acordo com a legislação brasileira (BRASIL, 2001), que estabelece em 13% o valor de umidade máxima para grãos de trigo. Assim, as amostras de BRS Louro, BRS Angico e BRS Guabiju estão adequadas para o armazenamento. As demais, BRS 208, BRS 220, BRS Tangará e BRS Pardela, apresentaram teor de umidade pelo SKCS pouco acima de 13%. Em relação ao peso do grão foram obtidos valores entre 27,05 e 41,01 mg para as amostras de BRS Angico e BRS 220, respectivamente. O peso dos grãos tem associação positiva com o enchimento dos grãos (NEDEL et al., 1999), e este último é associado com o rendimento de farinha.

Variações no peso dos grãos podem ser devidas a variações genotípicas (NEDEL et al., 1999), mas também a diferenças climáticas, características do solo e práticas de manejo agrícola. Os resultados obtidos no presente estudo estão de acordo com os obtidos por Nedel et al. (1999), que obtiveram média de 35,31 mg para grãos de trigo cultivados no Rio Grande do Sul.

Para o diâmetro dos grãos de trigo, os valores variaram de 2,46 a 2,98 mm (para grãos das cultivares BRS Angico e BRS 208, respectivamente), diâmetros inferiores aos obtidos por Bredemeier et al. (2001), que encontraram valores entre 3,00 e 3,75 mm.

Em relação ao índice de dureza do grão (ID), foram obtidos valores entre 51,3 e 63,3 (para BRS Louro e BRS Pardela, respectivamente). Entre as amostras analisadas, não houve diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os resultados. Estes resultados são diferentes aos obtidos por Scheuer (2009) para estas mesmas cultivares, variando de 36,38 e 85,46, respectivamente. Essas discrepâncias entre resultados podem ser devidas a diferenças entre safras, locais de plantio e condições meteorológicas. De acordo com os padrões estabelecidos pela AACC (2000), este resultado classifica os grãos como semiduros (45 – 64), se for observado somente este parâmetro, estaria adequado para a produção de pães (ATWELL, 2001).

O diâmetro de partícula das amostras de FR e FI está apresentado na Tabela 5.3.

Tabela 5.3 Diâmetro de partícula das amostras de farinhas de trigo refinadas e integrais.

TYLER/MESH	32	40	60	80	100	FUNDO	DIAM. PART. (μm)
ABERTURA (μm)	500	338	250	180	150	< 150	
AMOSTRA	MATERIAL RETIDO (g ou %)						
FR GUABIJU	1,08	1,13	7,55	13,24	21,39	55,11	207,6
FI GUABIJU	3,05	2,50	45,25	36,25	4,95	7,65	207,8
FR ANGICO	5,49	4,68	64,62	15,35	2,48	6,86	207,5
FI ANGICO	8,27	11,27	66,74	7,45	1,83	4,27	208,0
FR LOURO	1,55	1,79	24,04	44,62	11,55	15,94	207,5
FI LOURO	6,76	6,72	72,08	7,56	1,33	4,81	207,2
FR PARDELA	0,50	0,52	2,16	1,46	0,53	94,42	207,7
FI PARDELA	4,51	11,74	57,50	19,77	2,58	4,96	209,8
FR TANGARÁ	0,14	0,39	1,29	0,63	0,67	96,81	208,2
FI TANGARÁ	2,39	5,27	40,27	38,62	5,65	7,41	207,7
FR BRS 220	0,40	0,49	1,87	1,75	1,65	93,64	208,0
FI BRS 220	4,50	15,94	42,29	29,10	2,18	5,66	207,8
FR BRS 208	0,60	0,54	2,33	1,56	1,34	93,49	207,7
FI BRS 208	1,58	1,96	60,61	23,18	1,26	10,80	207,4

Resultados expressos como média de duas determinações. MF: módulo de finura. DIAM. PART.: diâmetro de partícula.

Em relação ao tamanho de partícula das amostras analisadas, apenas as amostras das farinhas refinadas das cultivares FR Pardela (96,41%) e FR BRS 208 (96,39%) apresentaram tamanho de partícula de acordo com os valores estabelecidos pela legislação brasileira (BRASIL, 2005), na qual mais de 95% do total de cada amostra passaram através de um tamiz com abertura de 250 μm . Para farinhas integrais, a legislação brasileira não especifica limites para o tamanho de partícula. Todas as demais FR apresentaram, no mínimo, 68% das

partículas com tamanho entre 250 e 180 μm . As farinhas integrais, na maior parte, ficaram retidas no tamiz de 250 μm , configurando tamanho de partícula superior, o que era esperado devido à presença de fragmentos derivados das camadas externas do grão, que permanecem.

Para as farinhas refinadas, era esperado maior uniformidade de granulometria entre as diferentes cultivares devido à maior facilidade em romper e reduzir gradualmente o endosperma amiláceo a tamanhos de partículas menores e uniformes, quando comparada à moagem de trigo para produção de farinha integral. Tal uniformidade foi observada apenas em cultivares que podem ser consideradas como apresentando glúten forte, o que pode indicar diferenças na forma em que o amido rompe-se durante a moagem, quando comparada a farinhas de glúten fraco.

De acordo com Kuakpetoon et al. (2001), o tamanho de partícula afeta o escoamento da farinha e é negativamente correlacionado com a coesividade e a força de tração. Assim, quanto menor for o tamanho das partículas, maior será a área de contato, as partículas serão mais compactas e as forças intermoleculares mais fortes. Este pode ser considerado como um dos fatores responsáveis pelo melhor desempenho de farinhas refinada durante o processo de cozimento. Para Seyer; Gélinas (2009), farelos originados de diferentes cultivares podem apresentar propriedades mecânicas variadas.

Os teores de umidade e de glúten das amostras de farinhas refinadas e integrais estão apresentados na Tabela 5.4.

Tabela 5.4 Teor de umidade e de glúten das amostras de farinhas refinadas e integrais.

<i>AMOSTRA</i>	Umidade (%)	Glúten úmido (%)	Glúten seco (%)	Índice de glúten
FR BRS LOURO	14,56 ^a ± 0,2	21,05 ^{ab} ± 7,23	14,9 ^a ± 0,07	25,34 ^c ± 0,39
FI BRS LOURO	11,09 ^d ± 0,1	20,12 ^{ab} ± 5,48	14,43 ^{ab} ± 1,68	18,98 ^e ± 0,14
FR BRS ANGICO	13,98 ^{ab} ± 0,1	21,1 ^{ab} ± 2,43	12,7 ^{abcd} ± 0,0	79,72 ^c ± 5,2
FI BRS ANGICO	10,89 ^d ± 0,1	27,8 ^a ± 0,22	8,81 ^{gh} ± 0,15	66,18 ^d ± 1,5
FR BRS GUABIJU	14,04 ^{ab} ± 0,0	16,98 ^{ab} ± 0,41	11,27 ^{def} ± 0,0	96,64 ^{ab} ± 1,63
FI BRS GUABIJU	11,75 ^c ± 0,1	18,8 ^{ab} ± 0,07	11,21 ^{def} ± 0,12	79,05 ^c ± 1,22
FR BRS 208	14,25 ^{ab} ± 0,3	24,18 ^{ab} ± 0,38	9,98 ^{efg} ± 0,19	91,2 ^{ab} ± 0,9
FI BRS 208	11,32 ^{cd} ± 0,2	25,75 ^{ab} ± 1,26	13,98 ^{abc} ± 0,93	94,5 ^{ab} ± 1,2
FR BRS 220	13,8 ^b ± 0,3	22,25 ^{ab} ± 0,02	12,89 ^{cde} ± 0,46	97,82 ^a ± 0,9
FI BRS 220	11,42 ^{cd} ± 0,2	20,64 ^{ab} ± 0,23	14,13 ^{ab} ± 0,19	87,66 ^{bc} ± 0,3
FR BRS TANGARÁ	14,07 ^{ab} ± 0,3	19,18 ^{ab} ± 0,88	9,94 ^{efg} ± 0,16	92,06 ^{ab} ± 3,61
FI BRS TANGARÁ	11,8 ^c ± 0,1	15,95 ^b ± 3,88	12,68 ^{bcd} ± 0,24	87,35 ^{bc} ± 5,92
FR BRS PARDELA	13,66 ^b ± 0,1	21,75 ^{ab} ± 0,38	7,23 ^h ± 0,14	98,22 ^a ± 0,67

FIBRS PARDELA11,44^{cd} ± 0,321,77^{ab} ± 0,179,37^{fgh} ± 0,3767,72^d ± 1,57

Valores médios na mesma coluna seguidos por letras diferentes são significativamente diferentes ($p < 0,05$). Para umidade, os resultados foram expressos como média de três determinações ± desvio padrão e para teor de glúten foram expressos como média de duas determinações ± desvio padrão.

As farinhas integrais apresentaram teor de umidade inferior ao de suas respectivas farinhas refinadas. De fato, os menores valores obtidos para o teor de umidade das farinhas integrais são devidos a este ser o teor de umidade ideal para o armazenamento dos grãos e que os grãos utilizados para a obtenção de farinha integral foram diretamente moídos, já os que foram destinados para a obtenção de farinha refinada foram condicionados com água para obtenção de 14% de umidade, que é um dos teores estabelecidos para a extração de farinha dos grãos. Entre as farinhas refinadas e integrais de uma mesma cultivar, todas apresentaram teores de umidade significativamente diferentes ($p < 0,05$) entre si.

Os teores de umidade de todas as amostras analisadas obedeceram ao valor máximo de umidade permitido em farinhas (15%) pela legislação vigente (BRASIL, 2005). O teor de umidade de farinhas deve ser controlado, pois este parâmetro é considerado como um dos principais fatores responsáveis pela ocorrência de reações químicas que levam a alterações das características nutricionais, sensoriais e tecnológicas deste tipo de alimento (FARONI et al., 2002).

Para os resultados de glúten úmido, foram obtidos valores entre 16,98 e 18,8% (FI e FR BRS Guabiju) e 24,18 e 25,75% (FI e FR BRS 208). Entre as amostras de farinha refinada e farinha integral de uma mesma cultivar, apenas as amostras das cultivares BRS Angico e BRS Tangará não apresentaram resultados significativamente diferentes ($p < 0,05$).

De acordo com Ribeiro (2009), farinhas com valores de glúten úmido compreendidos entre 24 e 36% são recomendadas para uso em panificação. Se somente esta informação for levada em consideração, entre as amostras utilizadas no presente estudo, apenas as amostras de FR e FI BRS Angico (21,1 e 27,8%) e FR BRS 208 (24,18) seriam indicadas para panificação. De acordo com informações de cultivares da Embrapa, são recomendadas para produção de pães, as cultivares BRS 208 e BRS Angico.

Pela análise do teor de glúten seco das amostras, pode-se perceber que, comparando as FR e as FI de uma mesma cultivar, as amostras de FR e FI BRS Louro, Guabiju e Pardela não apresentaram valores significativamente diferentes entre si ($p < 0,05$). De acordo com os resultados de Ribeiro (2009), a faixa ideal para o conteúdo de glúten

seco situa-se entre 7,5 e 14%, resultados semelhantes aos obtidos no presente estudo. De fato, para o presente estudo, o menor valor de glúten seco foi obtido para FR BRS Pardela, 7,23% e o maior valor para FR BRS Louro, 14,9%.

Em relação ao índice de glúten, os valores obtidos para as amostras analisadas foram entre (18,98 e 98,22 para FI BRS Louro e FR BRS Pardela, respectivamente). Entre as amostras analisadas, as cultivares BRS Louro, BRS 208 e BRS Tangará não apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) entre as suas respectivas farinhas refinadas e integrais. Para as demais amostras, todas as amostras de farinha refinadas apresentaram valores significativamente superiores ($p < 0,05$) que as suas respectivas farinhas integrais.

Para Armero; Collar (1998), valores elevados para índice de glúten correspondem a uma rede de glúten forte. Mellado (2006) postulou que farinhas de trigo com glúten forte apresentam índice de glúten acima de 90%, o que poderia classificar como farinhas de glúten forte as amostras FR BRS Guabiju, FI e FR BRS 208, FR BRS 220, FR BRS Tangará e FR BRS Pardela.

No presente estudo, era esperado obter diferenças significativas no índice de glúten entre as farinhas integrais e as farinhas refinadas, devido aos efeitos causados pelas partículas da camada de aleurona presentes na farinha integral. De acordo com Wang et al. (2003, 2004) e Noort et al. (2010), as farinhas integrais afetam negativamente a formação e as propriedades físicas da rede de glúten.

Para Noort et al. (2010), quanto menor o tamanho de partícula, mais interações ocorrerão entre componentes das células da camada da aleurona e o glúten. De fato, a diminuição do tamanho destas partículas, causará a ruptura das células que poderá liberar compostos com capacidade de interagir com o glúten. Segundo os últimos autores citados, estes compostos incluem ácido ferúlico conjugado, componentes reduzidos, como glutatona, tióis e fitatos.

De acordo com Wang et al. (2003, 2004), arabinoxilanas e compostos insolúveis em água, na farinha de trigo exercem efeitos negativos na formação do glúten, formando menor quantidade de glúten e tornando-o mais rígido e menos extensível. Se estes efeitos forem

estendidos a produtos finais, como pães, deverão produzir pães mais compactos e de menor volume.

Os parâmetros farinográficos das amostras de farinhas refinadas e integrais estão apresentados na Tabela 5.5.

Tabela 5.5 Parâmetros farinográficos das amostras de farinhas refinadas e integrais.

<i>AMOSTRA</i>	Absorção de água (%)	TDM (min)	Estabilidade (min)	ITM (UF)
FR BRS LOURO	50,35 ^g ± 0,21	1,6 ^{bc} ± 1,7	0,85 ^c ± 0,21	195,0 ^a ± 12,02
FI BRS LOURO	59,5 ^c ± 0,71	1,7 ^{bc} ± 1,7	0,95 ^c ± 0,21	188,0 ^a ± 21,21
FR BRS ANGICO	46,6 ^h ± 0,0	1,45 ^c ± 0,35	1,3 ^c ± 0,14	137,0 ^{abc} ± 11,31
FI BRS ANGICO	56,7 ^{de} ± 1,1	4,25 ^{bc} ± 1,48	4,45 ^c ± 2,19	69,5 ^{cdef} ± 13,44
FR BRS GUABIJU	52,95 ^f ± 1,84	4,65 ^b ± 0,0	5,35 ^c ± 0,07	90,0 ^{bcd} ± 12,73
FI BRS GUABIJU	63,25 ^b ± 0,49	1,9 ^{bc} ± 0,21	2,15 ^c ± 1,48	88,0 ^{bcde} ± 41,01
FR BRS 208	57,6 ^d ± 0,0	4,40 ^{bc} ± 0,0	5,2 ^c ± 0,28	51,5 ^{def} ± 9,19
FI BRS 208	68,95 ^a ± 0,21	3,5 ^{bc} ± 0,28	3,25 ^c ± 1,06	74,5 ^{bcdef} ± 16,26
FR BRS 220	55,05 ^{cd} ± 0,35	3,0 ^{bc} ± 0,0	2,6 ^c ± 0,14	115,0 ^{bcd} ± 17,0
FI BRS 220	67,55 ^a ± 0,35	3,5 ^{bc} ± 0,28	2,3 ^c ± 0,28	143,5 ^{ab} ± 23,33
FR BRS TANGARÁ	55,15 ^e ± 0,07	3,15 ^{bc} ± 0,35	2,0 ^c ± 0,28	104,5 ^{bcd} ± 7,8
FI BRS TANGARÁ	61,7 ^b ± 0,14	2,65 ^{bc} ± 0,21	1,8 ^c ± 0,42	95,0 ^{bcd} ± 21,21
FR BRS PARDELA	52,6 ^f ± 0,28	11,45 ^a ± 0,35	19,9 ^a ± 2,12	12,5 ^f ± 0,71
FI BRS PARDELA	62,1 ^b ± 0,14	9,25 ^a ± 2,47	13,85 ^b ± 2,62	18,0 ^{ef} ± 2,83

Valores médios na mesma coluna seguidos por letras diferentes são significativamente diferentes ($p < 0,05$). Resultados expressos como média de duas determinações ± desvio padrão. ITM: Índice de Tolerância à Mistura. TDM: Tempo de Desenvolvimento da Massa. UF: Unidades Farinográficas.

De acordo com os resultados obtidos para as amostras analisadas, os valores de absorção de água das farinhas variaram entre 46,6 e 68,95% (amostras FR BRS Angico e farinha integral BRS 208, respectivamente). Entre farinhas refinadas e farinhas integrais de uma mesma amostra, todas diferiram significativamente entre si ($p < 0,05$), sendo que todos os valores obtidos para absorção de água das farinhas integrais foram superiores aos obtidos para as farinhas refinadas originadas da mesma cultivar.

De acordo com Puppo et al. (2005); Junqueira et al. (2007), farinhas com elevada qualidade tecnológica para produção de pães são aquelas que apresentam absorção de água entre 60 e 64%. Para o presente estudo, somente as farinhas integrais apresentaram absorção maior que 60% (devido ao efeito das fibras que apresentaram absorção até 22,7% maior que suas respectivas farinhas refinadas), à exceção da farinha integral BRS Louro e farinha integral BRS Angico, que são farinhas de glúten fraco, indicadas para elaboração de biscoitos e bolos.

Segundo Fernandes et al. (2008), para as farinhas integrais são esperados valores elevados de absorção de água devido ao seu elevado conteúdo de fibras em relação à farinha refinada. Conforme Lineback; Rasper (1988), a absorção de água no farinógrafo aumenta nos casos em que parte da farinha é substituída por frações de farinha integral e tal efeito é esperado porque as farinhas integrais ligam mais água do que os componentes principais da farinha, como o amido e as proteínas, o que está de acordo com resultados obtidos para o presente estudo.

Noort et al. (2010) explicaram que a presença das farinhas integrais não causa aumento significativo da absorção de água na farinografia, pois este método é o resultado de um sistema completo governado pelas propriedades da rede de glúten, e não pelas propriedades da farinha integral, o que ocorreria se a absorção de água fosse testada isoladamente nas farinhas integrais.

Para o tempo de desenvolvimento da massa, os resultados obtidos não foram significativamente diferentes ($p < 0,05$) entre farinha refinada e integral da mesma cultivar. A cultivar BRS Pardela, apesar de apresentar tempo de desenvolvimento da massa superior às demais amostras, não apresentou diferenças significativas ($p < 0,05$) entre farinha integral e farinha refinada para este parâmetro avaliado. Para Noort et al. (2010), o tempo de desenvolvimento da massa aumenta

quando são adicionadas fibras à massa na farinografia, devido à maior absorção de água que ocorre pelas fibras em comparação com as farinhas refinadas, diferente do que ocorreu no presente estudo.

Em relação à estabilidade das farinhas, foram obtidos valores entre 0,85 e 19,9 min (para FR BRS Louro e FR BRS Pardela, respectivamente). Apenas a farinha refinada e a farinha integral de BRS Pardela apresentaram valores de estabilidade significativamente superiores ($p < 0,05$) às demais farinhas, ou seja, para o presente estudo, com exceção das amostras de BRS Pardela, a presença da farinha integral não interferiu na estabilidade da massa.

Para Indrani; Rao (2007), a estabilidade da massa é um parâmetro indicador de resistência ao amassamento e melhor qualidade tecnológica. Se essa informação for considerada, apenas será possível classificar como farinha de qualidade tecnológica melhoradora a originada da cultivar BRS Pardela (para as amostras analisadas, uma vez que a safra, local de plantio e condições de manejo podem afetar o desempenho de qualidade da cultivar). Da mesma forma, Fernandes et al. (2008) estabeleceram que farinhas de trigo refinadas adequadas para produção de pães são aquelas com tempo de estabilidade igual ou superior a 7,5 min, o que está de acordo os resultados obtidos no presente estudo.

Para as farinhas obtidas de BRS Pardela era esperado que a amostra de farinha refinada apresentasse estabilidade significativamente superior ($p < 0,05$), pois de acordo com Indrani; Rao (2007), o valor de estabilidade da massa depende do número de ligações entre as moléculas proteicas presentes no glúten e da força que existe entre essas ligações. É sabido que, em farinhas integrais, devido à presença das fibras, a rede de glúten sofre diluição de suas proteínas, dificultando a formação da rede, o que influencia negativamente nas características dos pães elaborados.

De acordo com Noort et al. (2010), a adição de farinha integrais resulta em baixo valor de estabilidade das farinhas na farinografia, indicando que a incorporação das fibras leva à formação de uma rede de glúten fraco, que é menos estável durante o amassamento. Além disso, para os autores, as farinhas integrais podem interferir na reagregação proteica do glúten durante o amassamento, o que dificulta a recuperação da estrutura da rede e induz a aceleração da quebra da rede de glúten.

Isto está de acordo com os resultados obtidos para as farinhas de BRS Pardela, que é caracterizada como uma farinha de elevada estabilidade, para as quais foram obtidos valores de 19,9 e 13,85 (para FR e FI, respectivamente).

Para o parâmetro farinográfico, índice de tolerância à mistura (ITM) das amostras analisadas foram obtidos valores entre 12,5 e 195,0 UF (para as amostras de FR BRS Pardela e FR BRS Louro). Entre as farinhas refinadas e integrais de uma mesma amostra, não puderam ser observadas diferenças significativas ($p < 0,05$). Este resultado é coerente para a farinha de BRS Louro, que é caracterizada como uma farinha fraca, mas não era previsto para farinha de BRS Tangará, que é originada de trigo desenvolvido para produção de pães e para a qual se esperava valores significativamente diferentes ($p < 0,05$) para ITM de farinha refinada e farinha integral.

Para a produção de pães são adequados baixos valores de ITM, pois quanto maior for este valor, mais fraca será a farinha. Silva (2007) obteve 10,5 e 8,5 min para estabilidade e 10 UF e 40 UF para ITM de farinhas refinadas e integrais de trigo, respectivamente. Os dados obtidos no presente estudo, se comparados com os deste autor, são indicativos de farinhas fracas, sendo que apenas FR BRS Pardela aproxima-se dos valores desejados para ITM, o que está de acordo com os baixos valores obtidos para estabilidade das demais amostras testadas.

Contudo, a avaliação de qualidade de trigo é bastante complexa e como as cultivares de trigo brasileiro possuem suas peculiaridades, como o fato de valores quantitativos, como teor proteico e de glúten, não corresponderem necessariamente a uma maior qualidade proteica (valores de força de glúten e índice de elasticidade da alveografia e de absorção de água e estabilidade da farinografia) tal afirmativa pode ainda não ser adequada no momento para o Brasil. Também estas características podem ser adequadas para pães industriais (tipo pão de forma) e massas de pão congeladas, porém para pães de panificadoras e pães caseiros, que correspondem a boa parte do mercado brasileiro, podem não ser adequados.

Os resultados obtidos no teste de panificação estão apresentados na Tabela 5.6.

Tabela 5.6 Resultados da análise das características dos pães elaborados no teste de panificação.

AMOSTRA*	VOLUME	CARACTERÍSTICAS EXTERNAS			CARACTERÍSTICAS INTERNAS				AROMA E SABOR		PONTUAÇÃO
	VOLUME	COR CROSTA	QUEBRA	SIMETRIA	CARACT. CROSTA	ESTR. CÉL. MIOLO	COR MIOLO	TEXTURA MIOLO	AROMA	GOSTO	PONTUAÇÃO TOTAL*
FR BRS LOURO	10,05 ^{cd} ± 0,36	5,0 ^e ± 0,0	3,0 ^f ± 0,0	3,0 ^{bc} ± 0,71	3,0 ^f ± 0,0	4,5 ^e ± 0,7	6,0 ^{cd} ± 0,0	5,0 ^{bc} ± 0,0	9,0 ^f ± 0,0	9,0 ^{bc} ± 0,0	56,55 ^b ± 1,3
FI BRS LOURO	10,74 ^{cd} ± 0,62	5,0 ^e ± 0,0	1,0 ^f ± 0,0	2,5 ^b ± 0,0	4,0 ^b ± 0,0	6,0 ^{bc} ± 0,0	5,0 ^d ± 0,0	4,0 ^f ± 0,0	7,0 ^{abcd} ± 0,0	12,0 ^b ± 0,0	57,24 ^d ± 0,3
FR BRS ANGICO	10,58 ^{cd} ± 0,05	5,0 ^e ± 0,0	2,0 ^f ± 0,0	3,0 ^{bc} ± 0,0	2,0 ^f ± 0,0	5,0 ^{bc} ± 0,0	6,0 ^{cd} ± 0,0	5,0 ^{bc} ± 0,0	8,0 ^{bc} ± 0,0	9,0 ^{bc} ± 0,0	55,58 ^b ± 0,1
FI BRS ANGICO	8,42 ^d ± 0,06	6,0 ^d ± 0,0	2,5 ^{bc} ± 0,0	2,0 ^f ± 0,7	3,0 ^f ± 0,0	7,0 ^{bcd} ± 0,0	6,0 ^{cd} ± 0,0	5,0 ^{bc} ± 0,0	8,5 ^{ab} ± 2,1	8,5 ^{bc} ± 2,1	56,92 ^b ± 3,6
FR BRS GUABIJU	14,42 ^{bc} ± 0,16	9,0 ^e ± 0,0	3,5 ^{bc} ± 0,0	4,0 ^f ± 0,0	4,0 ^b ± 0,0	7,0 ^{bcd} ± 0,0	7,0 ^{bc} ± 1,4	8,0 ^b ± 0,0	6,0 ^{cd} ± 0,0	10,0 ^{bcd} ± 0,0	72,42 ^{cd} ± 1,6
FI BRS GUABIJU	10,57 ^{cd} ± 0,48	5,0 ^e ± 0,0	2,0 ^f ± 0,0	3,0 ^{ab} ± 0,0	3,0 ^f ± 0,0	5,0 ^{bc} ± 0,0	5,0 ^d ± 0,0	5,0 ^{bc} ± 0,0	5,0 ^f ± 0,0	8,5 ^{bc} ± 0,7	52,07 ^e ± 0,2
FR BRS 208	12,88 ^{cd} ± 0,53	9,0 ^e ± 0,0	3,0 ^f ± 0,0	4,0 ^f ± 0,0	4,5 ^{bc} ± 0,0	7,5 ^{bc} ± 0,7	8,0 ^{ab} ± 0,0	9,0 ^{ab} ± 0,0	7,0 ^{abcd} ± 0,0	11,0 ^{abc} ± 0,0	75,38 ^{bc} ± 1,2
FI BRS 208	9,51 ^d ± 0,02	5,0 ^e ± 0,0	2,0 ^f ± 0,0	3,5 ^{ab} ± 0,7	3,0 ^f ± 0,0	6,0 ^{bc} ± 1,4	9,0 ^a ± 0,0	6,5 ^e ± 0,7	6,5 ^{bcd} ± 0,7	9,5 ^{cd} ± 0,7	60,51 ^f ± 1,4
FR BRS 220	11,34 ^{cd} ± 0,39	6,0 ^d ± 0,0	5,0 ^f ± 0,0	4,0 ^f ± 0,0	3,0 ^f ± 0,0	10,0 ^a ± 0,0	7,0 ^{bc} ± 0,0	8,0 ^b ± 0,0	7,0 ^{abcd} ± 0,0	9,0 ^{bc} ± 0,0	70,34 ^{cd} ± 0,4
FI BRS 220	10,20 ^d ± 0,44	6,0 ^d ± 0,0	2,0 ^f ± 0,0	4,0 ^f ± 0,0	4,0 ^b ± 0,0	6,0 ^{bc} ± 1,4	8,0 ^{ab} ± 0,0	6,0 ^{cd} ± 0,0	8,0 ^{bc} ± 0,0	12,0 ^b ± 0,0	66,20 ^f ± 1,0
FR BRS TANGARÁ	15,62 ^b ± 0,04	9,0 ^e ± 0,0	5,0 ^f ± 0,0	4,0 ^f ± 0,0	5,0 ^a ± 0,0	8,0 ^{bc} ± 0,0	8,0 ^{ab} ± 0,0	10,0 ^a ± 0,0	9,0 ^a ± 0,0	13,0 ^a ± 0,0	86,62 ^a ± 0,1
FI BRS TANGARÁ	9,86 ^{de} ± 0,77	5,5 ^{bc} ± 0,7	2,0 ^f ± 0,0	3,0 ^{ab} ± 0,0	3,0 ^f ± 0,0	6,0 ^{bc} ± 0,0	8,0 ^{ab} ± 0,0	6,5 ^e ± 0,7	7,0 ^{abcd} ± 0,0	7,0 ^f ± 0,0	57,86 ^e ± 0,8
FR BRS PARDELA	17,33 ^a ± 0,49	8,0 ^d ± 0,0	3,0 ^f ± 0,0	3,0 ^{ab} ± 0,0	4,0 ^b ± 0,0	9,0 ^{ab} ± 0,0	8,0 ^{ab} ± 0,0	9,0 ^{ab} ± 0,0	8,0 ^{bc} ± 0,0	11,0 ^{abc} ± 0,0	80,33 ^a ± 0,5
FI BRS PARDELA	10,42 ^d ± 0,07	7,0 ^f ± 0,0	4,0 ^b ± 0,0	4,0 ^f ± 0,0	4,0 ^b ± 0,0	8,0 ^{bc} ± 0,0	8,0 ^{ab} ± 0,0	6,0 ^{cd} ± 0,0	7,0 ^{abcd} ± 0,0	9,0 ^{bc} ± 0,0	67,42 ^{de} ± 0,1

Valores médios na mesma coluna seguidos por letras diferentes são significativamente diferentes ($p < 0,05$). Resultados expressos como média de duas determinações ± desvio padrão. FI: Farinha integral. FR: Farinha refinada.

De acordo com os resultados obtidos para volume dos pães elaborados, todas as farinhas refinadas e integrais de uma mesma cultivar diferiram significativamente entre si ($p < 0,05$), com exceção das farinhas originadas da cultivar BRS Louro (10,05 para FR e 10,74 para FI) e BRS 220 (11,34 para FR e 10,20 para FI). Bruckner et al. (2001) também obtiveram diferenças significativas ($p < 0,01$) no volume de pães elaborados com farinhas refinadas e integrais trigo.

Para Gan et al. (1992) os componentes não integrantes do endosperma (como germe, farelo e os tricomas do epicarpo) da cariopse de trigo são conhecidos por produzirem baixo volume específico, além da estrutura densa da crosta dos pães integrais. Para os autores, tais efeitos não podem ser explicados somente em termos de diluição das proteínas formadoras de glúten. A razão exata para esta diminuição de volume, nos dias de hoje, ainda não é completamente esclarecida. De acordo com Strange; Onwulata (2002); Gómez et al. (2003), o farelo do trigo exerce efeito negativo no volume do pão integral.

Diante do exposto, pode-se compreender que o método de panificação em pequena escala foi eficiente em diferenciar a qualidade das farinhas pela análise do volume do produto acabado, e que este atributo pode ser utilizado entre as características de qualidade para diferenciar o desempenho de panificação entre farinhas refinadas e integrais de variedades de trigo iguais ou distintas.

Em relação às características externas dos pães elaborados, todas as farinhas refinadas e integrais de uma mesma cultivar diferiram significativamente entre si ($p < 0,05$) quando a característica avaliada foi a cor da crosta, com exceção das farinhas originadas das cultivares BRS Louro (5,0) e BRS 220 (6,0), nas quais não foi possível evidenciar diferenças entre a cor da crosta dos pães elaborados com farinhas integrais e refinadas destas amostras.

É possível que as amostras que apresentaram os maiores escores para cor da crosta (farinhas refinadas de BRS Guabiju, 208 e Tangará) possuam os maiores valores de proteína bruta, pois, de acordo com Cuq et al. (2003), açúcares, juntamente com proteína, produzem melanoidinas que dão cor ao produto. Entretanto, para estas amostras, o teor de proteína bruta não foi determinado.

A respeito do atributo quebra, todas as amostras testadas apresentaram resultados significativamente diferentes ($p < 0,05$) entre as amostras de FR e farinha integral de uma mesma cultivar, com exceção da cultivar BRS Angico (2,0 para FR e 2,5 para FI). Os valores para as demais cultivares variaram entre 1,0 (farinha integral BRS Louro) e 5,0 (FR BRS 220 e FR BRS Tangará).

A quebra é analisada nas laterais do pão e demonstra o aspecto de rede formada, apresentando rasgos. Na prática, ela pode ser avaliada em um pão com volume bom, pois um pão sem volume não apresenta quebra (SCHEUER, 2007).

Para o atributo simetria, nenhuma das amostras testadas apresentaram resultados significativamente diferentes ($p < 0,05$) entre as amostras de farinha refinada e farinha integral de uma mesma cultivar.

De acordo com os resultados apresentados, foi possível perceber que a qualidade das amostras de farinhas testadas pode ser diferenciada fazendo-se a análise das características externas dos pães elaborados e que, entre as amostras utilizadas, apenas não foi possível diferenciar as amostras de FR e FI da cultivar BRS 220, o que, possivelmente seja devido a características genéticas próprias da cultivar, visto que para as demais o método mostrou-se efetivo.

Foram avaliadas as características internas dos pães. A respeito das características da crosta, com exceção das amostras de farinha das cultivares BRS 208 (4,0 para FR e 3,0 para FI) e BRS Pardela (4,0 para FR e farinha integral), para as demais amostras foi possível diferenciar as FR e as farinhas integrais.

Em relação à estrutura da célula do miolo dos pães, foram obtidos valores entre 4,5 (FR BRS Louro) e 10,0 (FR BRS 220). Apenas não foram significativamente diferentes ($p < 0,05$) os valores obtidos para BRS 220. Para todas as demais amostras foi possível diferenciar farinhas refinadas de farinhas integrais de uma mesma cultivar e também entre as diferentes cultivares. De acordo com Scheuer (2009), estas células são os pequenos orifícios do miolo do pão que surgem quando a rede de glúten não suporta a fermentação e rompe.

Referente à cor do miolo, foram observadas diferenças significativas ($p < 0,05$) apenas entre as amostras da FR (7,0) e FI (5,0) da cultivar Guabiju.

De acordo com Hadiyanto et al. (2007), a cor do miolo do pão ocorre inicialmente em função da cor da massa e dos componentes que fazem parte dela, seguida por reações de caramelização, carbonização e reação de Maillard.

Para a textura do miolo, todas as amostras mostraram valores significativamente diferentes ($p < 0,05$) entre farinhas refinadas e integrais, exceto BRS Louro (5,0 para FR e 4,0 para FI) e BRS Angico (5,0 para FR e FI), que não apresentaram diferenças na textura entre farinha refinada e integral.

Em relação ao atributo aroma (valores entre 5,0 para farinha integral BRS Guabiju e 9,0 para FR BRS Louro e FR BRS Tangará) não puderam ser observadas diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as amostras avaliadas. Em relação ao gosto (valores entre 7,0 e 13,0 para farinha integral BRS Tangará) puderam ser observadas diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as amostras de FR e FI das cultivares BRS Louro, BRS 220 e BRS Tangará.

De acordo com os resultados obtidos, apesar deste teste de panificação ter sido avaliado por características subjetivas (com exceção da avaliação do volume dos pães), ele se mostrou eficiente em diferenciar a qualidade das farinhas pela análise dos atributos de qualidade de pães delineados por El-Dash (1978), utilizando farinhas refinadas e integrais de variedades de trigo iguais ou distintas. Além disso, o teste utiliza um produto acabado que necessita pequena quantidade de farinha para ser elaborado e que pode ser útil em programas de melhoramento genético de trigo, onde a quantidade de matéria-prima disponível é relativamente pequena nas etapas iniciais do programa, em relação à quantidade de testes de qualidade que costumam ser realizados em moinhos e na indústria.

Com o intuito de complementar a análise de qualidade dos pães elaborados em pequena escala, realizou-se a análise da textura destes pães. Os resultados desta análise estão apresentados na Tabela 5.7.

Tabela 5.7 Resultados obtidos para análise de textura de pães.

AMOSTRA*	FIRMEZA (g)	DUREZA (N)	ELASTICIDADE (mm)	COESIVIDADE	GOMOSIDADE	MASTIGABILIDADE (J)
FR BRS LOURO	425,23 ^{fg} ± 4,9	461,04 ^{ef} ± 5,4	0,884 ^{cd} ± 0,01	0,744 ^b ± 0,01	341,68 ^{ef} ± 8,1	301,92 ^{ef} ± 3,6
FI BRS LOURO	935,01 ^b ± 5,1	1118,08 ^b ± 10,5	0,842 ^e ± 0,01	0,614 ^e ± 0,01	645,87 ^b ± 35,6	540,89 ^b ± 26,9
FR BRS ANGICO	669,93 ^{de} ± 6,4	749,11 ^c ± 14,2	0,908 ^c ± 0,01	0,687 ^d ± 0,01	518,06 ^{cd} ± 7,5	468,43 ^{bc} ± 3,6
FI BRS ANGICO	1345,88 ^a ± 9,4	1519,60 ^a ± 26,2	0,847 ^{de} ± 0,01	0,612 ^{ef} ± 0,02	888,74 ^a ± 65,5	752,18 ^a ± 49,9
FR BRS GUABLIJU	342,67 ^h ± 11,4	368,93 ^{efg} ± 12,6	0,917 ^{bc} ± 0,01	0,729 ^{bc} ± 0,01	269,00 ^{fg} ± 12,5	246,63 ^f ± 10,9
FI BRS GUABLIJU	744,36 ^{cd} ± 10,9	835,18 ^c ± 12,5	0,787 ^f ± 0,02	0,576 ^f ± 0,01	479,70 ^d ± 62,9	403,86 ^{cd} ± 41,5
FR BRS 208	342,23 ^h ± 1,8	362,85 ^{efg} ± 0,8	0,956 ^a ± 0,02	0,829 ^a ± 0,01	281,57 ^{fg} ± 25,5	282,82 ^{ef} ± 0,7
FI BRS 208	478,19 ^f ± 23,2	543,58 ^{de} ± 40,0	0,911 ^c ± 0,01	0,714 ^{bcd} ± 0,01	407,60 ^{de} ± 24,0	356,94 ^{de} ± 26,5
FR BRS 220	295,30 ^{hi} ± 0,5	321,85 ^{fg} ± 18,0	0,958 ^a ± 0,01	0,829 ^a ± 0,01	258,64 ^{fg} ± 3,2	257,72 ^f ± 17,9
FI BRS 220	328,98 ^h ± 4,9	703,08 ^{cd} ± 34,5	0,896 ^c ± 0,01	0,695 ^{cd} ± 0,01	259,20 ^{fg} ± 4,3	236,39 ^f ± 4,1
FR BRS TANGARÁ	243,08 ⁱ ± 17,1	255,40 ^g ± 16,2	0,951 ^{ab} ± 0,01	0,816 ^a ± 0,02	235,85 ^g ± 17,3	286,19 ^{ef} ± 22,4
FI BRS TANGARÁ	765,33 ^c ± 23,2	834,64 ^c ± 24,5	0,903 ^c ± 0,01	0,719 ^{bcd} ± 0,01	601,96 ^{bc} ± 16,9	544,33 ^b ± 9,4
FR BRS PARDELA	357,94 ^{gh} ± 14,2	380,75 ^{efg} ± 16,1	0,965 ^a ± 0,01	0,803 ^a ± 0,01	305,93 ^{efg} ± 12,2	295,17 ^{ef} ± 12,1
FI BRS PARDELA	641,87 ^c ± 31,2	721,78 ^c ± 46,8	0,907 ^c ± 0,01	0,710 ^{bcd} ± 0,02	514,04 ^{cd} ± 4,3	449,52 ^c ± 29,3

Valores médios na mesma coluna seguidos por letras diferentes são significativamente diferentes ($p < 0,05$). Resultados expressos como media de quatro determinações ± desvio padrão. FI: Farinha integral. FR: Farinha refinada.

De acordo com os resultados obtidos para a avaliação da força aplicada aos pães, todas as cultivares apresentaram resultados significativamente diferentes ($p < 0,05$) entre suas respectivas farinhas integrais e farinhas refinadas, com exceção da amostra de BRS 220 (295,30 para FR e 328,98 para FI).

Para os resultados de dureza, todas as cultivares apresentaram resultados significativamente diferentes ($p < 0,05$) entre suas respectivas farinhas integrais e farinhas refinadas, com exceção da amostra BRS 208.

Entre os resultados do parâmetro elasticidade, da textura, todas as cultivares apresentaram resultados significativamente diferentes ($p < 0,05$) para suas respectivas farinhas integrais e farinhas refinadas. Porém, entre as diferentes cultivares foram percebidos vários resultados semelhantes, como ocorreu com as amostras de farinha integral das cultivares, BRS 208 (0,911), BRS 220 (0,896), BRS Tangará (0,903) e BRS Pardela (0,907) e com as amostras de farinha refinadas das cultivares BRS 208 (0,956), BRS 220 (0,958) e BRS Pardela (0,907).

Em relação à coesividade das amostras, todas as cultivares apresentaram resultados significativamente diferentes ($p < 0,05$) entre suas respectivas farinhas integrais e farinhas refinadas, com exceção da amostra BRS Tangará (0,710 e 0,719 para farinhas refinadas e farinha integral, respectivamente).

Para os resultados de gomosidade, todas as cultivares apresentaram resultados significativamente diferentes ($p < 0,05$) entre suas respectivas farinhas integrais e farinha refinada, com exceção da amostra BRS 220 (258,64 e 259,20 para farinha refinada e farinha integral, respectivamente).

A respeito dos resultados de mastigabilidade, todas as cultivares apresentaram resultados significativamente diferentes ($p < 0,05$) entre suas respectivas farinhas integrais e farinhas refinadas, com exceção das amostras BRS 208 (282,82 e 356,94 para FR e FI, respectivamente) e BRS 220 (257,72 e 236,39 para FR e FI, respectivamente).

Avaliando, de forma geral, a análise de textura dos pães, foi possível perceber forte tendência à diminuição dos critérios avaliados quando são comparados pães elaborados farinha refinada com aqueles

elaborados com farinhas integrais. Os maiores valores obtidos para dureza destes pães significam que é necessário aplicar maior força para comprimir o pão na mastigação. O aumento da força consequentemente é acompanhado por aumento nos valores de gomosidade, pois maior energia é necessária para desintegrar o alimento e torná-lo pronto para ser engolido, e também de mastigabilidade, que é o produto entre firmeza, coesividade e elasticidade. Além disso, os pães integrais apresentam menor elasticidade que os pães elaborados com farinha refinada, pois sofrem os efeitos do farelo e seus componentes na formação da rede de glúten.

5.4 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados, o emprego de farinhas integrais nos testes realizados para avaliação e diferenciação de qualidade de cultivares de trigo foi acompanhado por resultados diversos daqueles obtidos para as farinhas refinadas nos mesmos testes. Foi possível perceber clara diminuição nos critérios de qualidade adotados, a exemplo do diâmetro de partícula das farinhas, teor de glúten, da farinografia (maior absorção de água e ITM), no volume dos pães elaborados e na pontuação das características de qualidade avaliadas nos pães. Estes resultados são acompanhados pelos obtidos na análise do perfil de textura dos pães, onde os pães integrais mostraram resultados menos atraentes quanto a qualidade tecnológica para o consumo, embora a qualidade nutricional, não avaliada no presente estudo, deva ser superior.

Este grupo de resultados confirma a influência do teor de fibras na qualidade de panificação das farinhas testadas, que pode ocorrer por diferentes causas envolvidas nas características reológicas da massa, como alteração das forças intermoleculares envolvidas e na coesividade das massas formadas.

5.5 REFERÊNCIAS

AACC Internacional. **Approved Methods of Analysis**, 10th Ed. Approved November 8, 2000. AACC International, St. Paul, MN, U.S.A.

ARMERO, E; COLLAR, C. Collar. Crumb Firming Kinetics of Wheat Breads with Anti-staling Additives. **Journal of Cereal Science**, n. 28, p. 165–174, 1998.

ATWELL, W. A. Wheat Flour. Eagen Press Handbook Series. **American Association of Cereal Chemists**. St. Paul, 2001.

BOURNE, M. C. Texture, viscosity and food. In: Food texture and viscosity. Concept and measurement. Academic Press, New York, p. 1–23, 1982.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução Normativa nº 7, de 15 de agosto de 2001. Norma de identidade e qualidade do trigo. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 21 ago. 2001. Seção 1, n. 160-E, p. 33-35.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Resolução Normativa nº8, de 02 de junho de 2005. **Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da Farinha de Trigo**. Brasília, 2005.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M.; BÜTTENBENDER, D. Efeito do tamanho das sementes de trigo no desenvolvimento inicial das plantas e no rendimento de grãos. **Pesquisa. Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 8, p. 1061-1068, 2001.

BRUCKNER, P. L.; HABERNICHT, D.; CARLSON, G. R.; WICHMAN, D. M.; TALBERT, L. E. Comparative Bread Quality of White Flour and Whole Grain Flour for Hard Red Spring and Winter Wheat. **Crop Science**, v. 41, p. 1917–1920, 2001.

CARR, L.G.; TADINI, C.C. Influence of yeast and vegetable shortening on physical and textural parameters of frozen part baked French bread. **Lebensmittel Wissenschaft und Technology**, v.36, p. 609–614, 2003.

CUQ, B.; ABECASSIS, J.; GUIBERT, S. State diagrams to help describe wheat bread processing. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 38, p. 759-766, 2003.

EL-DASH, A. A. Standardized mixing and fermentation procedure for experimental baking test. **Cereal Chemistry**, v. 55, n. 4, p. 436-446, 1978.

FARONI, L. R. D.; BERBERT, P. A.; MARTINAZZO, A. P.; COELHO, E. M. **Qualidade da farinha obtida de grãos de trigo fumigados com dióxido de carbono e fosfina**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 6, n. 2, p. 354-357, 2002.

FERNANDES, A. F.; PEREIRA, J.; GERMANI, R.; OIANO-NETO, J. Efeito da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de casca de batata (*Solanum Tuberosum* Lineu). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, p. 56-65, 2008.

GAMBARO, A; GIMÉNEZ, A; ARES, G; GILARDI, V. Influence of enzymes on the texture of brown pan bread. **Journal of Texture Studies**, v. 37, p. 300-314, 2006.

GAN, Z.; GALLIARD, T.; ELLIS, P. R.; ANGOLD, R. E.; VAUGHAN, J. G. Effect of outer bran layers on the loaf volume of wheat bread. **Journal of Cereal Science**, v. 15, p. 151-163, 1992.

GÓMEZ, M.; RONDA, F.; BLANCO, C. A.; CABALLERO, P. A.; APESTENGUIA, A. Effect of dietary fiber on dough rheology and bread quality. **European Food Research Technology**, v. 216, p. 51-56, 2003.

HADIYANTO; ASSELMAN, A.; STRATEN G. VAN; BOOM, R. M.; ESVELD, D. C.; BOXTEL, A. J. B. VAN. Quality prediction of bakery products in the initial phase of process design. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 8, p. 285-298, 2007.

INDRANI, D.; RAO, G. V. Rheological characteristics of wheat flour dough as influenced by ingredients of Parotta. **Journal of Food Engineering**, v. 17, n. 1, p. 105-110, 2007.

LINEBACK, D. R.; RASPER, V. F. Wheat carbohydrates. In: Pomeranz, Y. (Ed.) **Wheat: Chemistry and Technology**. StPaul: AACC, third ed, p. 277-372, vol. 1, 1988.

KUAKPETOON, D.; FLORES, R. A.; MILLIKEN, G. A. Dry mixing of wheat flours: Effect of particle properties and blending ratio. **Lebensmittel Wissenschaft und Technology**, v. 34, n. 3, p. 183-193, 2001.

JUNQUEIRA, R. M.; ROCHA, F.; MOREIRA, M. A.; CASTRO, I. A. Effect of proofing time and wheat flour strength on bleaching, sensory characteristics, and volume of french breads with added soybean lipoxygenase. **Cereal Chemistry**, v. 84, n. 5, p. 443-449, 2007.

MELLADO, M. Z. **El trigo em Chile**. INIA nº 121. 684 p. Instituto de investigaciones agropecuárias. Chillá, Chile, 2006.

NEDEL, J. L.; GONZÁLEZ, C. N. E. M.; PESKE, S. T. Variação e associação de características ligadas à formação do grão de genótipos de trigo. **Scientia Agricola**, v. 56, n. 4, p. 1255-1260, 1999.

NOORT, M. W. J.; HAASTER, D.; HEMERY, Y.; SCHOLS, H. A.; HAMER, R. J. The effect of particle size of wheat bran fractions on bread quality - Evidence for fibre – protein interactions. **Journal of Cereal Science**, v. 52, p. 59-64, 2010.

PUPPO, M. C.; CALVELO, A.; ANÓN, M. C. Physicochemical and rheological characterization of wheat flour dough. **Cereal Chemistry**, v. 82, n. 2, p. 173-181, 2005.

RIBEIRO, M. N. **Influencia do tempo de condicionamento do trigo na qualidade tecnológica da farinha**. 2009. 79 p. UFCE Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, 2009.

SCHEUER, P. M. **Caracterização de Cultivares Brasileiras de Trigo com Indicação de Aplicabilidade Tecnológica**. 2009. 128 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

SEYER, M. E.; GÉLINAS, P. Bran characteristics and wheat performance in whole wheat bread. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 44, p. 688-693, 2009.

SILVA, C. B. **Efeito da adição de xilanase, glicose oxidase e ácido ascórbico na qualidade do pão de forma de farinha de trigo de grão inteiro.** 2007. 168 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

STRANGE, E.D.; ONWULATA, C.I. Effect of particle size on the water sorption properties of cereal fibers. **Journal of Food Quality**, v. 25, p. 63-73, 2002.

WANG, M. W.; OUDGENOEG, G.; VAN VLIET, T.; HAMER, R. J. Interaction of water unextractable solids with gluten protein: effect on dough properties and gluten quality. **Journal of Cereal Science**, v. 38, p. 95-104, 2003.

WANG, M. W.; VAN VLIET, T.; HAMER, R. J. Evidence that pentosans and xylanase affect the re-agglomeration of the gluten network. **Journal of Cereal Science**, v. 39, p. 341–349, 2004.

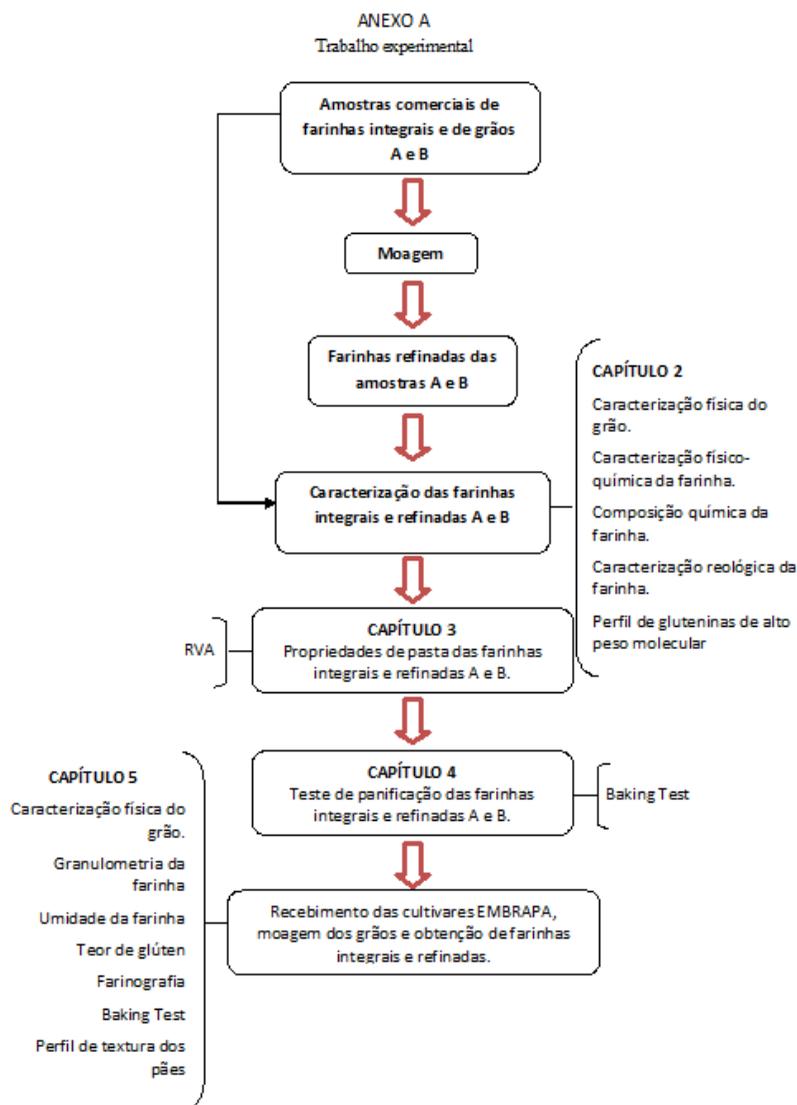
CONCLUSÕES

- A combinação entre as características físicas, químicas e reológicas dos grãos e das farinhas foram determinantes para determinação da qualidade tecnológica das farinhas refinadas analisadas, porém, para a avaliação de farinhas integrais ou mesclas destas com farinhas refinadas, os atributos de qualidade tecnológica diminuíram à medida que foi aumentado o teor de farinha integral nas mesclas. Os métodos empregados mostraram-se efetivos em avaliar farinhas integrais, sendo necessárias apenas pequenas modificações nas análises de farinografia e glúten, sendo que maiores dificuldades foram encontradas apenas na alveografia.
- Quanto às propriedades de pasta de farinhas integrais e suas mesclas com farinha refinada, a adição de farinha integral à farinha refinada causou diminuição dos valores de viscosidade máxima e aumento dos valores de viscosidade final e de tendência a retrogradação, ou seja, tornou as amostras menos estáveis ao aquecimento. O RVA foi uma ferramenta útil para entender o comportamento do amido em mesclas de farinha integral com farinha refinada.
- Devido a influência do teor de fibras na qualidade de panificação das farinhas testadas, houve a necessidade de métodos específicos para avaliar a qualidade tecnológica de farinhas integrais. A metodologia para teste de panificação que foi adaptada mostrou-se eficiente para diferenciar a qualidade de panificação das farinhas testadas e pode ser utilizado nos programas de melhoramento genético de trigo. A avaliação de farinhas refinadas para prever o comportamento de sua respectiva farinha integral pelos métodos estudados é pouco provável devido ao grande número de fatores e compostos presentes no farelo que exercem influência no comportamento de panificação das farinhas.
- A avaliação da qualidade tecnológica de farinhas integrais, obtidas a partir de cultivares de trigo com variadas forças de glúten, através de características físico-químicas, reológicas e teste de panificação, mostrou que estas análises podem ser usadas para diferenciar genótipos de trigo em programas de melhoramento genético e também para caracterizar farinhas integrais.

CONCLUSÃO GERAL

- A adaptação de métodos para a avaliação da qualidade tecnológica de farinha integral de trigo e o teste de protocolos das metodologias estabelecidas com cultivares de trigo brasileiro foram eficientes. As farinhas integrais apresentaram resultados inferiores aos obtidos para suas respectivas farinhas refinadas, o que indicou a influência das camadas fibrosas do grão de trigo na farinha integral. Os resultados desta pesquisa confirmaram a eficiência do teste de panificação para evidenciar a qualidade tecnológica de farinhas integrais e refinadas, juntamente com a análise do perfil de textura. Os testes normalmente utilizados para avaliação de farinhas refinadas foram eficientes para avaliação de farinhas integrais, com pequenas modificações. Esta pesquisa visou dar suporte para que seja iniciada a avaliação de qualidade tecnológica de farinhas integrais em programas de melhoramento genético de trigo, e possivelmente para avaliação de amostras comerciais de farinha integral, que pode ser considerado um pequeno, mas novo e forte “nicho” de mercado.

ANEXOS



compacto, seco)									
SUB-TOTAL	35								
<i>Aroma e gosto</i>									
Aroma (Fatores indesejáveis: falta de aroma, aroma desagradável, estranho, muito fraco ou forte)	10								
Gosto (Fatores indesejáveis: ácido, estranho, goma, massa, gosto remanescente)	15								
SUB-TOTAL	25								
CONTAGEM TOTAL	100								