

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

INFLUÊNCIA DO TEMPO DE CONDICIONAMENTO DO TRIGO NA
QUALIDADE TECNOLÓGICA DA FARINHA

MARINÊS NUNES RIBEIRO

FORTALEZA-CE
2009

MARINÊS NUNES RIBEIRO

INFLUÊNCIA DO TEMPO DE CONDICIONAMENTO DO TRIGO NA
QUALIDADE TECNOLÓGICA DA FARINHA

Dissertação submetida à Coordenação do
Curso de Pós-graduação em Ciência e
Tecnologia de Alimentos, da Universidade
Federal do Ceará, como requisito parcial para
a obtenção do grau de Mestre.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Elisabeth Mary Cunha da Silva

FORTALEZA-CE
2009

R37i Ribeiro, Marinês Nunes
Influência do tempo de condicionamento do trigo na qualidade
tecnológica da farinha / Marinês Nunes Ribeiro, 2009
79 f. ; il. color. enc.

Orientadora: Profa. Ph.D. Elisabeth Mary Cunha da Silva
Co-orientadora: Profa. Dra. Dorasilvia Ferreira Pontes
Área de concentração: Ciência e tecnologia de alimentos
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de
Ciências Agrárias. Depto. de Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, 2009.

1. Trigo. 2. Condicionamento. 3. Qualidade. 4. Farinha de trigo.
5. Panificação. I. Silva, Elisabeth Mary Cunha da (orientador). II. Pontes,
Dorasilvia Ferreira (co-orientador). III. Universidade Federal do Ceará –
Programa de Pós - Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. IV.
Título.

CDD 664

MARINÊS NUNES RIBEIRO

INFLUÊNCIA DO TEMPO DE CONDICIONAMENTO DO TRIGO NA
QUALIDADE TECNOLÓGICA DA FARINHA

Dissertação submetida à Coordenação de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal do Ceará.

Aprovada em Fortaleza, em 17/04/2009

BANCA EXAMINADORA

Profª. Ph.D. Elisabeth Mary Cunha da Silva,
(Orientadora)

Profª. Dra. Dorasilvia Ferreira Pontes
(Co-orientadora)

Profª. Dr. José Maria Correia da Costa
Membro da Banca Examinadora

Dr. Paulo Henrique Machado de Sousa
Membro da Banca Examinadora

Dra. Martha Zavariz de Miranda
Membro da Banca Examinadora

Aos meus pais (*in memoriam*), por toda dedicação e
esforço na minha educação
Ao meu esposo pelo apoio e cooperação, incondicional.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela capacitação e presença constante em minha vida.

À Universidade Federal do Ceará e ao Departamento de Tecnologia de Alimentos, pela realização do curso e apoio concedido.

À professora Elisabeth Mary Cunha da Silva, pela orientação durante todas as etapas deste trabalho e pela paciência.

À professora Dorasilvia Ferreira Pontes pela co-orientação e colaboração.

Ao professor José Maria Correia da Costa pelas sugestões dadas a este trabalho.

Ao pesquisador Paulo Henrique Machado de Sousa pela valiosa ajuda na análise dos dados estatísticos deste trabalho e participação na banca

À pesquisadora Martha Zavariz de Miranda do Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, EMBRAPA - CNPTA, pela grande ajuda e colaboração neste trabalho, assim como na participação na banca.

Ao Centro Regional de Treinamento em Moagem e Panificação - CERTREM, pelo apoio e imprescindível colaboração para a concretização deste trabalho, através da cessão do seu laboratório e oficina de panificação para a realização de análises e elaboração dos pães.

Ao Grande Moinho Cearense pela doação do trigo para a realização desta pesquisa.

À Embrapa Trigo pela cessão de seu laboratório para a realização da análise de dureza do grão.

À GRANOLAB pela disponibilização de seu laboratório para a realização das análises de proteína e amido danificado.

Ao analista da Embrapa Trigo Márcio Nicolau pelo auxílio na análise estatística dos dados da pesquisa.

À mestra e engenheira de alimentos Márcia Maria Leal de Medeiros, pela disponibilidade de informações para elaboração deste trabalho.

A Sra. Jussara Maria Bisól Menezes, Gerente do CERTREM, pelo incentivo e incansável, apoio durante todo o tempo de realização deste trabalho.

Ao senhor Francisco das Chagas Magalhães, Diretor Regional do SENAI-Ceará, pela oportunidade concedida para a realização deste curso de mestrado.

À Josefa Elisabete Sampaio e Igor Craveiro, colaboradores do SENAI/CERTREM, pelo apoio e preciosa ajuda durante elaboração dos pães.

Ao João Paulo Ferreira, colaborador do SENAI/CERTREM, pela paciência em ajudar-me com material bibliográfico.

À Jocelma Tavares de Lima, colaboradora do SENAI/CERTREM, pela dedicação e ajuda na realização das análises físico-químicas e reológicas.

À equipe do Centro Regional de Treinamento em Moagem e Panificação – CERTREM, pelo apoio e interesse em ajudar e cooperar com este trabalho.

Enfim, a todos aqueles que contribuíram de uma maneira ou de outra, para a realização desta pesquisa.

RESUMO

O condicionamento do trigo é uma etapa fundamental antes do processo de moagem. Esta consiste no ajuste do conteúdo de umidade do grão seco e deixar o grão por um período de tempo antes de ser moído, o que torna o farelo mais maleável durante a moagem e o endosperma friável e assim, melhorar a eficiência de extração da farinha. Existem três fatores básicos que afetam o condicionamento do trigo: o teor de umidade, a temperatura e o tempo. O tempo de condicionamento é um fator importante, pois a penetração da água na semente é baixa, sendo assim, o tempo deve ser suficiente para permitir que a semente alcance a umidade de equilíbrio. Tempo demasiadamente curto de condicionamento do trigo prejudica a extração da farinha, enquanto períodos muito longos elevam o risco de germinação dos grãos. O objetivo do estudo foi avaliar as condições de preparação do trigo antes da moagem, no que se refere ao tempo de condicionamento e a sua influência na qualidade tecnológica da farinha. Foram utilizados três tempos de condicionamento 18, 24 e 36 horas, com umidificação de 15% para a amostra comercial de trigo Argentino tipo pão. Os parâmetros de qualidade analisados nas farinhas obtidas da moagem experimental do trigo foram: taxa de extração, umidade, cinzas, proteína, glúten, número de queda, amido danificado, cor, farinografia, alveografia e teste de panificação. Os dados foram submetidos estatisticamente à análise de correlação e regressão. Nos modelos significativos, realizou-se o ajuste do modelo de regressão para cada variável dependente em relação ao tempo de condicionamento da amostra, utilizando-se a avaliação do ajuste à decomposição do erro em dois fatores: falta de ajuste e erro puro; além da verificação das suposições teóricas do modelo de regressão por meio da análise gráfica dos resíduos. Para avaliar a significância dos modelos foi utilizado o teste F ao nível de 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$). Os resultados mostraram que o tempo de condicionamento do trigo não afetou significativamente a taxa de extração. A absorção da farinha decresceu com o aumento do tempo de condicionamento. O percentual de amido danificado, a estabilidade da massa e a coordenada de cromaticidade a^* aumentaram significativamente com o aumento do tempo de condicionamento. Na avaliação global dos pães pelo teste de panificação foi obtido escore maior que 88, classificando-os de boa qualidade para os três tempos de condicionamento. Os demais parâmetros não tiveram diferença significativa com o aumento do tempo de condicionamento. Estes resultados sugerem que o tempo de condicionamento de 18 horas pode ser utilizado sem comprometer a qualidade tecnológica da farinha, otimizando assim o processo de moagem.

Palavras chaves: trigo, tempo de condicionamento, qualidade tecnológica, farinha.

ABSTRACT

Tempering of wheat before grinding is a vital step in milling process. It consists of adding water to dry grain and allowing the grain to rest for a period of time before it is milled. The purpose of tempering is twofold: to toughen the bran and thus make it resist being broken into small particles during milling and to soften or mellow the endosperm and make it easier to grind. The factors affecting tempering are kernel moisture, time, and temperature. The tempering time is an important factor as the water penetration in the seed is low thus, the time should be enough to allow the seed to reach the moisture balance. Very short wheat conditioning time harms the flour extraction, while very long periods increase the risk of grain germination. The aim of this work was to study the effect of tempering time on wheat quality. Three tempering time of 18, 24 e 36 h with 15% humidity were applied on a commercial sample of Argentine wheat type bread. The observed flour quality parameters were flour yield, moisture, ash, protein, gluten, falling number, damaged starch, color, baking test, farinograph, alveograph and baking test. The data were submitted to statistical analysis of correlation and regression. In the significant models, the regression model was fitted to each dependable variable on the tempering time of the sample, using the assessment of adjustment to the decomposition of the error on two factors: lack of fit and pure error, besides the verification of theoretical assumptions of the regression model through the graphical analysis of residues. To evaluate the models significance the F test was applied at 5% probability level ($p \leq 0.05$). Results showed that the wheat tempering time did not affect significantly the rate of extraction. The flour absorption decreased with increase of tempering time. The percentage of damaged starch, the dough stability and the a^* chromaticity coordinate increased significantly with the increase of the tempering time. In the global acceptance evaluation using the baking test, the breads obtained an 88 score which classified them as of good quality for all tempering time studied. The other quality parameters did not present significant difference with the increase of wheat tempering time. These results suggest that the tempering time of 18 hours may be used without compromising the flour quality, thus optimizing the process of grinding.

Key words: wheat, tempering time, technological quality, flour.

LISTA DE TABELAS

| | | |
|-----------|--|----|
| Tabela 1 | Classificação da dureza do grão de trigo..... | 31 |
| Tabela 2 | Formulação dos pães segundo teste instrumental de panificação descrito por El-Dash, 1978..... | 35 |
| Tabela 3 | Formulação do pão tipo francês - método direto de panificação..... | 39 |
| Tabela 4 | Composição centesimal do trigo..... | 41 |
| Tabela 5 | Determinações físicas e químicas realizadas no trigo..... | 42 |
| Tabela 6 | Tipificação do trigo segundo a Instrução Normativa nº. 07 de 15 de agosto de 2001..... | 43 |
| Tabela 7 | Caracterização físico-química e reológica das farinhas de trigo submetidas a diferentes tempos de condicionamento..... | 44 |
| Tabela 8 | Resumo da análise de regressão dos modelos lineares para extração (EXT) e proteína da farinha (ProtF)..... | 45 |
| Tabela 9 | Resumo de análises de regressão dos modelos lineares para parâmetros físico-químicos da farinha de trigo..... | 46 |
| Tabela 10 | Resumo de análises de regressão dos modelos lineares para parâmetros reológicos da farinha de trigo..... | 46 |
| Tabela 11 | Correlações significativas dos tempos de condicionamento com amido danificado, coordenada de cromaticidade a^* absorção de água e estabilidade | 47 |
| Tabela 12 | Caracterização dos pães resultante do <i>baking test</i> , elaborado com farinhas provenientes do trigo submetido aos diferentes tempos de condicionamento..... | 58 |
| Tabela 13 | Resumo da análise de regressão dos modelos lineares para as características externas (volume específico, cor da crosta e simetria) dos pães resultantes do <i>baking test</i> | 60 |
| Tabela 14 | Análise da cor instrumental do miolo dos pães - <i>baking test</i> | 61 |
| Tabela 15 | Resumo da análise de regressão dos modelos lineares para parâmetros de cor do miolo dos pães do <i>baking test</i> : luminosidade L^* , coordenadas de cromaticidade a^* e b^* | 61 |
| Tabela 16 | Resumo da análise de regressão dos modelos lineares para características internas (crosta, cor do miolo, estrutura do miolo, textura do miolo) e avaliação global dos pães do <i>baking test</i> | 63 |
| Tabela 17 | Tabela 17 - Correlação significativa entre os tempos de condicionamento com o volume específico, luminosidade L^* , cromaticidade a^* do miolo e avaliação global dos pães do <i>baking test</i> | 63 |
| Tabela 18 | Caracterização do pão francês elaborado com farinhas extraídas de trigo com diferentes tempos de condicionamento. | 65 |
| Tabela 19 | Resumo da análise de regressão de modelos lineares para volume específico, cor da crosta e quebra do pão francês..... | 66 |
| Tabela 20 | Resumo da análise de regressão de modelos lineares para característica da crosta, cor do miolo, estrutura do miolo, textura do miolo e total do pão francês..... | 67 |

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|-----------|---|----|
| Figura 1 | Corte transversal do grão de trigo..... | 16 |
| Figura 2 | Fluxograma de produção da farinha..... | 19 |
| Figura 3 | Formulário de avaliação da qualidade global dos pães por escore..... | 38 |
| Figura 4 | Fluxograma de fabricação do pão tipo francês..... | 39 |
| Figura 5 | Amido danificado da farinha em função do tempo de condicionamento com equação da reta ajustada..... | 50 |
| Figura 6 | Valor de a^* da farinha em função do tempo de condicionamento, com equação da reta ajustada..... | 53 |
| Figura 7. | Farinogramas das farinhas obtidas de trigo condicionado em diferentes tempos (18, 24 e 36 horas)..... | 54 |
| Figura 8 | Absorção da farinha em função do tempo de condicionamento com equação da reta ajustada..... | 55 |
| Figura 9 | Estabilidade da farinha em função do tempo de condicionamento com equação da reta ajustada..... | 56 |
| Figura 10 | Sobreposição de médias dos alveogramas nos tempos 18, 24 e 36 horas de condicionamento do trigo..... | 57 |
| Figura 11 | Volume específico do pão (<i>baking test</i>) com equação da reta ajustada..... | 60 |
| Figura 12 | Valor de L^* do miolo dos pães (<i>baking test</i>) com equação da reta ajustada..... | 62 |
| Figura 13 | Valor de a^* do miolo dos pães (<i>baking test</i>) com equação da reta ajustada..... | 62 |
| Figura 14 | Avaliação global do pão do <i>baking test</i> com equação da reta ajustada..... | 64 |
| Figura 15 | Imagem do teste instrumental dos pães do <i>baking test</i> | 64 |
| Figura 16 | Textura do miolo do pão francês com equação da reta ajustada..... | 68 |
| Figura 17 | Imagens do teste experimental dos pães tipo francês..... | 68 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 13 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA | 15 |
| 2.1 Trigo | 15 |
| 2.2 Processamento do trigo | 18 |
| 2.2.1 Etapas do processamento do trigo | 19 |
| 2.2.1.1 <i>Recepção e armazenamento do trigo</i> | 20 |
| 2.2.1.2 <i>Limpeza</i> | 20 |
| 2.2.1.3 <i>Condicionamento do trigo</i> | 20 |
| 2.2.1.4 <i>Moagem do trigo</i> | 22 |
| 2.2.1.5 <i>Estocagem e embalagem da farinha</i> | 24 |
| 2.3 Qualidade tecnológica da farinha de trigo | 24 |
| 2.3.1 Farinografia..... | 26 |
| 2.3.2 Alveografia | 26 |
| 2.3.3 Teste de panificação | 27 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS | 29 |
| 3.1 Material | 29 |
| 3.2. Métodos | 29 |
| 3.2.1 Caracterização do trigo (<i>Triticum aestivum</i>) | 29 |
| 3.2.1.1 <i>Umidade</i> | 29 |
| 3.2.1.2 <i>Cinzas</i> | 29 |
| 3.2.1.3 <i>Proteínas</i> | 30 |
| 3.2.1.4 <i>Lipídeos</i> | 30 |
| 3.2.1.5 <i>Carboidratos</i> | 30 |
| 3.2.1.6 <i>Peso Hectolitro (PH)</i> | 30 |
| 3.2.1.7 <i>Dureza, diâmetro e peso do grão</i> | 30 |
| 3.2.1.8 <i>Grãos avariados, matérias estranhas e impurezas</i> | 31 |
| 3.2.1.9 <i>Número de queda (Falling Number)</i> | 31 |
| 3.2.1.10 <i>Glúten (úmido seco e index)</i> | 32 |
| 3.2.2 Condicionamento do trigo (<i>Triticum aestivum</i>)..... | 32 |
| 3.2.3 Moagem (Extração experimental)..... | 33 |
| 3.2.4 Análises físico-químicas e tecnológicas da farinha..... | 33 |
| 3.2.4.1 <i>Umidade</i> | 33 |
| 3.2.4.2 <i>Cinzas</i> | 33 |
| 3.2.4.3 <i>Proteína</i> | 33 |
| 3.2.4.4 <i>Amido danificado</i> | 34 |
| 3.2.4.5 <i>Glúten</i> | 34 |
| 3.2.4.6 <i>Cor</i> | 34 |
| 3.2.4.7 <i>Número de queda (Falling number)</i> | 34 |
| 3.2.4.8 <i>Farinografia</i> | 35 |
| 3.2.4.9 <i>Alveografia</i> | 35 |
| 3.2.4.10 <i>Teste Instrumental de Panificação - baking test</i> | 35 |
| 3.2.4.10.1 <i>Procedimento para preparo dos pães</i> | 36 |
| 3.2.4.10.2 <i>Avaliação da qualidade global</i> | 36 |
| 3.2.4.11 <i>Teste de panificação para elaboração de pão tipo francês</i> | 38 |
| 3.2.4.11.1 <i>Procedimento de preparo dos pães</i> | 39 |
| 3.2.4.11.2 <i>Avaliação da qualidade global</i> | 40 |
| 3.3 Análise estatística | 40 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 41 |

| | |
|---|-----------|
| 4.1 Caracterização do trigo | 41 |
| 4.1.1 Composição centesimal | 41 |
| 4.1.2 Determinações físicas e químicas | 42 |
| 4.2 Análises físico-químicas e tecnológicas da farinha | 44 |
| 4.2.1 Moagem experimental - taxa de extração das farinhas | 47 |
| 4.2.2 Umidade..... | 48 |
| 4.2.3 Proteína..... | 48 |
| 4.2.4 Cinzas | 49 |
| 4.2.5 Amido danificado..... | 50 |
| 4.2.6 Glúten úmido seco e índice | 51 |
| 4.2.7 Número de queda (<i>Falling number</i>)..... | 52 |
| 4.2.8 Cor instrumental das farinhas (parâmetros L*, a*e b*) | 53 |
| 4.2.9 Farinografia..... | 54 |
| 4.2.10 Alveografia | 56 |
| 4.2.11 Avaliação global do teste instrumental de panificação - <i>Baking test</i> | 58 |
| 4.2.12 Avaliação global do teste de panificação para pão tipo Francês..... | 65 |
| 5 CONCLUSÃO | 69 |
| REFERÊNCIAS | 70 |

1 INTRODUÇÃO

O trigo é a segunda cultura de grãos, a nível mundial em produção, sendo sua importância advinda de sua utilização como principal fonte energética na alimentação da população de muitos países (ROSSI; NEVES, 2004).

Os maiores produtores de trigo são: União Européia (20%), China (18%), Índia (12%), Estados Unidos (9%) e Rússia (8%), sendo que os EUA, e o Canadá se destacaram como o primeiro e segundo maiores exportadores mundiais em 2007. A Argentina participou em torno de 9% nas exportações internacionais e é considerado o maior fornecedor de trigo para o Brasil. A produção brasileira corresponde a menos de 1% da produção mundial, mas o consumo, em torno de 2%, torna o país um grande importador do grão, com 6,4% do total importado no mundo (LAFIS, 2008).

A produção mundial de trigo para o período 2008/2009 foi projetada em 664 milhões de toneladas (THE WORLD, 2008).

O Brasil é o terceiro maior consumidor de trigo com aproximadamente 10 milhões de toneladas, e o quarto maior importador (CAFÉ et al., 2003). Segundo Rossi e Neves (2004) cerca de 70% do trigo consumido no Brasil é proveniente do Canadá, Estados Unidos, Paraguai, Uruguai, Ucrânia, Polônia e principalmente da Argentina. Em 2007 as importações de trigo provenientes da Argentina foram de 85% e em 2008, de 60% do volume total (ABITRIGO, 2008).

A capacidade instalada estimada da indústria brasileira é 15,6 milhões de toneladas/ano trigo (ABITRIGO, 2008).

Conforme Rossi e Neves (2004), a totalidade de trigo para a moagem é em média convertida em 25% de farelo e 75% de farinhas, segmentadas em 55% para panificação, 17% para uso doméstico, 15% para massas, 11% para biscoitos e 2% para fármacos e cola.

O setor moageiro de trigo é bastante antigo no Brasil, sendo atualmente integrado por grandes, médias e pequenas empresas, com distribuição geográfica bastante dispersa, abrangendo praticamente todos os estados brasileiros: 76% na região Sul, 12% no Sudeste, 7% no Nordeste, 4% no Centro Oeste, e 2% no Norte (ABITRIGO, 2008).

O principal produto do processamento do trigo é a farinha, a qual é utilizada como matéria-prima na fabricação de diversos produtos como pães, massas alimentícias e biscoitos, sendo que sua qualidade tecnológica determina a qualidade do produto final, bem como, o

tipo de trigo e o processamento aplicado (EL-DASH, [s.d]). Conforme dados da Abitrigo (2008) a produção nacional de farinha de trigo em 2007 foi de 7,087 milhões de toneladas e o consumo de 7,717 milhões de toneladas.

Apesar da produção elevada de farinha de trigo pelos moinhos brasileiros observa-se que na literatura existem poucos dados quantitativos que mostrem os efeitos do tempo de condicionamento do trigo sobre as características tecnológicas da farinha, assim como não há uma padronização desse tempo.

O principal objetivo do condicionamento do trigo é obter uma separação eficiente do farelo e do endosperma. Isto garantirá um alto rendimento de farinha, com mínimo teor de cinzas. Três fatores básicos afetam o condicionamento: o teor de umidade, a temperatura e o tempo (EL-DASH, 1982; KWEON; MARTIN; SOUZA, 2009).

O tempo de condicionamento é um fator importante, pois a penetração da água na semente é baixa, dessa forma, o tempo deve ser suficiente para permitir que a semente alcance a umidade de equilíbrio (EL-DASH, 1982).

Segundo Carvalho Júnior (1999), tempo demasiadamente curto de condicionamento do trigo umidificado prejudica a extração da farinha, enquanto períodos muito longos elevam o risco de germinação dos grãos, além do desenvolvimento de microrganismos.

As características tecnológicas da farinha de trigo, como alta capacidade de absorção de água, coloração clara, boa tolerância ao amassamento, são parâmetros de qualidade desejáveis pelo panificador, porém, o moageiro só poderá atender a esta necessidade se adquirir matéria-prima (trigo) de qualidade e processá-la de forma adequada (POSNER; HIBBS, 1999; ROSSI; NEVES, 2004; CARVALHO JÚNIOR, 1999).

Desta forma, é importante ressaltar que embora as farinhas de trigo produzidas apresentem características panificáveis, estas podem sofrer significativa redução em sua qualidade tecnológica por influência das operações do processo a que são submetidas. Considerando a relevância desses aspectos é importante buscar melhorar e otimizar o sistema de produção das farinhas de trigo.

Em função do exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar as condições de preparação do trigo antes da moagem, no que se refere ao tempo de condicionamento do trigo e a sua influência na qualidade tecnológica da farinha, através dos parâmetros físico-químicos e reológicos, e do teste panificável, utilizando as farinhas obtidas da extração de trigos submetidos aos tempos de condicionamento de 18, 24 e 36 horas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Trigo

Acredita-se que o trigo é consumido há mais de 12 mil anos, isto justifica a infinidade de estudos e pesquisas realizadas no mundo a fim de cada vez mais melhorar suas características (ABITRIGO, 2008). Não se sabe ao certo a origem do trigo no mundo, porém uma das versões mais aceitas pela comunidade científica é de que a sua origem foi na Ásia Menor, onde hoje é a Turquia, desenvolvido a partir de um tipo de gramínea selvagem (POMERANZ, 1988a; HOSENEY, 1998).

Outros cientistas acreditam que as primeiras culturas de trigo são originárias da região da antiga Mesopotâmia, entre os rios Tigre e Eufrates, onde hoje é o Iraque (BELDEROK et al., 2000).

A origem do trigo é remotíssima, pois o homem cultivava o *Triticum vulgare*, há pelo menos seis mil anos, no início, triturando-o entre pedras rústicas para extrair a farinha (ABITRIGO, 2008).

A partir do Mediterrâneo a cultura do trigo foi levada para toda a Europa. Na América, o trigo chegou com Colombo na época do descobrimento em 1493 e em 1519, o trigo chega ao México e só então nos EUA. No Brasil, o trigo chegou em 1534 trazido por Martin Afonso de Souza e foi cultivado inicialmente na Capitania de São Vicente (São Paulo), em seguida, foi levado para o Nordeste e plantado em Pernambuco, Paraíba, Ceará, Pará e depois para Minas Gerais e Goiás. Apenas em 1737 o trigo foi então introduzido no Rio Grande do Sul (AGROMIL, 2007).

Segundo Rossi e Neves (2004) 50% do trigo consumido no Brasil é proveniente de importações, e em sua grande maioria, da Argentina.

O *Emmer* e o *Einkorn* são tidos como ancestrais do trigo atual, acredita-se que as espécies de hoje originaram-se da hibridização de gramíneas selvagens desses dois ancestrais do trigo (POMERANZ, 1988a).

O trigo é uma gramínea, um cereal fasciculado, de fruto oval pertencente à família *Poácea* e do gênero *Triticum*, possuindo diversas espécies. O tipo de maior interesse comercial é o *Triticum aestivum* (trigo comum) utilizado na panificação, produção de bolos, biscoitos, massas e produtos de confeitaria. O tipo *Triticum durum* é mais utilizada no preparo de massas alimentícias (ALMEIDA, 2007).

O *Triticum aestivum* L. corresponde à cerca de 90% da área cultivada e 94% da produção de grãos colhidos no mundo. O *Triticum durum* L., corresponde à cerca de 9% da área cultivada e 5% da produção mundial de grãos. O *T. aestivum* é utilizado de diversas maneiras no mundo e tem a maior média mundial de rendimento de grãos. O rendimento médio de grãos do *T. durum* é mais baixo do que o *T. aestivum*, devido à tendência de cultivá-los em climas semi-áridos (CARNEIRO, 2003).

Os grãos de trigo têm tamanho e cor variáveis e o formato oval com as extremidades arredondadas (KULP; PONTE JÚNIOR, 2000), medindo cerca de 8 mm e pesando em torno de 35 mg (HOSENEY, 1998).

Numa das extremidades, encontra-se o gérmen que representa de 2,5 a 3,5% do grão e na outra, a barba. Ao longo do lado ventral nota-se um sulco, conhecida como "crease". A presença deste sulco é um fator que dificulta e particulariza o processo de moagem do trigo (HOSENEY, 1998; MICKEVITH, 2004; MOUSIA et al., 2004).

As três principais partes do grão, representadas na Figura 1, são: endosperma, pericarpo e gérmen (HOSENEY, 1998).

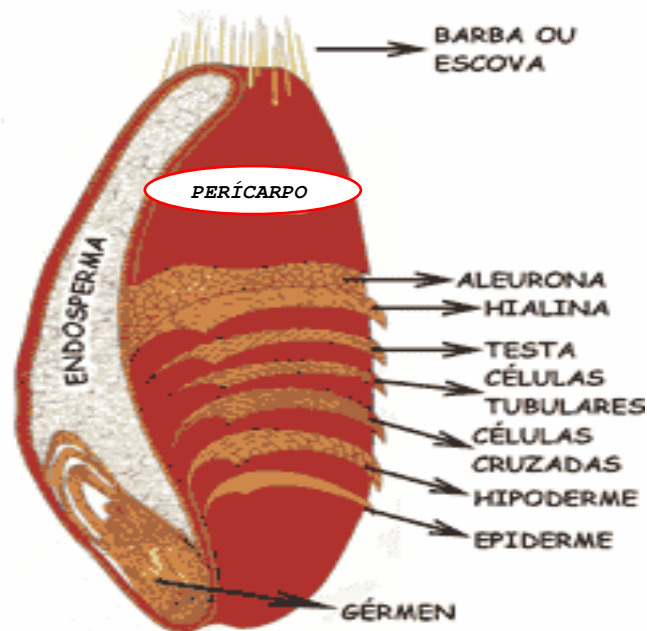


Figura 1 – Corte transversal do grão de trigo (HOSENEY, 1998).

O pericarpo constitui a casca, invólucro protetor do grão e apresenta duas porções distintas, uma externa e outra interna (HOSENEY, 1998). O pericarpo detém de 14 a 18% do grão de trigo, é rico em celulose e comporta em sua estrutura o maior teor de minerais encontrados no grão de trigo.

O endosperma corresponde de 82 a 84% do peso do grão, é formado pela camada da aleurona e pelo endosperma amiláceo propriamente dito, é constituído principalmente por amido e proteína, e é desta região que se extrai a farinha. O glúten é o principal conteúdo protéico do endosperma amiláceo (POSNER; HIBBS, 1999).

Tradicionalmente, as proteínas são divididas em dois grupos, um deles formado pelas frações albuminas e globulinas (não formadoras de glúten), representando 15% das proteínas totais e o outro, formado pelas frações gliadina e glutenina (formadoras de glúten), que compreendem 85% das proteínas (EL-DASH; CAMARGO; DIAZ, 1982). As duas primeiras frações têm funções fisiológicas, pois contém enzimas que se ativam durante o processo germinativo (HOSENEY, 1998). O excesso destas duas frações no processo de panificação destrói a estrutura interna da massa, causando perda de gás carbônico formado durante a fermentação e promovendo uma falta de homogeneidade na textura interna do pão. As frações, gliadinas e gluteninas, são proteínas armazenadoras cuja missão no processo germinativo é fornecer aminoácidos para a síntese de novas proteínas. No processo de panificação são as responsáveis pela formação de uma massa extensível e coesa denominada *glúten* (HOSENEY, 1998; TEDRUS et al., 2001).

O glúten é constituído pelas frações hidratadas de gliadinas e gluteninas e pelo resíduo protéico. As gliadinas conferem extensibilidade e as gluteninas e o resíduo protéico, elasticidade a massa. De acordo com Nunes et al. (2006) o glúten é formado quando a farinha de trigo misturada à água sofre a ação de um trabalho mecânico à medida que a água começa a interagir com as proteínas insolúveis da farinha de trigo (glutenina e gliadina). As gliadinas são proteínas de cadeia simples, extremamente pegajosas, responsáveis pela consistência e viscosidade da massa, apresentando pouca resistência à extensão. As gluteninas, por sua vez, apresentam cadeias ramificadas, sendo responsáveis pela extensibilidade da massa.

O glúten é responsável pela estrutura do pão, formando uma rede elástica e contínua que retém o gás carbônico liberado durante o processo de fermentação da massa pelas leveduras, permitindo assim, sua expansão (MANDARINO, 1994). Segundo Hosene (1998), nenhum outro cereal apresenta proteínas com capacidade para a formação de massa como a do trigo.

A cinza é constituída pelos sais minerais presentes no grão os quais se concentram nas camadas mais externas e seu teor pode variar de 1,4 a 2,2%. É o resíduo inorgânico obtido após a incineração do material (GUARIENTI, 1996; GERMANI et al., 1998).

Gutkoski, Filho e Trombeta (2002) estudaram a correlação entre o teor de proteína nos grãos e nas farinhas, do cultivar Rubi e identificaram forte correlação entre a concentração de proteínas do grão e a qualidade tecnológica da farinha, verificada pela força de glúten (W) e a relação entre tenacidade e extensibilidade (P/L).

O gérmen equivale de 2,5 a 3% do peso do grão, é o embrião de uma nova planta formado pelo escutelo, eixo embrionário e o epiblasto, sendo rico em açúcares e lipídeos. É composto por quase 30% de material graxo e seu grau de maturação está diretamente relacionado à atividade enzimática de todo o grão (CARVALHO JÚNIOR, 1999).

A qualidade do grão de trigo pode ser definida como o resultado da interação que a cultura sofre no campo e está relacionado com as condições de solo, do clima, da incidência de pragas e moléstias, do manejo da cultura e tipo de cultivar semeado (POMERANZ, 1987). Também é influenciada pelas operações de colheita, secagem, armazenamento. A moagem e a industrialização (escolha dos tipos de equipamentos industriais, dos métodos de elaboração dos produtos finais, dos tipos de produtos a serem fabricados, do tempo de prateleira, etc.) influenciam sobremaneira na expressão da qualidade tecnológica, classificando esse cereal como de baixa, média ou alta qualidade (GUARIENTI, 1996).

Além disso, de acordo com Pylar (1988) a qualidade dos grãos é identificada por parâmetros como peso hectolítrico, peso de 1000 grãos, dureza, cinza, cor dos grãos, teor de proteína e número de queda ou *falling number*.

2.2 Processamento do trigo

O trigo, ao passar pelo processo de moagem, é transformado nos produtos: farinha, farelo e gérmen. Esses, por sua vez, são considerados matérias-primas das indústrias de panificação, massas alimentícias, biscoitos e outros. A farinha é utilizada na fabricação de pães, de massas e de biscoitos, participa de formulações industriais de outros tipos de alimentos, possui inúmeros usos domésticos e também é empregada na fabricação de cola. O farelo é empregado como ingrediente nas fábricas de rações para animais, é utilizado como complemento vitamínico e fornecedor de fibras em alimentos dietéticos e em cereais matinais.

O gérmen de trigo é consumido em grande parte pela indústria farmacêutica, onde são extraídos o óleo e um rico complexo vitamínico; também é utilizado em fábricas de rações para animais e como complemento dietético (GUARIENTI, 1996).

2.2.1 Etapas do processamento do trigo

O processo de obtenção da farinha de trigo está apresentado na Figura 2.

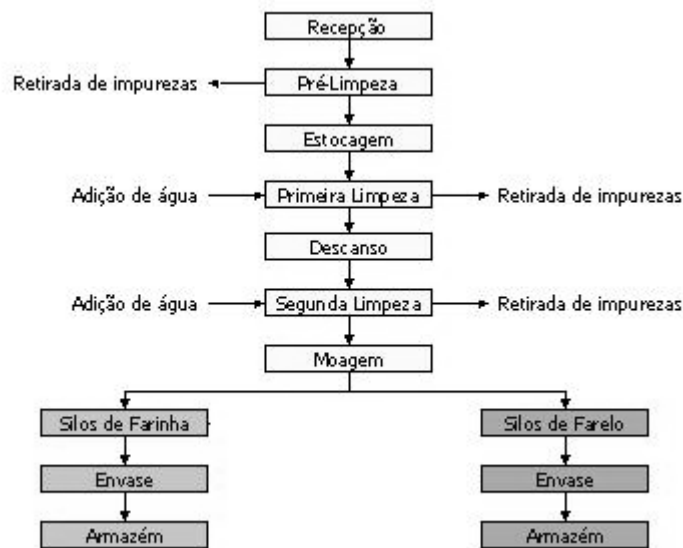


Figura 2 - Fluxograma de produção de farinha (UFRGS, 2007).

Conforme EL-Dash ([s.d]) o processo do grão de trigo para obtenção de farinha é realizado através da moagem dos grãos, a qual é composta por cinco estágios, conforme segue:

- ✓ Recepção e armazenamento do trigo;
- ✓ Limpeza;
- ✓ Condicionamento;
- ✓ Moagem propriamente dita;
- ✓ Estocagem e embalagem da farinha.

2.2.1.1 Recepção e armazenamento do trigo

A recepção e o armazenamento de grãos são compostos pelas operações de recebimento, pesagem, pré-limpeza e mistura de vários tipos de trigo.

2.2.1.2 Limpeza

O objetivo da limpeza é retirar da massa do trigo todas as matérias estranhas, sendo utilizados diversos tipos de equipamentos (VIALÁNES, 2005).

2.2.1.3 Condicionamento do trigo

O condicionamento consiste no ajuste do conteúdo de umidade para tornar o farelo mais maleável durante a moagem e o endosperma friável e assim melhorar a eficiência de extração da farinha (HOSENEY, 1998; POSNER; HIBBS, 1999).

Segundo Sugden (2001) o condicionamento tem cinco finalidades: (1) enrijecer o farelo, reduzindo a formação de pó do farelo; (2) amaciar o endosperma, realçando sua maquinabilidade, reduzindo o consumo de energia dos rolos de redução; (3) facilitar a separação de farelo do endosperma, reduzindo o consumo de potência dos rolos da ruptura e reduzindo conseqüentemente perdas de água por evaporação; (4) assegurar a fácil peneiração e; (5) assegurar o índice de umidade suficiente para o endosperma, de forma a se obter um teor de umidade final da farinha em torno 14 -15%.

Várias pesquisas relatam estudos sobre a absorção, movimento e difusão da água durante o condicionamento (DELWICHE, 2000; KANG; DELWICHE, 1999, 2000; KWEON; MARTIN; SOUZA, 2009; SONG; DELWICHE; LINE, 1998; STENVERT; KINGSWOOD, 1977).

A maioria dos estudos enfoca o mecanismo de condicionamento com o rendimento de extração da farinha, mas não com a qualidade da farinha. Poucos estudos mencionam os efeitos do condicionamento do trigo com o teor de cinzas, farinografia e

qualidade extensográfica (BUTCHER; STENVERT 1973; IBANOGLU, 2001). Kweon, Martin e Souza (2009) estudaram o efeito do condicionamento na *performance* e funcionalidade da farinha de trigo, tendo trabalhado com apenas dois tempos de condicionamento, 3 e 24 horas, avaliaram os parâmetros: taxa de extração, cinzas, atividade da polifenoloxidase e capacidade de retenção do solvente (água, ácido láctico e carbonato de sódio), em cada tempo.

De acordo com Posner e Hibbs (1999) e Restivo (2001), a taxa de absorção de umidade do trigo é afetada pela temperatura, umidade e tempo de condicionamento, como também pelo tipo de cultivar, tamanho do grão, temperatura e umidade inicial do trigo. A estrutura do endosperma, a distribuição e o conteúdo de proteína influenciam a taxa de penetração de água no grão de trigo durante o condicionamento (STENVERT; KINGSWOOD, 1977).

Segundo El-Dash, Camargo e Diaz, (1982) a dureza do grão também afeta o tempo de condicionamento e influencia no padrão de quebra do endosperma, na facilidade de separação entre endosperma e farelo, no tamanho das partículas de farinha, na liberação da farinha de quebra e no consumo de energia durante a moagem. Dependendo do índice de dureza do grão esta característica poderá afetar o nível de amido danificado e conseqüentemente, a qualidade dos produtos finais (POMERANZ; WILLIANS, 1990).

O condicionamento é realizado em duas fases: a primeira consiste na adição de água ao trigo e a mistura é continuamente agitada até que o trigo alcance teor de umidade de 15% a 17%. Posteriormente, deve haver um condicionamento de 6 a 36 h em silos, promovendo a penetração da água no interior do grão. O tempo de condicionamento dependerá da avaliação do tipo de trigo. O grão mais duro deverá ser mantido por mais tempo no silo para melhor absorver a água adicionada (EL-DASH, [s.d]).

Edwards, Osborne e Henry (2007) estudando a diferença entre a qualidade da quebra do trigo condicionado e o não condicionado, verificaram a importância de se estabelecer não só a quantidade adequada de água para a umidificação do trigo, mas também o tempo de condicionamento adequado para a moagem do trigo e, por conseguinte, a qualidade da farinha.

A literatura cita diversas faixas de tempo de condicionamento do trigo à temperatura ambiente. Hosney (1998) recomenda para trigo *soft* (mole), com umidificação de 15% a 15,5%, tempo de condicionamento de 6 horas e para trigo *hard* (duro) com 16,5% de umidificação, 24 horas de descanso. Posner e Hibbs (1999) citam para a faixa de 14% a

17% de umidificação, 12 a 18 horas de descanso, dependendo do trigo. Para El-Dash, ([s.d]) o tempo de condicionamento estaria entre 6 a 36 horas para que ocorra a migração da umidade no interior do grão, considerando a umidificação de 14% a 17%, dependendo do tipo de trigo, e para Pomeranz (1988b) estaria entre 24 a 72 horas.

Conforme Vialánes (2005), no Brasil utiliza-se teor de umidade para o condicionamento do trigo de 15 a 15,8%. A absorção de água é função de vários fatores sendo que a água é absorvida em toda a superfície do grão, penetrando no endosperma amiláceo e se distribuindo em todo o grão. A principal camada de resistência à penetração é a cutícula, as camadas internas são mais susceptíveis. O ponto de penetração mais rápido é o gérmen, devido à ausência de cutícula. No Brasil, para a utilização de trigo *soft* (mole), o tempo de descanso é de 8 horas, já para o trigo *hard* (duro) o descanso é de 24 horas, no mínimo. Para Restivo (2001), o tempo mínimo para o condicionamento de trigo mole é de 3 horas e para o trigo duro é de 6 horas. Tempos inferiores a esses, não permitem a migração suficiente da água para que atinja todas as camadas do grão ricas em cinza (material mineral).

No período em que o grão umidificado repousa nos silos, há uma lenta migração de água do pericarpo, que irá avançar para o endosperma. Este processo é considerado concluído quando o pericarpo e o endosperma tiverem aproximadamente o mesmo teor de umidade. Prolongando o tempo de condicionamento, o endosperma torna-se mais úmido em decorrência da migração da água do pericarpo. A umidade do pericarpo diminui devido à vaporização e migração da água dentro do endosperma, perdendo flexibilidade do farelo. Isto produzirá uma casca rígida e quebradiça que mistura facilmente durante o processo de moagem, comprometendo a pureza da farinha (RESTIVO, 2001).

2.2.1.4 Moagem do trigo

A moagem do trigo teve início com golpes de pedras (daí a denominação de Idade da Pedra) e em seguida, evoluiu para o de pedra movida por animais, depois para os movidos pela água e para os moinhos de vento. Apenas em 1784, apareceram os moinhos movidos a vapor. Em 1881, ocorreu a invenção dos cilindros, os quais são utilizados atualmente. Sendo assim, este processo vem se aprimorando desde a idade da pedra, com o objetivo de desenvolver as melhores técnicas para a separação do endosperma amiláceo dos demais constituintes do grão (CARVALHO JÚNIOR, 1999; CAFÉ et al., 2003).

A etapa de moagem consiste na quebra do grão para separação do farelo (casca), gérmen e endosperma e posterior redução do endosperma a uma granulometria de farinha (EL-DASH; CAMARGO; DIAZ, 1982). O gérmen é separado reduzindo assim o conteúdo de lipídeos, e conseqüentemente, diminuindo a rancificação da farinha, favorecendo o aumento de sua vida de prateleira (MEDEIROS, 2001).

A camada externa do grão (casca ou farelo) também é retirada para tornar a farinha mais clara, reduzir o teor de fibras e melhorar as características tecnológicas (CASTELLO et al., 1998).

A moagem pode ser caracterizada em duas etapas distintas: etapa de quebra ou ruptura do grão de trigo em cilindros estriados e a etapa de classificação e redução, que juntas têm a finalidade de separar o endosperma do farelo e do gérmen. Estas operações são realizadas sucessivamente, de acordo com o diagrama de moagem em número suficiente de canais de separação de passagens ou farinhas, objetivando extrair a quase totalidade do endosperma amiláceo, preservando o valor qualitativo e quantitativo da farinha (WILLM, 1995).

Segundo Posner e Hibbs (1999), a moagem de trigo pode ser classificada em quatro sistemas: (1) sistema de quebra com a separação do endosperma, casca e gérmen; (2) sistema de classificação com separação de pequenas partículas de casca agregado às partículas maiores de endosperma (sêmola vestida); (3) sistema de redução das partículas de endosperma da farinha e; (4) sistema de compressão das partículas vestidas para separação da casca do endosperma, o qual retorna ao terceiro sistema.

Teoricamente todo o endosperma pode ser extraído produzindo farinha. Entretanto, este teor de extração é possível apenas quando o farelo e o gérmen são facilmente removidos. Na prática, o limite de teor de extração é de 72 a 78%. À medida que a quantidade de farinha extraída do grão do trigo aumenta, as características químicas e tecnológicas da farinha se alteram. A qualidade de panificação para a maioria dos tipos de pães tende a cair quando o grau de extração excede 78% (EL-DASH, [s.d]).

Durante a moagem do grão de trigo, à medida que o endosperma é reduzido em partículas menores, alguns grânulos de amido são danificados mecanicamente, devido à ação dos rolos de quebra e, principalmente, dos de redução, sendo que parte dos grânulos de amido são fisicamente danificados e isto tem efeito pronunciado nas características de absorção de água na farinha (MORRISON et al., 1994). De acordo com Gutkoski et al. (2007a) o teor de

amido danificado produzido durante a moagem de trigo influencia as propriedades funcionais da farinha de trigo.

2.2.1.5. *Estocagem e embalagem da farinha*

As farinhas de trigo em geral são estocadas pelos moinhos em silos e posteriormente embaladas em sacos de 50 kg até 1 kg e em alguns moinhos, a granel (EL-DASH, [s.d]).

2.3 Qualidade tecnológica da farinha de trigo

A farinha de trigo é 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 qualidade da farinha de trigo está relacionada, principalmente com a qualidade do grão que a originou e com as condições de moagem utilizadas (PRABHASANKAR; SUDHA; RAO, 2000).

A farinha de trigo deve ser suave ao tato, de cor natural, sem sabores estranhos de ranço, mofo, acidez, amargura ou doçura. Deve apresentar aparência uniforme, sem pontos negros, livre de qualquer defeito, de insetos vivos ou mortos, corpos estranhos e cheiros anormais (BRASIL, 2005). Sua composição consiste principalmente de amido (70-75%), proteína (10-12%), polissacarídeos amiláceos (2-3%) e lipídeo (2%) componente presente em menor quantidade (GOESAERT et al., 2005).

A qualidade da farinha é definida por diversas características que assumem diferentes significados dependendo da designação de uso ou tipo de produto. Estas características podem ser divididas em químicas, enzimáticas e físicas ou reológicas (KULP; PONTE JÚNIOR, 2000).

As características reológicas da farinha dependem da quantidade e da qualidade das proteínas presentes no grão de trigo. Conforme Bushuk (1985), o teor de proteínas do grão de trigo varia em função de fatores agrônômicos e ambientais enquanto que a qualidade das

proteínas é característica primariamente genotípica. O autor obteve correlação positiva entre o teor de proteínas do grão de trigo e o volume do pão produzido. Branlard et al. (1991) avaliaram os parâmetros de qualidade do trigo e encontraram fraca correlação entre o número de queda e a força de glúten. Por outro lado, Orth e Mander (1975) verificaram um aumento no teor de proteínas, na taxa de extração e na absorção de água em farinhas, e uma diminuição na força de glúten.

Conforme El-Dash, Camargo e Diaz (1982); Montenegro e Ormenese (2006) e Pomeranz (1988b), os elementos da qualidade da farinha de trigo estão relacionados a dois grupos:

a) Fatores inerentes ao trigo, que resultam da combinação de variedades (genótipo) e das condições de cultivo, como umidade, fertilidade do solo, clima (temperatura, queda de chuvas, geadas etc.), incidências de doenças. Estes incluem a quantidade e a qualidade da proteína, conteúdo de cinza e cor, que podem ser controlados num mesmo grau de extração da farinha;

b) Fatores induzidos pelo processamento, resultantes primariamente do manuseio, estocagem e processamento do grão, como a conversão de trigo em farinha, sendo que alguns deles podem ser controlados dentro de limites razoáveis, pela escolha da mescla de farinha (frações de trigo que comporão a farinha final), maturação, aditivação e as condições de processamento: condicionamento e ajuste de rolos de moagem. Estes incluem granulometria da farinha, amido danificado e atividade de α -amilase.

Os demais elementos da qualidade, como lipídeos, acidez e outros, podem ser afetados tanto pela hereditariedade, como pelo processamento, porém em graus diferentes. Mesmo que cada elemento possa ser avaliado separadamente, a qualidade total da farinha é determinada pelo teste de panificação, que expressa à ação combinada de todos os elementos.

Dada a grande diversidade de farinhas de trigo, é necessária a utilização de vários métodos para determinar as características de umidade, acidez, cinzas, proteína, número de queda, teor e força de glúten, absorção de água, propriedades de mistura, capacidade elástica e extensível da massa e volume do pão (PYLER, 1988). Os métodos mais utilizados são os relacionados com as características reológicas da massa, a partir de sistemas simples de mistura de água e farinha. Existe uma série de equipamentos para medir estas propriedades, tais como farinógrafo, extensógrafo e alveógrafo (DOBRSZCZYK; MORGENSTERN, 2003). Esses testes da massa são utilizados para avaliar o potencial de panificação, ou seja, a força e o desempenho da farinha sob condições mecanizadas. Os objetivos principais nestes

tipos de testes de farinha são acompanhar e controlar os parâmetros específicos da farinha e prever o comportamento da massa em uma padaria convencional (OLIVER; ALLEN, 1992). A definição de uso final de uma farinha deve ser feita após a avaliação conjunta destes resultados (CALDEIRA et al., 2003).

2.3.1 Farinografia

O farinógrafo é um equipamento que simula o processo de mistura, medindo e registrando a resistência da massa em velocidade e temperatura constantes durante os sucessivos estágios de seu desenvolvimento, obtendo-se o comportamento da massa durante a mistura e a sobremistura (KULP; PONTE JÚNIOR, 2000; OLIVER; ALLEN, 1992).

A farinografia é um dos mais completos e sensíveis testes comumente usados no mundo para a avaliação da qualidade de mistura da massa de farinha de trigo. Alguns parâmetros determinados pela farinografia são absorção de água (ABS), tempo de desenvolvimento da massa (TDM), estabilidade (EST) e índice de tolerância à mistura (ITM) (GUARIENTI, 1996; OLIVER; ALLEN, 1992). Os resultados dos parâmetros são usados na formulação para estimar a quantidade de água requerida para fazer uma massa de pão, avaliar os efeitos dos ingredientes em propriedades de mistura, avaliar as exigências de mistura da farinha e verificar a uniformidade da farinha. Esses resultados são úteis para prever as características da textura do produto. Por exemplo, propriedades de mistura fortes são relacionadas à textura firme do produto (WHEAT, 2004).

2.3.2 Alveografia

A alveografia é um teste reológico usado em vários países para a determinação de características qualitativas da farinha através dos parâmetros força de glúten ($W \times 10^{-4}J$), relação entre elasticidade e extensibilidade ou tenacidade (P/L) e Índice de Elasticidade (IE) (GUTKOSKI et al., 2008). A expressão força de glúten normalmente é utilizada para designar a maior ou menor capacidade de uma farinha sofrer tratamento mecânico ao ser misturada com água. Também é associada à maior ou menor capacidade de absorção de água pelas

proteínas formadoras de glúten, que combinadas à capacidade de retenção do gás carbônico resultam em pão de volume aceitável, textura interna sedosa e de granulometria aberta (DOBRSZCZYK; MORGENSTERN, 2003; MITTELMANN et al., 2000).

Este teste é realizado no alveógrafo de Chopin, que simula, graficamente, o comportamento da massa durante a etapa de fermentação no processo de panificação (MANDARINO, 1993). A partir desse gráfico, obtêm-se índices como: “W”, que é representado pela superfície da curva e indica a força de panificação da farinha; “P”, que é o valor máximo obtido no eixo das ordenadas e representa a tenacidade da massa. É uma medida da capacidade de absorção de água da farinha e “L” que é o valor máximo do eixo das abscissas e representa a extensibilidade da massa. P/L – relação tenacidade/extensibilidade: expressa o equilíbrio da massa.

O uso do alveógrafo foi sugerido por Pizzinato (1997) e Germani et.al. (1998) em lugar do extensógrafo, pois o alveógrafo tem a vantagem de estender a massa em duas direções (biaxial), enquanto o extensógrafo promove apenas uma extensão uniaxial. O tipo de extensão biaxial está associada à expansão da célula de gás (alvéolo) durante o crescimento da massa.

Segundo Peña et al. (1998), o trigo forte e extensível apresenta endosperma duro à semi-duro e pode ser usado na panificação mecanizada e como melhorador de trigos moles com menor força de glúten; o trigo médio e extensível também possui endosperma duro a semi-duro, e pode ser usado na panificação manual e semi-mecanizada; o trigo fraco e extensível possui endosperma suave e pode ser usado na fabricação de biscoitos, pizzas e pães artesanais; o médio e tenaz (pouco extensível) possui endosperma duro a semi-duro e pode ser usado em pizzas e biscoitos; e o forte e tenaz possui endosperma duro e cristalino e pode ser usado em massas alimentícias.

2.3.3 Teste de panificação

EL-DASH (1978) desenvolveu uma metodologia de mistura da massa e de fermentação com interferência mínima dos operadores. Esse método utiliza aparelhos da linha *Brabender*, como o farinógrafo e o extensógrafo, usados para a mistura e desenvolvimento da massa.

Segundo Calvel (1994) a farinha de trigo apropriada para a produção de pão depende do trigo utilizado, do seu percentual de cinzas e das propriedades de elasticidade, extensibilidade, maquinabilidade e tolerância da massa.

A qualidade do produto final para a indústria de panificação está diretamente relacionada com as propriedades tecnológicas da farinha. Desta forma, a farinha de trigo comercial deve atender às exigências tecnológicas dos produtos com variações mínimas de qualidade (EL-DASH; CAMARGO; DIAZ, 1982).

De forma geral, para os padrões brasileiros, as melhores farinhas para a panificação, são as extraídas de trigos duros, de mais alto teor de glúten, forte e equilibrada ou levemente elástica, com elevada capacidade de absorção d'água e de atividade diastática mediana a baixa (CARVALHO JUNIOR, 2000).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

Foram utilizados 150 kg de trigo (*Triticum Aestivum*) provenientes de San Lorenzo/Argentina, tipo panificação, fornecido pelo Grande Moinho Cearense S. A.

O trigo foi transportado até as instalações do Laboratório de Controle de Qualidade do Trigo e seus Derivados do SENAI/CERTREM, sendo homogeneizado e dividido em quinze amostras de 10 kg, as quais foram acondicionadas em sacos de ráfia, identificadas e armazenadas sobre *pallets* em local fresco e arejado.

3.2. Métodos

3.2.1 Caracterização do trigo (*Triticum aestivum*)

3.2.1.1 Umidade

O teor de umidade do trigo for determinado através do aquecimento em estufa a 130°C, segundo o método nº. 44-15 A - AACC (2000).

3.2.1.2 Cinzas

O conteúdo de cinzas ou resíduo mineral fixo do trigo foi determinado submetendo-o à incineração a temperatura de 600 °C, conforme o método nº 08-12 - AACC (2000).

3.2.1.3 Proteínas

Para a determinação de nitrogênio do trigo foi utilizado o método n° 46-12, AACC (2000), usando 5,7 como fator de conversão para cálculo de proteína total.

3.2.1.4 Lipídeos

A amostra de trigo foi submetida à extração de seus lipídeos por solvente, utilizando o aparelho de Soxhlet conforme o método n° 30-25, AACC (2000).

3.2.1.5 Carboidratos

Os valores de carboidratos foram obtidos por cálculo de diferença, utilizando a seguinte fórmula 1:

$$\% \text{ carboidratos} = 100\% - (\% \text{ proteínas} + \% \text{ lipídios} + \% \text{ cinzas} + \% \text{ umidade}). \quad (1)$$

3.2.1.6 Peso hectolítrico (PH)

Para a determinação do peso hectolítrico a massa de 100 litros de trigo foi analisada pelo método 55-10, da AACC (2000) e os resultados expressos em kg/hl. Esta determinação serve como indicativo da sanidade do grão.

3.2.1.7 Dureza, diâmetro e peso do grão.

A dureza, o diâmetro e o peso do grão foram determinados segundo o método 55-31, da AACC (2000) usando o equipamento SKCS - Single Kernel Characterization System (sistema de caracterização individual da semente), modelo 4100, da Perten Instruments,

empregando amostra composta de 300 grãos para cada determinação, com três repetições para cada amostra, para estimar o índice de dureza, o peso médio e o diâmetro externo do grão. A dureza do grão foi determinada pela medida experimental da força necessária para triturar o grão de trigo, segundo o manual de operação do SKCS.

Na Tabela 1 observa-se a classificação do índice de dureza (ID) do grão de trigo.

Tabela 1 - Classificação de dureza do grão de trigo

| Categoria | Índice de Dureza |
|------------------|-------------------------|
| Extra duro | Acima de 90 |
| Muito duro | 81–90 |
| Duro | 65–80 |
| Semi-duro | 45–64 |
| Semi-mole | 35–44 |
| Mole | 25–34 |
| Muito mole | 10–24 |
| Extra mole | Abaixo de 10 |

Fonte: Adaptado de AACCC (2000).

3.2.1.8 Grãos avariados, matérias estranhas e impurezas

O teor de grãos avariados que foram danificados pelo calor, por insetos, ardidos, mofados, germinados, esverdeados, chochos, bem como os quebrados (fragmentados) triguilho e as matérias estranhas e impurezas foram determinados de acordo com a Instrução Normativa nº 07, do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) (BRASIL, 2001).

3.2.1.9 Número de queda (*Falling number*)

O número de queda (NQ) ou *falling number*, mede a atividade da enzima α -amilase no grão, sendo o resultado expresso em segundos (avaliado pelo método nº 56-81B da AACCC (2000)).

O método baseia-se na capacidade das enzimas amilolíticas, presentes no trigo, em liquefazer uma suspensão de amido gelatinizado. Quanto maior a concentração de enzimas maior é o efeito desta sobre o amido e, portanto, menor será sua viscosidade. Esta viscosidade

é medida pelo tempo que uma haste consegue passar através desta suspensão, medida em segundos, lido diretamente no aparelho.

3.2.1.10 Glúten (*úmido, seco e índice*)

Os teores quantitativo e qualitativo de glúten do trigo e da farinha foram determinados segundo o método nº 38-12 - AACC (2000).

3.2.2 Condicionamento do trigo (*Triticum aestivum*)

As amostras foram limpas e em seguida foi determinada a umidade inicial do trigo para o cálculo do volume de água a ser adicionado, sendo a umidade final do trigo especificado para 15% de umidificação, conforme fórmula (2) a seguir:

$$\text{Água adicionada (mL)} = \frac{100 - \text{umidade do trigo inicial (\%)}}{100 - \text{umidade do trigo final (\%)}} - 1 \times \text{peso da amostra} \quad (2)$$

Com base no volume de água calculado, as amostras foram umidificadas em tambores plásticos com capacidade de 10 litros. A água foi adicionada no centro da massa dos grãos de trigo utilizando-se de uma proveta de 200 mL. Em seguida foi colocado uma rosca continua com passo único, e levado ao homogeneizador da marca Chopin MR10 por 30 minutos.

Para este estudo foram determinados três tempos de condicionamento (18, 24 e 36 horas), com umidificação de 15% para todos os tempos de condicionamento. A escolha dos tempos teve como base a literatura e um levantamento feito junto aos laboratórios de alguns moinhos brasileiros, o qual revelou uma variação de 1 a 24 horas no tempo de condicionamento do trigo antes da moagem.

À medida que se completava o tempo de condicionamento as amostras eram submetidas à moagem experimental, para obtenção das farinhas. O preparo e condicionamento foram realizados segundo o método nº 26-10 A - AACC (2000).

3.2.3 Moagem (Extração experimental)

A extração experimental (EXT) é obtida através de moagem que simula o processo industrial, servindo de indicativo do rendimento da farinha ou taxa de extração. A moagem foi realizada em moinho piloto modelo CD1, marca *Chopin*, conforme manual Trippet Renault – França (CHOPIN, 1998), sendo realizada uma passagem pelo sistema de quebra e quatro passagens pelo sistema de redução. Foi determinado o percentual de extração de farinha, realizado em triplicata para cada tempo de condicionamento de 18, 24 e 36 horas. As farinha obtidas foram submetidas a determinações físico-químicas e tecnológicas de acordo com o item 3.2.4.

3.2.4 Análises físico-químicas e tecnológicas da farinha.

3.2.4.1 *Umidade*

Conforme metodologia descrita no item 3.2.1.1.

3.2.4.2 *Cinzas*

Conforme metodologia descrita no item 3.2.1.2.

3.2.4.3 *Proteína*

Conforme metodologia descrita no item 3.2.1.3.

3.2.4.4. Amido danificado

O percentual de amido danificado das farinhas foi determinado pelo SDmatic Chopin conforme o método nº. 76-33, AACC (2008).

3.2.4.5 Glúten

Conforme metodologia descrita no item 3.2.1.10.

3.2.4.6 Cor

A medição da cor foi utilizada para estimar o grau de contaminação da farinha com partículas de farelo, conforme o método nº. 14-22, AACC (2000).

Determinada em colorímetro Minolta CHROMA METER CR 400s, padronizado com fonte de luz D65 (luz do dia incluindo a radiação UV). A área de mensuração do aparelho foi de 50 mm de diâmetro e o ângulo de medição de 0°C com especular incluída. Foi utilizado o sistema de cor CIELab onde L* (luminosidade – branco/preto), cromaticidade a* (eixo verde/vermelho) e cromaticidade b* (eixo azul/amarelo).

Uma porção da farinha foi colocada em placa de petri e o canhão de medição do equipamento foi centralizado na amostra.

3.2.4.7 Número de queda (*Falling number*)

Conforme metodologia descrita no item 3.2.1.9.

3.2.4.8 Farinografia

A absorção de água da farinha de trigo e as propriedades de mistura do sistema farinha e água como: tempo de desenvolvimento do glúten, estabilidade e índice de tolerância à mistura, foram determinadas em farinógrafo *Brabender*, conforme o método nº 54-21, AACC (2000) utilizando-se 300g de farinha com 14% de umidade.

3.2.4.9 Alveografia

As características reológicas de extensibilidade e elasticidade da massa foram analisadas segundo o método nº. 54-30A, AACC (2000). Para estas determinações foi utilizado um alveógrafo *Chopin* com *alveolink*, que simula o comportamento da massa na fermentação. As características viscoelásticas de uma massa podem ser avaliadas por diferentes parâmetros da alveografia, como: W – força de glúten, P–tenacidade, L–extensibilidade, P/L – relação tenacidade/extensibilidade.

3.2.4.10 Teste instrumental de panificação - baking test

Foi utilizada a formulação padrão de acordo com o método instrumental de panificação referido por El-Dash (1978), para a avaliação da qualidade global dos pães por escores, conforme está apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Formulação dos pães segundo teste instrumental de panificação descrito por El-Dash (1978).

| <i>Ingredientes</i> | <i>Partes (%)</i> | <i>Gramas</i> |
|------------------------------------|-------------------|---------------|
| <i>Farinha de trigo</i> | 100 | 300,00 |
| <i>Água*</i> | 57 | 171,00 |
| <i>Açúcar</i> | 5 | 15,00 |
| <i>Fermento biológico fresco</i> | 3 | 9,00 |
| <i>Gordura vegetal hidrogenada</i> | 3 | 9,00 |
| <i>Sal</i> | 1,75 | 5,25 |
| <i>Ácido ascórbico</i> | 90 ppm | 27 mg |

* de acordo com a absorção da farinha.

3.2.4.10.1 Procedimento para preparo dos pães

As etapas principais para a elaboração do teste instrumental de panificação foram:

a) A mistura da massa foi realizada no aparelho farinógrafo onde foram colocadas 300g de farinha com 14% de umidade. O sal, o açúcar e o ácido ascórbico foram dissolvidos num béquer, com o auxílio de 50 mL de água medida através de uma bureta. Em outro béquer, foi dissolvido o fermento usando mais uma porção da água contida na bureta. Esses ingredientes dissolvidos foram adicionados à farinha e após, foi adicionada a gordura, seguida da adição da água, em torno de 57%, até a obtenção de 500 unidades farinográficas (U.F.) de consistência quando então a massa foi misturada até atingir seu desenvolvimento máximo (12 minutos). Após uma ligeira queda da consistência (10 U.F.) o aparelho foi desligado.

b) Pesagem e modelagem da massa – após a retirada da massa do misturador, foram pesados dois pedaços de massas de 150 g, os quais foram boleados e modelados nas unidades do extensógrafo e colocadas em formas de aço inoxidável (parte superior com 14 x 6,8cm; fundo com 13 x 5,5cm e altura de 4,2 cm) untadas com gordura vegetal hidrogenada.

c) Fermentação da massa – as massas contidas nas duas formas foram colocadas para fermentar em uma das câmaras do extensógrafo. O tempo de fermentação, medido desde o fim da modelagem da massa até esta ser colocada no forno, foi de 110 minutos nas câmaras de fermentação, com temperatura de 30°C e umidade relativa de 82%.

d) Cozimento da massa - após o tempo de fermentação exigido, as massas foram colocadas em forno elétrico à temperatura de 190°C por 25 minutos, fazendo-se imediatamente a vaporização.

3.2.4.10.2 Avaliação da qualidade global

Foram realizados nove testes, avaliando-se as farinhas provenientes dos três tempos de condicionamento do trigo 18, 24 e 36 horas, em duplicata. As amostras foram

identificadas com códigos de três dígitos e avaliadas por dois provadores treinados (técnicos em panificação).

Os testes foram aplicados em sala com iluminação artificial, onde os técnicos ficaram dispostos ao redor de uma mesa para a avaliação. Foram distribuídos formulários codificados sequencialmente, contemplando as seguintes informações:

a) Avaliação das características externas dos pães

Uma hora após o resfriamento, os pães foram pesados em balança semi-analítica e os seus volumes determinados pelo método de deslocamento de sementes de painço. O volume específico foi calculado relacionando o volume e o peso dos pães (cm^3/g). O valor do volume específico foi multiplicado pelo fator 3,33 para que o valor máximo de pontos atribuídos a este item fosse 20.

Foram utilizados três conjuntos de dois pães de cada tipo de farinha, de modo a se obter três valores de cada tratamento para a avaliação do volume, do peso e do volume específico.

Compondo as características externas dos pães, além do volume específico, foram avaliadas a cor da crosta, a característica da quebra e simetria mediante a observação visual das amostras intactas, cuja pontuação máxima foi fixada em 40 pontos.

A cor do miolo foi avaliada pelo colorímetro Minolta CHROMA METER CR – 400. Após 24 horas da fabricação os pães foram cortados em fatiadora elétrica para a realização da análise de cor. Para a leitura da cor da fatia, tomou-se o cuidado de posicionar o canhão de leitura do equipamento exatamente no centro da fatia e imediatamente após o seu corte. As leituras foram realizadas em triplicata, e os resultados expressos pela média das três leituras.

b) Avaliação das características internas dos pães

As amostras foram cortadas ao meio e submetidas à avaliação das características da crosta, cor do miolo, estrutura das células do miolo e textura do miolo. Dois técnicos especializados em panificação avaliaram essas características, após a observação visual e a

percepção da textura das amostras pelo tato. A pontuação máxima estabelecida no teste foi de 35 pontos.

c) Avaliação do aroma e sabor

Os pães foram fatiados para a avaliação individual do aroma e do sabor pelos técnicos. A nota máxima neste conjunto de características totalizou 25 (vinte e cinco) pontos.

O formulário usado para a avaliação da qualidade global do teste de panificação está apresentado na Figura 3.

| | Parâmetros | Valor Máximo | Valor Atribuído |
|--|---|--------------------------|-----------------|
| | CARACTERÍSTICAS EXTERNAS | Volume específico x 3,33 | 20 |
| Cor da crosta: (Fatores indesejáveis: não uniforme, opaca, muito clara ou muito escura) | | 10 | |
| Quebra: (Fatores indesejáveis: muito pequena, áspera, desigual) | | 05 | |
| Simetria: (Fatores indesejáveis: laterais, pontas e parte superior desiguais) | | 05 | |
| TOTAL | | 40 | |
| CARACTERÍSTICAS INTERNAS | Característica da crosta: (Fatores indesejáveis: borrachenta, quebradiça, dura, muito grossa, muito fina) | 05 | |
| | Cor do miolo: (Fatores indesejáveis: cinza, opaca, desigual, escura) | 10 | |
| | Estrutura da célula do miolo: (Fatores indesejáveis: falta de uniformidade, buracos muito abertos ou compacto) | 10 | |
| | Textura do miolo (Fatores indesejáveis: falta de uniformidade, desigualdade, áspera, compacta, seca) | 10 | |
| | TOTAL | 35 | |
| AROMA E SABOR | Aroma: (Fatores indesejáveis: falta de aroma, aroma desagradável, estranho, muito fraco ou muito forte) | 10 | |
| | Sabor: (Fatores indesejáveis: ácido, estranho, goma, massa, gosto remanescente) | 15 | |
| | TOTAL | 25 | |
| CONTAGEM TOTAL | | 100 | |

Figura 3 - Formulário de avaliação da qualidade global dos pães por escores

3.2.4.11 *Teste de panificação para elaboração de pão tipo francês.*

O teste foi realizado pelo método direto referido por Calvel (1987). Para o pão tipo francês, a avaliação da qualidade global dos pães foi feita por escores, com o objetivo de confirmar os dados obtidos nas análises de determinação das propriedades tecnológicas das farinhas. Foram analisadas as características externas (volume, cor da crosta

quebra e simetria) e internas (característica da crosta, estrutura da célula do miolo, cor e textura do miolo) dos pães.

A formulação usada no preparo das massas está apresentada na tabela 3.

Tabela 3 - Formulação do pão tipo francês - método direto de panificação.

| <i>Componentes</i> | <i>Percentual</i> |
|----------------------------------|-------------------|
| <i>Farinha de trigo</i> | 100 |
| <i>Água*</i> | 55 |
| <i>Sal</i> | 2 |
| <i>Fermento biológico fresco</i> | 1 |
| <i>Aditivo comercial</i> | 0,3 |

*de acordo com a absorção da farinha.

3.2.4.11.1 Procedimento de preparo dos pães

A formulação e o processamento dos pães foram similares às condições de panificação comercial local. Na figura 4 está representado o fluxograma do processamento.

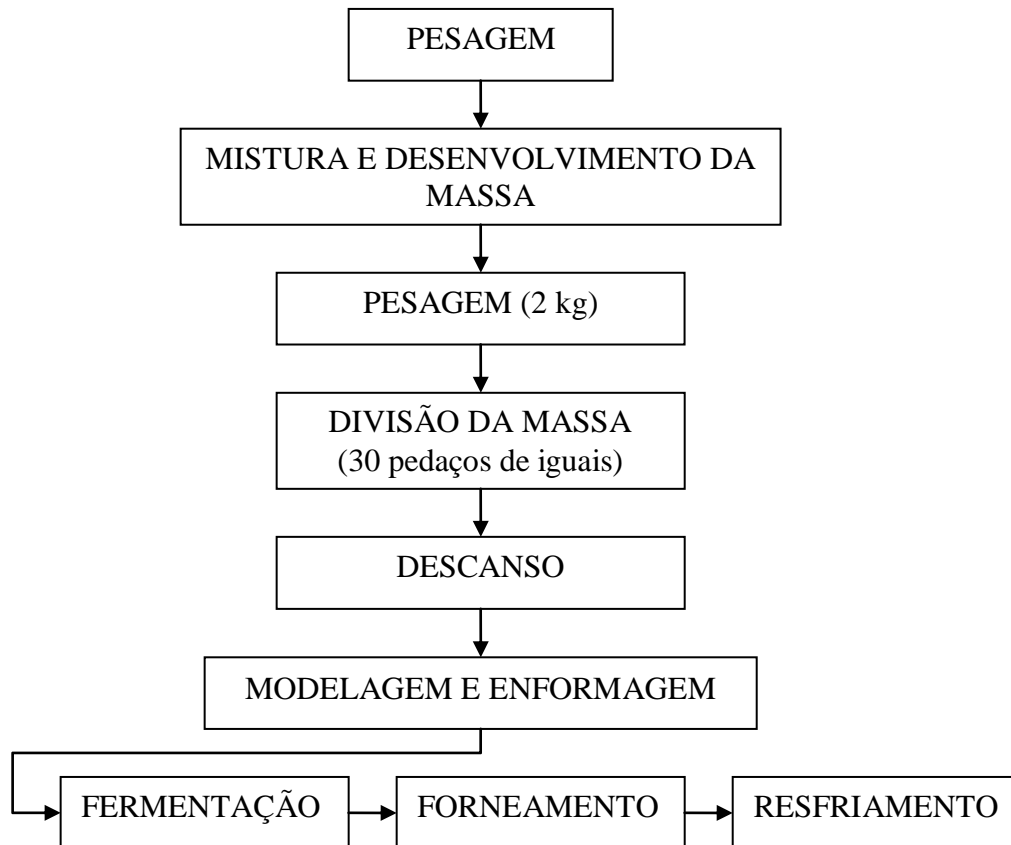


Figura 4 - Fluxograma de fabricação do pão tipo francês.

Foram pesados 2000g de farinha para cada farinha obtida dos três tempos de condicionamento, sendo o teste realizado em triplicata. A cada farinha foram adicionados os ingredientes nas proporções especificadas na Tabela 3.

Os ingredientes usados na formulação foram misturados em masseira semi-rápida utilizando duas velocidades – uma lenta durante 6 minutos, para agregação dos ingredientes e uma mais rápida durante 5 minutos suficientes para o completo desenvolvimento do glúten. A temperatura da água foi de 16°C e a temperatura final da massa foi de 30°C ± 0,5°C.

As massas foram divididas em porções de 65 gramas, sendo em seguida boleadas, modeladas na forma cilíndrica e colocadas em assadeiras metálicas. As massas foram colocadas em carrinho de fermentação.

Decorridas três horas de fermentação, as massas foram forneadas em forno tipo turbo com vapor à temperatura de 220°C por 20 minutos.

Após uma hora de resfriamento dos pães, foram analisadas as características externas e internas.

3.2.4.11.2. Avaliação da qualidade global

Foram avaliados os mesmos parâmetros do teste instrumental de panificação, *baking test*, seguindo a mesma metodologia descrita no referido teste.

3.3 Análise estatística

Os experimentos foram realizados utilizando-se o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) e os resultados submetidos à análise de correlação e regressão. Nos modelos significativos, realizou-se o ajuste do modelo de regressão para cada variável dependente em relação ao tempo de preparo da amostra, utilizando-se a avaliação do ajuste a decomposição do erro em dois fatores: falta de ajuste e erro puro, além da verificação das suposições teóricas do modelo de regressão por meio da análise gráfica dos resíduos. Para avaliar a significância dos modelos foi utilizado o teste F, ao nível de 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$). As análises foram realizadas com o software SAS (SAS, 2003).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização do trigo

4.1.1 Composição centesimal

Os resultados da composição centesimal do trigo estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Composição centesimal do trigo.

| <i>Componentes</i> | <i>Média (%)*</i> | <i>Desvio padrão</i> |
|----------------------------|-------------------|----------------------|
| <i>Umidade</i> | 12,55 | 0,03 |
| <i>Cinzas</i> | 1,85 | 0,02 |
| <i>Proteínas (N x 5,7)</i> | 13,03 | 0,10 |
| <i>Lipídeos</i> | 1,27 | 0,04 |
| <i>Carboidratos**</i> | 71,30 | 0,10 |

* Médias de cinco determinações.

** Carboidratos calculados por diferença.

O teor médio de umidade de 12,55% está de acordo com o padrão especificado pela legislação brasileira, a Instrução Normativa (IN) nº 07 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), que estabelece o teor máximo de 13% de umidade para o trigo, para assegurar a conservação do grão (BRASIL, 2001).

O valor de cinzas obtido foi de 1,85% o qual se encontra na faixa média mencionada pelo Relatório Institucional sobre a qualidade do trigo argentino, safra 2007/2008, de 1,57% a 1,96% (TRIGO, 2008). Kulp e Ponte Junior (2000), encontraram teor de cinzas no grão de trigo de 1,9%. Quanto maior o teor de cinzas do grão de trigo, menor será o rendimento no processo de moagem (taxa de extração).

O teor protéico encontrado neste estudo de 13,03% encontra-se dentro da faixa 9 a 13% especificada por Kulp e Ponte Junior (2000).

O percentual de 1,27% de lipídeos encontrados foi inferior aos teores mencionados por Hosney (1998) e Pomeranz (1988 b) de 1,8% e 2,0%, respectivamente.

A composição centesimal do trigo depende da espécie, da variedade, das condições de cultivo e de outros fatores, o que explica a diferença entre os valores

encontrados neste estudo com os dados de literatura (POMERANZ, 1987; KULP; PONTE JÚNIOR, 2000)

4.1.2 Determinações físicas e químicas

A Tabela 5 apresenta os resultados das análises físicas e químicas realizadas no trigo.

Tabela 5 – Determinações físicas e químicas realizadas no trigo.

| <i>Componentes</i> | <i>Média (%)*</i> | <i>Desvio padrão</i> |
|---|-------------------|----------------------|
| Peso Hectolítrico - PH (kg/hl) | 80,64 | 0,18 |
| Peso de 1000 grãos (g) | 35,77 | 0,30 |
| Diâmetro (mm) | 2,85 | 0,02 |
| Dureza (HI) | 82,03 | 0,67 |
| Umidade (%) | 12,54 | 0,03 |
| Grãos Danificados por Insetos | 0,13 | 0,04 |
| Grãos Danificados pelo Calor, Mofados e Ardidos | 0,05 | 0,01 |
| Avariados Chochos, Triguilho e Quebrados | 1,88 | 0,14 |
| (%) Germinados | 0 | 0 |
| Esverdeados | 0,03 | 0,02 |
| Matérias Estranhas e Impurezas (%) | 0,54 | 0,07 |
| Numero de Queda ou <i>Falling Number</i> (s) | 433 | 10,04 |
| Úmido | 24,40 | 0,29 |
| Glúten (%) Seco | 7,91 | 0,11 |
| <i>Index</i> | 89,32 | 0,63 |

* Médias de triplicatas.

Os resultados de peso hectolítrico (PH), umidade, matérias estranhas e impurezas e grãos avariados, situaram-se dentro do padrão de identidade e qualidade estabelecido pela Instrução Normativa nº 07, enquadrando o trigo no tipo 2, conforme classificação descrita na Tabela 6 (BRASIL, 2001), devido percentual de grãos chochos, triguilhos e quebrados ser superior a 1,5%. O PH é considerado um importante fator de qualidade na indústria moageira, e seu valor pode ser influenciado pela uniformidade, forma, densidade e tamanho do grão, além do conteúdo de matérias estranhas e grãos quebrados da amostra. (TRIGO, 2008)

Tabela 6 - Tipificação do trigo segundo a IN nº 07 de 15 de agosto de 2001 (BRASIL, 2001).

| Tipos | Peso do Hectolitro (kg/hl) mínimo | Umidade (% máximo) | Matérias estranhas e impurezas (% máximo) | Grãos avariados (% máximo) | | |
|-------|--|--------------------|---|----------------------------|---|--------------------------------|
| | | | | Danificados por insetos | Danificados pelo calor, mofados e ardidos | Chochos, triguilho e quebrados |
| 1 | 78 | 13 | 1,00 | 0,50 | 0,50 | 1,50 |
| 2 | 75 | 13 | 1,50 | 1,00 | 1,00 | 2,50 |
| 3 | 70 | 13 | 2,00 | 1,50 | 2,00 | 5,00 |
| FT | Características Inferiores às do Tipo n.º 3. | | | | | |

F.T: Fora de tipo

O peso de mil grãos e o diâmetro do grão são parâmetros importantes para prever o processo de moagem. O peso de mil grãos (PMG) é função do peso e da densidade, pois grãos densos têm elevada proporção de endosperma e também indica qualidade pelo fato de expressar o enchimento de grãos (KULP; PONTE JÚNIOR, 2000) sendo utilizado para classificar o trigo pelo tamanho. Os grãos de trigo podem ser classificados de acordo com o tamanho em muito pequeno (PMG de 15-25 g), pequeno (PMG de 26-35 g), médio (PMG de 36-45 g), grande (PMG de 46-54 g) e muito grande (PMG \geq 45 g). Os grãos de tamanho excessivo não são desejados pela indústria, pois podem provocar perdas devido às dificuldades de regulagem dos equipamentos de limpeza e moagem, enquanto grãos pequenos podem passar pelas peneiras de limpeza e causar perdas na produção de farinha pela diminuição da quantidade de trigo moído (GUARIENTI, 1996). O trigo neste estudo apresentou PMG de 35,77 g, podendo ser classificado entre pequeno e médio. Segundo o relatório institucional sobre a qualidade do trigo argentino (San Lorenzo) para a safra 2007/2008 o peso de mil grãos foi de 34,26 g (TRIGO, 2008).

O tamanho dos grãos influencia na quantidade de água absorvida, onde grãos pequenos absorvem maior quantidade de água em relação aos grãos grandes durante a etapa de condicionamento (POSNER, 1990).

Quanto à dureza, o trigo apresentou índice de 82,03 (ID) sendo classificado em muito duro, de acordo com a faixa estabelecida pela AACC que é de 81-90 (ID). A maioria dos trigos argentinos apresentam dureza e força de glúten semelhantes ao deste estudo. Stenvert e Kingswood (1977); Pomeraz e Williams (1990) e Morris, Demacon e Giroux (1999), estabelecem que a textura do trigo é afetada, principalmente, pelo teor de amido e proteína do endosperma e sua ordenação.

O resultado da análise de *falling number* de 433 segundos (Tabela 5) representa baixo índice de atividade enzimática. Conforme Guarienti (1996) e Miranda, De Mori e Lorini

(2005), a atividade enzimática pode ser classificada em baixa ($\geq 351s$), ideal (201 – 350s) e alta ($\leq 200s$), porém, a baixa atividade não constitui um problema de difícil solução.

Os resultados para teor de glúten úmido, seco e *index* foram de 24,40%, 7,91% e 89,32%, respectivamente (Tabela 5) os quais são adequados para a obtenção de farinha para teste panificável.

4.2 Análises físico-químicas e tecnológicas da farinha

As farinhas obtidas dos trigos submetidos aos três tempos de condicionamento foram caracterizadas através de análises físico-químicas e reológicas, conforme resultados apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Caracterização físico-química e reológica das farinhas de trigo submetidas a diferentes tempos de condicionamento.

| Parâmetro | Tempo de condicionamento (horas) | | | | | | |
|--|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| | 18 | | 24 | | 36 | | |
| | Média | DP | Média | DP | Média | DP | |
| Extração experimental ¹ (%) | 62,49 | 1,56 | 61,28 | 0,53 | 61,67 | 2,09 | |
| Umidade (%) | 14,46 | 0,13 | 14,38 | 0,08 | 14,47 | 0,06 | |
| Proteína b.s ¹ (%) | 11,9 | 0,4 | 11,8 | 0,1 | 11,6 | 0,1 | |
| Cinzas b.s (%) | 0,65 | 0,02 | 0,64 | 0,02 | 0,64 | 0,01 | |
| Amido danificado (%) | 5,27 | 0,1 | 5,26 | 0,0 | 5,38 | 0,1 | |
| Glúten | Úmido (%) | 24,93 | 0,25 | 25,11 | 0,27 | 25,08 | 0,20 |
| | Seco (%) | 8,14 | 0,05 | 8,21 | 0,07 | 8,18 | 0,06 |
| | <i>Índex</i> (%) | 94,98 | 1,12 | 94,92 | 3,09 | 95,28 | 2,72 |
| Cor | L* | 92,41 | 0,22 | 92,27 | 0,36 | 92,44 | 0,19 |
| | a* | -0,57 | 0,04 | -0,58 | 0,07 | -0,64 | 0,04 |
| | b* | 10,49 | 0,11 | 10,62 | 0,10 | 10,54 | 0,12 |
| <i>Falling Number</i> (s) | 465 | 21 | 455 | 23 | 445 | 28 | |
| Farinografia | Absorção de água (%) | 57,94 | 0,37 | 57,36 | 0,18 | 57,48 | 0,16 |
| | TDM (min) | 11,67 | 0,33 | 11,44 | 0,37 | 11,56 | 0,53 |
| | Estabilidade (min) | 22,24 | 1,25 | 23,52 | 0,87 | 25,25 | 2,13 |
| | ITM (UF) | 20 | 1 | 19 | 2 | 19 | 2 |
| Alveografia | Tenacidade -P (mm) | 127 | 5 | 123 | 2 | 127 | 6 |
| | Estensibilidade - L (mm) | 44 | 5 | 44 | 2 | 42 | 4 |
| | Relação P/L | 2,90 | 0,42 | 2,79 | 0,11 | 3,11 | 0,46 |
| | Força do glúten W(10 ⁻⁴ J) | 229 | 12 | 223 | 6 | 218 | 14 |

1= média de triplicata para cada tempo de condicionamento; os demais parâmetros a média = nove repetições para cada tempo de condicionamento. DP= desvio padrão; b.s.= base seca; L*= luminosidade; a*e b*=coordenadas de cromaticidade; TDM= tempo de desenvolvimento da massa; ITM= índice de tolerância a mistura.

Nas Tabelas 8, 9 e 10 observou-se que somente os parâmetros amido danificado, absorção, coordenada de cromaticidade a^* e estabilidade apresentaram variação significativa ($P < 0,05$) com o tempo de condicionamento, sendo representadas pelo modelo linear. Entretanto, verificou-se baixo coeficiente de determinação para o parâmetro absorção, servindo o modelo apenas como indicador de tendência de comportamento (Figura 8).

Tabela 8 - Resumo da análise de regressão dos modelos lineares para extração (EXT) e proteína da farinha (ProtF).

| Fontes de variação | GL | QM | |
|---------------------------|-----------|----------------------|----------------------|
| | | EXT | ProtF |
| Tempo | 2 | 1,1389 | 0,0433 |
| Modelo | 1 | 0,5979 ^{NS} | 0,0864 ^{NS} |
| Erro | 7 | 2,3029 | 0,0819 |
| CV (%) | | 2,45 | 2,43 |

GL= graus de liberdade; CV= coeficiente de variação e Média= média das respostas QM= quadrado médio; NS: significativo ao nível de 5% de probabilidade. Análise realizada em triplicata para cada tempo de condicionamento.

Tabela 9. Resumo da análise de regressão dos modelos lineares para parâmetros físico-químicos da farinha de trigo.

| FV | GL | QM | | | | | | | | | |
|-----------------|----|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|
| | | UF | CZF | ADF | GU | GS | IG | L* | a* | b* | FNF |
| Tempo | 2 | 0,0203 | 0,0003 | 0,0487 | 0,0887 | 0,0101 | 0,3262 | 0,073 | 0,0118 | 0,0419 | 950,7777 |
| Modelo | 1 | 0,0040 ^{NS} | 0,0003 ^{NS} | 0,0827* | 0,0835 ^{NS} | 0,0038 ^{NS} | 0,5118 ^{NS} | 0,0197 ^{NS} | 0,0222* | 0,0036 ^{NS} | 1826,8809 ^{NS} |
| Erro | 25 | 0,0101 | 0,0003 | 0,0082 | 0,0650 | 0,0045 | 6,2482 | 1,1993 | 0,0031 | 0,0157 | 596,2047 |
| Falta de ajuste | 1 | | | 0,0148 ^{NS} | | | | | 0,0015 ^{NS} | | |
| CV (%) | | 0,27 | 2,75 | 1,70 | 1,02 | 0,82 | 2,62 | 0,30 | 9,36 | 1,18 | 5,36 |

FV= fontes de variação; GL= graus de liberdade; CV= coeficiente de variação; QM= quadrado médio; NS= Não Significativo ao nível de 5%; *= Significativo ao nível de 5%; UF= umidade; CZF= cinza; ADF= amido danificado; GU= glúten úmido; GS= glúten seco; IG= índice de glúten; L*= luminosidade; a*= coordenada de cromaticidade (eixo verde/vermelho); b*=cromaticidade (eixo azul/ amarelo); FNF= *falling number* da farinha. Análise em triplicada para cada uma das três repetições dos tempos de condicionamento.

Tabela 10. Resumo da análise de regressão dos modelos lineares para parâmetros reológicos da farinha de trigo.

| FV | GL | QM | | | | | | | |
|-----------------|----|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|------------------------|
| | | AA | TDM | EST | ITM | P | L | PL | W |
| Tempo | 2 | 0,8692 | 0,1111 | 20,5559 | 2,4814 | 51,7037 | 23,2592 | 0,2407 | 236,9259 |
| Modelo | 1 | 0,6521* | 0,0238 ^{NS} | 40,6773* | 1,7883 ^{NS} | 10,8359 ^{NS} | 43,3439 ^{NS} | 0,2894 ^{NS} | 438,2248 ^{NS} |
| Erro | 25 | 0,1147 | 0,1857 | 2,2965 | 2,1714 | 26,9739 | 387,1746 | 0,1440 | 119,8161 |
| Falta de ajuste | 1 | 1,0864 ^{NS} | | 0,4346 ^{NS} | | | | | |
| CV (%) | | 0,58 | 3,72 | 6,40 | 7,68 | 4,13 | 9,06 | 12,95 | 4,90 |

FV= fontes de variação; GL= graus de liberdade; CV= coeficiente de variação; QM= quadrado médio; AA= Absorção de água; TDM=Tempo de desenvolvimento da massa; EST= Estabilidade; ITM: Índice de tolerância à mistura; P= Tenacidade; L= Extensibilidade; P/L: = Relação entre a tenacidade e a extensibilidade; W= Força de glúten; NS= Não Significativo ao nível de 5%; *= Significativo ao nível de 5%. Análise em triplicada para cada uma das três repetições dos tempos de condicionamento.

O amido danificado (ADF), a absorção de água (AA), a coordenada de cromaticidade a^* e a estabilidade (EST) foram os parâmetros da qualidade da farinha de trigo que apresentaram correlação significativa ao nível de 5% em relação aos tempos de condicionamento (18, 24 e 36 h), conforme mostrado na Tabela 11.

Tabela 11 - Correlações significativas dos tempos de condicionamento com amido danificado, coordenada de cromaticidade a^* , absorção de água e estabilidade.

| Variável Tempo de Condicionamento | Respostas | | | |
|---|-----------|---------|---------|---------|
| | ADF | a^* | AA | EST |
| r | 0,5073 | -0,4300 | -0,4185 | 0,6175 |
| $Pr > r $ | 0,0069* | 0,0252* | 0,0298* | 0,0006* |

R= coeficiente de determinação; $Pr > |r|$ = probabilidade $> r$ ($p < 0,05$); * Significativo ao nível de 5%. ADF= amido danificado; a^* =coordenada de cromaticidade (eixo verde/vermelho); AA= Absorção de água; EST= Estabilidade.

4.2.1 Moagem Experimental - Taxa de extração das farinhas

A taxa de extração representa o percentual de farinha obtida em relação à quantidade de trigo moído. Neste estudo a extração de extração variou de 61,28% a 62,49% (Tabela 7). Esses valores foram superiores aos obtidos por Santos (2008) no estudo sobre perfil protéico e qualidade em panificação em linhagens de trigo do cerrado brasileiro, o qual variou de 43,12% a 58,10%. Porém, quando comparados com outros autores, os valores encontrados neste estudo foram inferiores. Contudo, estes valores dependem muito do tipo de moinho experimental usado (Bühler MLU 202, Brabender Quadrumat Sênior).

Costa (2003) avaliando a qualidade funcional da farinha, proveniente de trigo nacional e importado, obteve uma extração de 70% de farinha para o trigo argentino com 24 horas de condicionamento. Boyacioglu, Sunter e Boyacioglu (2004) estudando o efeito do tempo e da temperatura de condicionamento na qualidade da farinha de trigo encontrou variações na taxa de extração de 67,4% a 69,1%, com tempos de condicionamento ente 12 a 48 horas. Estudos realizados por Kweon, Martin e Souza, (2009) sobre o efeito do condicionamento na *performance* e funcionalidade da farinha, obtiveram extrações de 69,47 e 70,47% para 3 e 24 horas de condicionamento do trigo, respectivamente.

O tipo de moinho experimental, a umidade inicial, a dureza do grão e o percentual de umidificação são provavelmente os fatores responsáveis por estas diferenças. Os genótipos de grão duro mostram maior índice de extração de farinha comparado aos de grão mole. Na prática observa-se que grãos de trigo mole geralmente provocam embuchamento nos rolos de

moagem, diminuindo o rendimento (GUARIENTI, 1996), embora não seja o caso do presente estudo, pois o grão foi classificado como muito duro. Segundo Restivo (2001) a alta dureza dos grãos é resultante do alto teor de albumina na camada de aleuroma, o tornado mais compacto e pouco permeável, sendo assim, são caracterizados por uma menor taxa de absorção de água no interior do grão, necessitando maior tempo de condicionamento.

4.2.2 Umidade

Os valores obtidos de umidade das farinhas extraídas sob diferentes tempos de condicionamento variaram entre 14,38% e 14,47% (Tabela 7), estando dentro do especificado pela IN nº 08, de no máximo 15%. (BRASIL, 2005).

Segundo Gutkoski e Jacobsen Neto (2002) e Faroni et al. (2002) o teor de umidade constitui-se como um dos principais fatores de aceleração de reações químicas, provocando alterações nas suas características nutricionais, organolépticas e tecnológicas da farinha, sendo importante também na conservação da farinha e nas questões econômica e de processamento. Hamer e Hosney (1998) recomendam para a farinha, teor de umidade de 14%.

Boyacioglu, Sunter e Boyacioglu (2004) estudando o efeito do tempo e da temperatura de condicionamento sobre a qualidade da farinha de trigo utilizando os tempos de 12, 24 e 36 h, à temperatura de 25°C, encontraram teores de umidade para a farinha entre 14,75 e 15,05%, semelhantes aos encontrados no presente trabalho.

4.2.3 Proteína

Os teores protéicos encontrados neste estudo foram de 11,9%, 11,8% e 11,6% para os tempos de 18, 24 e 36 h, respectivamente, os quais encontram-se em conformidade com a Instrução Normativa nº 8 do MAPA (BRASIL, 2005) que estabelece o teor mínimo de proteínas de 7,5%.

Os resultados deste estudo encontram-se também dentro da faixa de 9% a 14% citados por Dubois (1996) e com o recomendado por Quaglia (1991); Hamer e Hosney

(1998) para farinha panificável que deve ser superior a 11,5%. Os percentuais encontrados neste estudo também estão de acordo com Moretto et al. (2002) onde citam que a proteína não deve ser inferior a 7% em base seca. Santos (2008) estudou a relação entre o perfil protéico e a qualidade panificável utilizando farinhas com teores que variaram de 7,47% a 11,53% obtendo resultados satisfatórios

De acordo com Bushuk (1985), o teor de proteínas do grão de trigo varia em função de fatores agronômicos e ambientais enquanto que a qualidade das proteínas é característica do genótipo.

Foi possível observar no presente estudo que a farinha obtida do trigo submetido ao menor tempo de condicionamento foi aquela que apresentou o conteúdo de proteína mais elevado, embora não tenha diferenciado significativamente das demais.

4.2.4 Cinzas

Os resultados encontrados para os teores de cinza foram de 0,65%, 0,64% e 0,64%, para os respectivos tempos de condicionamento de 18, 24 e 36 h, não houve diferença significativa entre as médias. De acordo com a IN nº 08 do MAPA, as farinhas obtidas enquadraram-se no tipo 1. O teor de cinzas é um dos parâmetros de identidade dos tipos de farinha produzida comercialmente no Brasil (BRASIL, 2005).

Segundo Fanan (2006); Kulp e Ponte Junior (2000) o teor de cinzas é um importante parâmetro de qualidade e de eficiência do processo de moagem, sendo considerado um indicativo do grau de extração de farinha de trigo. Quando se trabalha com o mesmo trigo e nas mesmas condições, quanto maior o grau de extração, maior o teor de cinzas. Elevados teores de cinzas em farinhas indicam alta extração com inclusão de farelo, o que é indesejável devido ao fato de propiciar uma cor mais escura, cocção inferior e interferir na continuidade da rede do glúten (FANAN et al., 2006). Farinhas com baixos teores de cinza apresentam melhor cor e absorção de água, bem como qualidade geral de panificação (EL-DASH, [s.d]).

Neste estudo foi observado que o trigo com menor tempo de condicionamento apresentou maior rendimento de farinha e maior teor de cinzas. Esta relação também foi observada nos estudos de Kweon, Martin e Souza, (2009); Boyacioglu, Sunter e Boyacioglu

(2004) estudando o efeito do tempo e da temperatura de condicionamento na qualidade da farinha de trigo.

Santos (2008) em seu estudo, com diferentes linhagens de trigo, não observou a relação entre cinzas e o grau de extração da farinha. Segundo o autor, a utilização do mesmo teor de umidade no condicionamento das diferentes linhagens foi o fator que influenciou os resultados.

4.2.5 Amido danificado

Os resultados obtidos para o teor de amido danificado da farinha correspondente aos tempos de condicionamento de 18, 24 e 36h (Tabela 7) foram 5,27%, 5,26% e 5,38%, respectivamente.

A análise de regressão linear dos resultados foi estatisticamente significativa ($P \leq 0,05$), conforme Tabela 9 e Figura 5. Apesar de ter ocorrido diferença significativa, houve baixa correlação entre o parâmetro amido danificado e os tempos de condicionamento ($r = 0,5073$, $P < 0,01$) (Tabela 11).



Figura 5. Amido danificado da farinha em função do tempo de condicionamento, com equação da reta ajustada.

Gutkoski et al., (2007a) estudaram o efeito do teor de amido danificado na produção de biscoitos tipo semi-duros, utilizando o mesmo tipo de moinho experimental (Chopin) para extração de farinhas, com tempo de condicionamento de 24 h e obtiveram variação de 3,24% a 14,27% de amido danificado. Aquarone *et al.*, (2001), Labuschagne, Claassen e Deventer (1997) e Kulp e Ponte Júnior (2000) recomendam valores de amido danificado de 4 a 8%, 6% a 9% e 7,0% a 8,5% respectivamente, o processo de panificação, auxiliando a hidrólise que ocorre pelas enzimas α e β -amilase.

O amido danificado é formado durante o processo de moagem de trigo à medida que o endosperma é reduzido em partículas menores, pela ação mecânica entre os rolos, alguns grânulos de amido são danificados e isto tem efeito pronunciado nas características de absorção de água na farinha. Grânulos fragmentados produzidos neste processo não apresentam birrefringência e a porcentagem de danificação varia com a sensibilidade da moagem e a dureza do grão de trigo (LABUSCHAGNE; CLAASSEN; DEVENTER, 1997; MORRISON; TESTER, 1994; MORGAN; WILLIAMS, 1995).

De acordo com Labuschagne, Claassen e Deventer (1997) e Morrison et al. (1994), o amido danificado correlaciona-se não só com a variável absorção de água, como também com a velocidade de fermentação, a cor, o volume e a vida de prateleira do pão.

4.2.6 Glúten úmido seco e *index*

Os resultados obtidos de glúten úmido (24,93%, 25,11% e 25,08), glúten seco (8,14%, 8,21% e 8,18%) e glúten *index* (94,98%, 94,92% e 95,28%), respectivamente, para os tempos de condicionamento de 18, 24 e 36 h, indicaram desempenhos similares para os três tratamentos em cada uma destas variáveis, sendo semelhante ao comportamento observado por Boyacioglu, Sunter e Boyacioglu (2004) no estudo sobre o efeito do tempo e da temperatura de condicionamento na qualidade da farinha de trigo, para o tratamento a temperatura de 25°C.

Estudos sobre a relação entre o conteúdo protéico e o glúten úmido de farinhas de trigos comerciais foram realizados por González, Osella e Destefani (1998), os quais observaram que quando o conteúdo protéico é superior a 11%, o valor do glúten úmido pode variar entre 18% e 38%, enquanto o valor do glúten seco varia entre 6,5% a 12,7%. Os

resultados obtidos neste estudo, expressos na Tabela 7, confirmam a relação mencionada pelos autores.

Carvalho Júnior (1999) menciona que a faixa de 24 a 36% de glúten úmido é a faixa recomendada para as farinhas destinadas à panificação. Quanto ao teor de glúten seco, a faixa situa-se entre 7,5 e 14%. Sendo assim, as farinhas correspondentes aos três tratamentos apresentaram-se dentro dos valores recomendados.

A característica principal do glúten é a de dar coerência e aglutinar às células de amido. O glúten, em panificação, é o que retém os gases que se desprendem durante a fermentação por efeito do fermento (TRIGO, 2008).

4.2.7 Número de queda (*falling number*)

Os resultados médios de 465, 455 e 445 segundos, para o número de queda ou *falling number* resultantes dos tempos de condicionamento de 18, 24 e 36h, respectivamente (Tabela 7) indicaram atividade enzimática baixa para a farinha destinada à panificação.

De acordo com Pizzinatto (1997), recomenda-se valor de *falling number* entre 200 e 300 segundos para a farinha de trigo destinada à panificação, o qual enfatiza que o método do número de queda é o método mais rápido e adequado para determinar a atividade da alfa amilase.

Stojceska et al. (2007) estudando a habilidade de várias medidas reológicas e de deformação de massa de trigo para predizer o procedimento de panificação, obtiveram valores de *falling numbers* variando entre 328 e 486 segundos.

Segundo Guarienti (1996), a baixa atividade enzimática não é um problema de difícil solução. Em geral, na formulação dos reforçadores ou melhoradores utilizados em panificação, têm-se enzimas α -amilases fúngicas, com a finalidade de correção dessa deficiência na farinha. No caso do grão, essa correção pode ser feita através da mesclas com trigo que tenha atividade enzimática.

4.2.8 Cor instrumental das farinhas (parâmetros L^* , a^* e b^*)

Os resultados da análise de cor não foram estatisticamente significativos para os parâmetros luminosidade L^* e coordenada de cromaticidade b^* (eixo azul/amarelo) para as farinhas de trigo correspondentes aos tempos de condicionamento 18, 24 e 36 horas (Tabela 9).

A coordenada de cromaticidade a^* (eixo verde/vermelho) apesar de apresentar diferença significativa ($P \leq 0,05$), mostrou baixa correlação ($r = -0,4300$; $P < 0,05$), conforme dados da Tabelas 9 e 11.

Na Figura 6 pode ser visualizada relação inversamente proporcional entre a coordenada de cromaticidade a^* e tempo de condicionamento, ou seja, à medida que o tempo de condicionamento aumentou a cromaticidade a^* diminuiu para uma tonalidade mais escura.

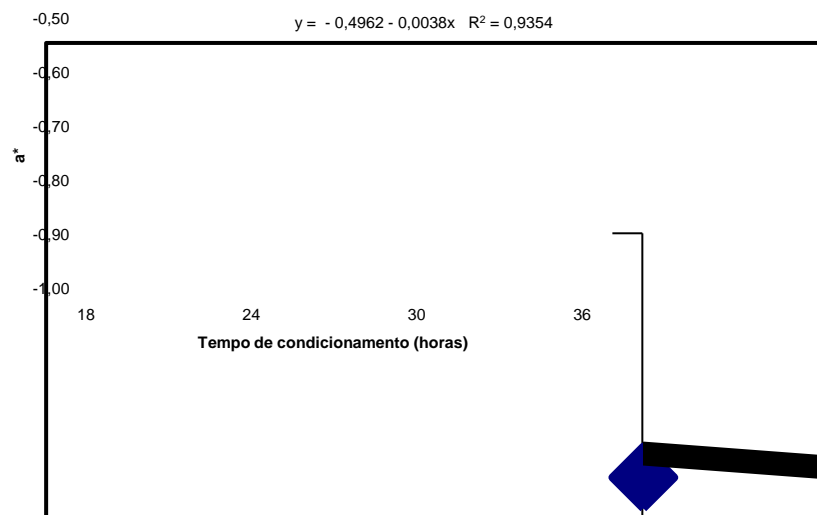


Figura 6. Valor de a^* da farinha em função do tempo de condicionamento, com equação da reta ajustada.

Segundo Pomeranz (1973) a pigmentação na capa de aleurona pode passar para grãos de alguns cereais uma aparência azul, vermelho ou quase preto.

Para o parâmetro a^* recomendam-se valores entre -1 e +1, quanto mais próximo a esta faixa mais clara é a farinha.

Segundo Gutkoski et al. (2007b) a cor da farinha é avaliada pelas medidas de luminosidade e intensidade de amarelo. A luminosidade da farinha é afetada pelo conteúdo de farelo ou material estranho, enquanto a intensidade de amarelo coordenada de cromaticidade b^* está relacionada com a quantidade de pigmentos carotenóides desta cor, presentes no trigo.

A farinha de trigo pode apresentar diferentes colorações, dependendo do conteúdo de pigmentos carotenóides e da atividade da enzima lipoxigenase. Os pigmentos carotenóides são responsáveis pela coloração amarelada da farinha. Já a enzima lipoxigenase oxida os pigmentos da farinha (CIACCO; CHANG, 1982), provocando o seu branqueamento. A cor da farinha está diretamente relacionada com o seu grau de qualidade. Quanto mais branca for à farinha de trigo, maior será sua qualidade. (SILVA, 2003).

4.2.9 Farinografia

Os farinogramas das farinhas obtidas da extração do trigo submetido aos tempos de condicionamento de 18, 24 e 36 horas estão apresentados na Figura 7.

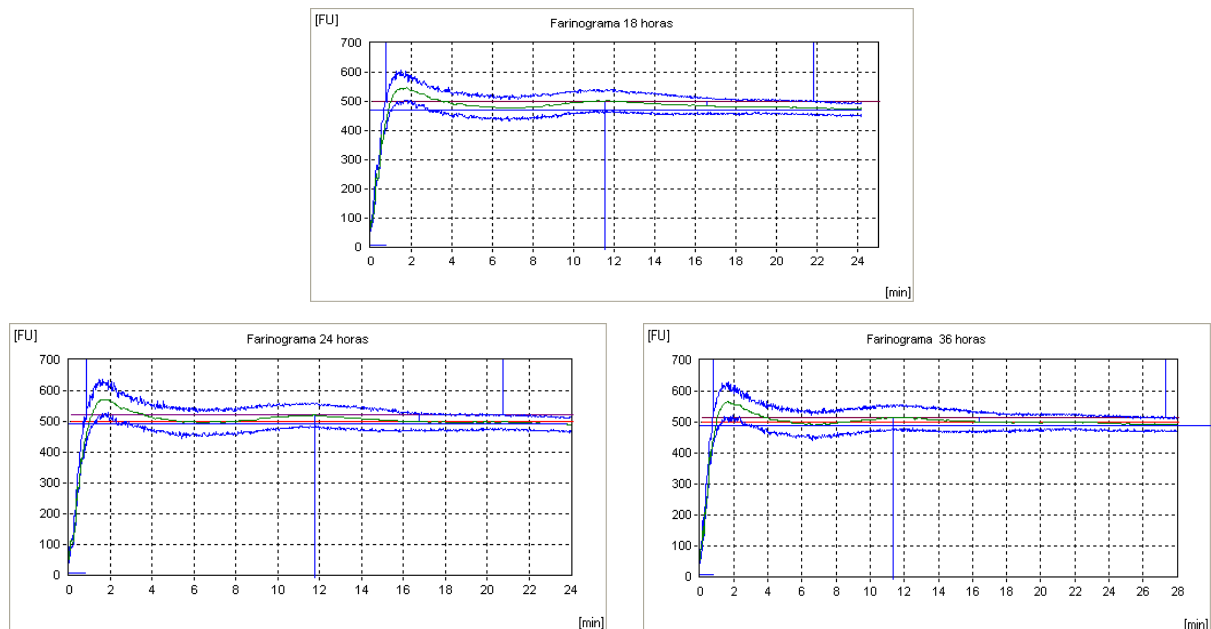


Figura 7. Farinogramas das farinhas obtidas de trigo condicionado em diferentes tempos (18 24 e 36 horas).

Os resultados de absorção de água foram estatisticamente ($P \leq 0,05$) (Tabela 10). A farinha que apresentou maior teor de absorção (57,94%) foi à obtida do trigo com tempo de condicionamento de 18 h. Isso pode ser atribuído ao maior teor de proteína dessa farinha em comparação com as obtidas nos demais tempos (24 e 36 h).

A correlação entre absorção e os tempos de condicionamento foi baixa ($r = -0,4185$; $P \leq 0,05$), conforme Tabela 11.

De acordo com o apresentado na Figura 8, quando o tempo de condicionamento aumentou de 18 h para 36 h a absorção diminuiu significativamente.

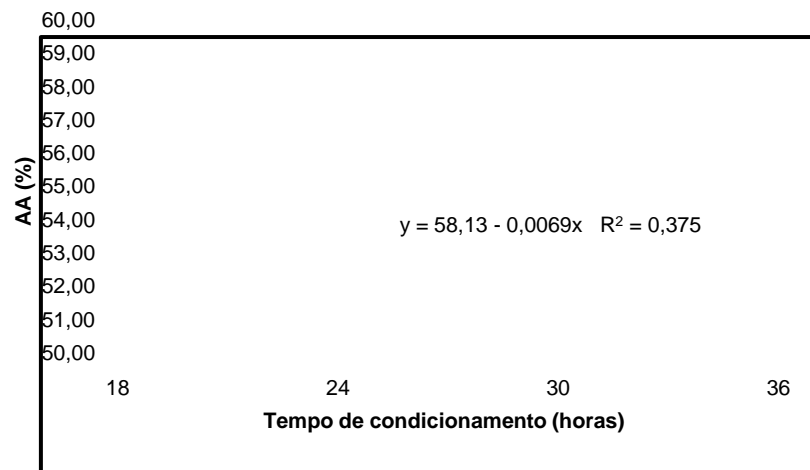


Figura 8. Absorção da farinha em função do tempo de condicionamento, com equação da reta ajustada.

A absorção de água pela farinha depende da qualidade e da quantidade de proteínas na mesma, a faixa de absorção pode variar entre 54 e 65% (SULTAN, 1981). O maior percentual de absorção foi verificado no tempo de 18 horas de condicionamento e isso pode ser em decorrência de um maior teor de proteína (11,90%) ou da taxa da extração (62,49%) do mesmo em relação aos tempos de 24 horas (61,28%) e 36 horas (61,67%).

No trabalho realizado por Costa (2003) as amostras que apresentaram os menores valores de absorção não apresentaram os menores valores para o teor de glúten, resultado semelhante ao encontrado neste trabalho.

Quanto ao parâmetro estabilidade, a análise de regressão foi significativamente diferente nos tempos de condicionamento avaliados, embora com baixa correlação ($r = 0,6175$; $P \leq 0,001$), conforme as Tabelas 10 e 11. O aumento no tempo de condicionamento do trigo resultou em aumento da estabilidade da massa. Na Figura 9, visualiza-se a tendência da variável estabilidade em relação aos tempos de condicionamento.

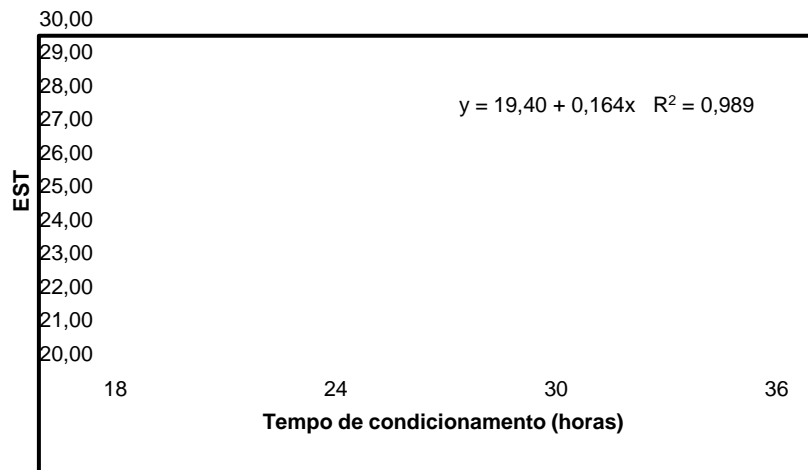


Figura 9. Estabilidade da farinha em função do tempo de condicionamento, com equação da reta ajustada.

O estudo realizado por Stojceska et al. (2007) ratifica os resultados deste estudo. O maior tempo de estabilidade da farinha proveniente de trigo condicionado a 36 horas pode estar relacionado à qualidade do glúten (*índex*) o qual foi superior aos demais tempos de condicionamento. A estabilidade de uma massa está relacionada com a qualidade protéica da farinha. Uma maior estabilidade indica maior resistência ao amassamento e melhor qualidade protéica (INDRANI; RAO, 2007; MARTINEZ; EI-DASH, 1993).

Os valores de estabilidade de massas dependem, em grande parte, do número de ligações cruzadas entre as moléculas de proteínas presentes no glúten, bem como da força destas ligações. As pontes de hidrogênio e as ligações de enxofre desempenham grande importância na formação da estrutura do glúten, pois formam uma rede tridimensional relacionada à extensibilidade, a impermeabilidade ao gás, a elasticidade e ao alto poder de absorção de água da massa (INDRANI; RAO, 2007).

4.2.10 Alveografia

A análise de variância para os parâmetros tenacidade (P), extensibilidade (L), relação tenacidade e extensibilidade (P/L) e força do glúten (W) não diferiram significativamente, ao nível de significância de 5% em relação aos tempos de condicionamento do trigo. Os resultados da alveografia estão apresentados na Figura 10 com a sobreposição das curvas nos três tempos de condicionamento e na Tabela 7, sendo que a força de glúten (W) da farinha foi de $229 \times 10^{-4}J$, $223 \times 10^{-4}J$ e $218 \times 10^{-4}J$, correspondente aos tempos de condicionamento de 18, 24 e 36 h, respectivamente. Observou-se redução na força do glúten com o aumento do tempo de condicionamento, provavelmente esse fato esteja

relacionado com o decréscimo do valor de proteína durante os tempos de condicionamento. Branlard et al. (1991) verificaram que o conteúdo de proteínas correlaciona-se fortemente com a força de glúten. Os resultados de força de glúten observados neste estudo estão de acordo com a faixa recomendada por Guarienti (1996) para produção de pão.

Gutkoski, Filho e Trombeta (2002) estudaram a correlação entre as determinações físico-químicas e reológicas de amostras de grãos e de farinhas do cultivo de trigo Rubi, e identificaram correlação entre a concentração de proteínas do grão e a qualidade tecnológica da farinha, verificada pela força de glúten (W) e relação P/L.

A farinha de trigo segundo Williams et al. (1988), pode ser classificada em média, quando apresenta valores de W menor que $200 \times 10^{-4}J$; em média forte, quando os valores de W variarem entre 201 a $300 \times 10^{-4}J$ e de fortes com W de 301 - $400 \times 10^{-4}J$.

A farinha com valores de P/L menores do que 0,60 pode ser considerada como possuindo glúten extensível; de 0,61 a 1,20 de glúten balanceado, e maior do que 1,21 de glúten tenaz (GUARIENTI, 1996). Para Costa (2003), valores de P/L maiores que 1,0 predomina a propriedade elástica (massa tenaz) e da mesma forma, valores menores (de 0 a 0,9) indicam a formação de uma massa extensível.

Neste estudo as farinhas estão dentro da classificação de glúten tenaz de acordo com Guarienti (1996), pois apresentaram os seguintes valores de P/L entre 2,90, 2,79 e 3,11, respectivamente, para os tempos de condicionamento de 18, 24 e 36h os quais são recomendados para a produção de pão de forma.

Força de glúten (W) e relação P/L, sozinhos, não são suficientes para avaliar a farinha, é preciso analisar os dois parâmetros em conjunto.

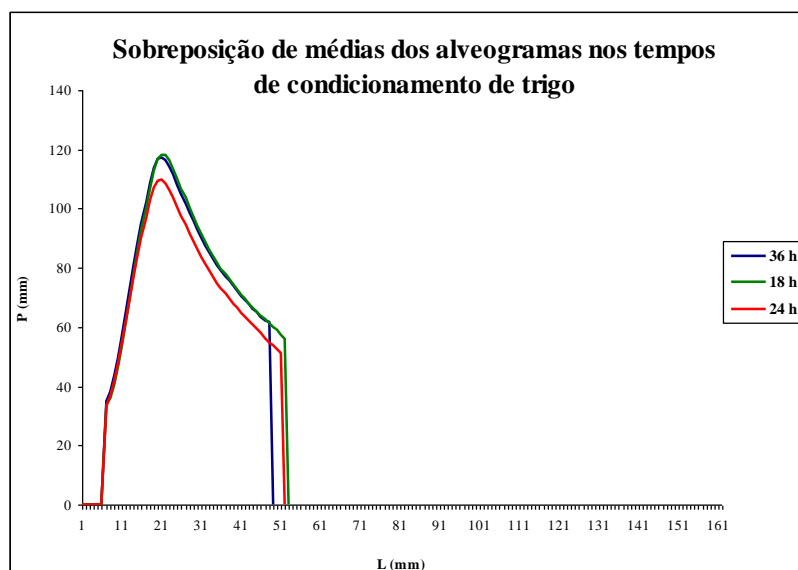


Figura 10 – Sobreposição de médias dos alveogramas nos tempos 18, 24 e 36 horas de condicionamento do trigo

4.2.11 Avaliação global do teste instrumental de panificação - *Baking test*

Na Tabela 12 estão apresentados os resultados analíticos das características externas e internas dos pães, elaborados com farinhas provenientes do trigo submetido aos tempos de condicionamento de 18, 24 e 36 horas e avaliadas pelo *bankig test*.

Tabela 12 - Caracterização dos pães resultante do *baking test*, elaborado com farinhas provenientes do trigo submetido aos diferentes tempos de condicionamento.

| Parâmetro | Pontos (máximo) | Tempos de condicionamento (h) | | | | | |
|---|--------------------|-------------------------------|------|-------|------|-------|------|
| | | 18 | | 24 | | 36 | |
| | | Média | DP | Média | DP | Média | DP |
| Volume específico (cm ³ · g ⁻¹ x 3,33) | 20 | 14,07 | 0,75 | 14,55 | 0,34 | 14,79 | 0,26 |
| Cor da crosta | 10 | 9,67 | 0,29 | 9,67 | 0,29 | 9,50 | 0,43 |
| Quebra | 5 | 5,00 | 0,00 | 5,00 | 0,00 | 5,00 | 0,00 |
| Simetria | 5 | 4,83 | 0,29 | 4,67 | 0,29 | 4,92 | 0,14 |
| Característica da crosta | 5 | 4,17 | 0,14 | 4,92 | 0,14 | 4,83 | 0,29 |
| Cor do miolo | 10 | 7,59 | 0,09 | 7,55 | 0,06 | 7,55 | 0,16 |
| Estrutura da célula do miolo | 10 | 8,83 | 0,52 | 8,83 | 0,14 | 9,17 | 0,14 |
| Textura do miolo | 10 | 9,17 | 0,14 | 8,75 | 0,25 | 9,42 | 0,14 |
| Aroma | 10 | 10,00 | 0,00 | 10,00 | 0,00 | 10,00 | 0,00 |
| Sabor | 15 | 15,00 | 0,00 | 15,00 | 0,00 | 15,00 | 0,00 |
| Avaliação global | 100 | 88,33 | 0,83 | 88,93 | 0,27 | 90,17 | 0,41 |

Média de três testes em duplicata; DP= desvio padrão.

O **volume específico** é o elemento mais objetivo na avaliação de pães, o qual pode influenciar as características de estrutura do miolo, quebra e simetria dos pães (EL-DASH, 1978). Neste estudo, o pão que obteve maior pontuação de volume específico foi o proveniente de farinha obtida do trigo submetido a 36 horas de condicionamento. Este resultado talvez se deva a qualidade do glúten, pois a farinha obteve glúten *index* maior que as farinhas obtidas dos demais tempo de condicionamento (Figuras 9 e 11).

Gupta, Batey e Macritchie (1992) encontraram uma relação diretamente proporcional entre os teores de proteína do glúten (gliadinas e gluteninas) na farinha com os teores de proteínas no grão. Esses autores também observaram um aumento no volume do pão com o aumento da concentração de proteína

A **cor da crosta** neste estudo não teve variação significativa com o tempo de condicionamento, entretanto, o pão que obteve a menor pontuação foi aquele elaborado a partir do trigo que foi submetido a 36 horas de condicionamento. A explicação para este fato, segundo EL-Dash, Camargo e Diaz, (1982) pode estar relacionada com alguma das condições de processamento, como oscilações na temperatura do forno durante o cozimento.

A pontuação de **simetria** obtida neste estudo foi de 4,83, 4,67 e 4,92 para os tempos de condicionamento de 18, 24 e 36 h, respectivamente, indicando que houve manuseio adequado da massa dos pães. A pontuação, principalmente do pão cuja farinha foi oriunda do tempo de 36 horas está bem próxima da máxima que é de 5 pontos. EL-Dash, Camargo e Diaz, (1982) afirmam que um pão assimétrico indica manuseio e processamento inadequado.

O parâmetro **quebra** do pão obteve escore máximo para todos os tempos de condicionamento.

O pão elaborado com farinha proveniente do tempo de condicionamento de 36 horas apresentou o melhor **volume específico** e a melhor **simetria**, e obteve para a **quebra**, média igual às farinhas obtidas nos tempos de condicionamento 18 e 24 horas, totalizando maior pontuação.

Quanto ao **aroma** e ao **sabor**, os técnicos não foram capazes de detectar diferenças nos pães elaborados com as farinhas provenientes dos diferentes tempos de condicionamento. Neste estudo os parâmetros obtiveram as notas máximas de 10 e 15, respectivamente durante a avaliação. Este resultado provavelmente se deve ao fato de que os pães foram elaborados a partir da mesma formulação e que a variável do tempo de condicionamento do trigo não influenciou diretamente nestes parâmetros.

Os parâmetros **quebra**, **aroma** e **sabor** não foram submetidos à análise de regressão, por não apresentarem diferença entre os resultados nos três tempos de condicionamento.

Como se observa na Tabela 13, não houve diferença significativa ($P \geq 0,05$) entre os tempos de condicionamento do trigo (18, 24 e 36 h) para os parâmetros **cor da crosta** e **simetria**, entretanto verificou-se diferença significativa ($P \leq 0,05$) para volume específico, o qual foi ajustado a um modelo linear (Figura 11).

Tabela 13 - Resumo da análise de regressão dos modelos lineares para as características externas (volume específico, cor da crosta e simetria) dos pães resultantes do *baking test*.

| FV | GL | QM | | |
|-----------------------------|----|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | Volume específico | Cor da crosta | Simetria |
| Tempo | 2 | 0,7897 | 0,0555 | 0,0972 |
| Modelo | 1 | 1,3552* | 0,0992 ^{NS} | 0,0486 ^{NS} |
| Erro | 16 | 0,2607 | 0,1049 | 0,1575 |
| Falta de ajuste | 1 | 0,2242 ^{NS} | | |
| Coeficiente de Variação (%) | | 3,53 | 3,37 | 0,81 |

GL= graus de liberdade; QM= quadrado médio; NS= Não Significativo ao nível de 5%; *= Significativo ao nível de 5%.

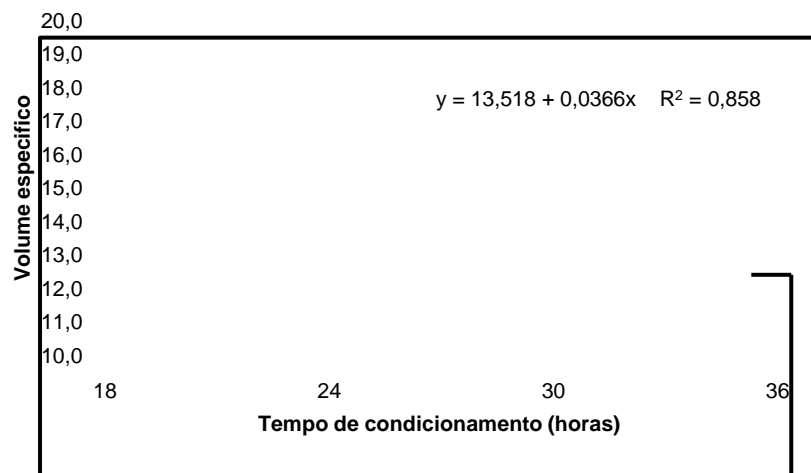


Figura 11 - Volume específico do pão (*baking test*) com equação da reta ajustada.

Na Figura 11 pode ser visualizada relação diretamente proporcional entre o volume específico e os tempos de condicionamento, ou seja, à medida que o tempo de condicionamento aumentou o volume específico também aumentou, indicando que os pães ficaram mais leves (menor densidade).

A **característica da crosta**, de acordo com EL-Dash, Camargo e Diaz, (1982), deve ser fina e não dura. A presença de crosta grossa é atribuída ao açúcar ou ao teor insuficiente de enzimas amilases. Neste estudo, a crosta dos pães provenientes da farinha extraída do trigo submetido ao menor tempo de condicionamento (18 horas), apresentou-se mais espessa, o que levou a uma menor pontuação, isso pode ser atribuído à baixa atividade enzimática da farinha, a qual foi de 465 segundos.

A **cor do miolo** dos pães quando analisada sensorialmente pelos técnicos de panificação apresentou pontuação igual a 7,55 para as farinhas extraídas dos trigos com 24 e 36 horas de condicionamento, tendo pequeno aumento na pontuação de 7,59 para os pães elaborados com a farinha extraída do trigo com 18 horas. O mesmo fato ocorreu com a análise

da cor instrumental. Segundo EL-Dash, Camargo e Diaz, (1982) uma farinha com maior extração tem cor mais escura, devido à presença de partículas da casca. Este fato não foi confirmado neste estudo, pois a farinha que obteve a maior taxa de extração foi a extraída do trigo com tempo de condicionamento de 18 horas, a qual apresentou teor de cinzas semelhante aos demais tempos. Santos (2008), em seu estudo sobre perfil protéico e qualidade panificável não observou relação entre o teor de cinzas e o rendimento da farinha.

Tabela 14 – Análise da cor instrumental do miolo dos pães - *baking test*.

| Parâmetro | | Tempo de condicionamento (h) | | | | | |
|-----------|----|------------------------------|------|-------|------|-------|------|
| | | 18 | | 24 | | 36 | |
| | | Média | DP | Média | DP | Média | DP |
| Cor | L* | 76,12 | 0,93 | 75,60 | 0,52 | 74,90 | 0,57 |
| | a* | 0,45 | 0,17 | 0,49 | 0,17 | 0,61 | 0,09 |
| | b* | 18,39 | 0,20 | 18,33 | 0,31 | 18,58 | 0,16 |

Média de três testes com análise de dois pães; DP= desvio padrão.

Os valores dos parâmetros de cor do miolo dos pães, luminosidade L* e coordenada de cromaticidade a* apresentaram diferença significativa ($P \leq 0,05$) entre os tempos de condicionamento do trigo de 18, 24 e 36 h (Tabela 15), os quais foram ajustados a um modelo linear (Figuras 12 e 13). O tempo de condicionamento não teve influencia significativa ($P \geq 0,05$) sobre o parâmetro coordenada de cromaticidade b*.

Tabela 15 - Resumo da análise de regressão dos modelos lineares para parâmetros de cor do miolo dos pães do *baking test*: luminosidade L*, coordenadas de cromaticidade a* e b*.

| FV | GL | QM | | |
|-----------------------------|----|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | L* | a* | b* |
| Tempo | 2 | 3,3598 | 0,1141 | 0,3188 |
| Modelo | 1 | 6,6429* | 0,1128* | 0,2249 ^{NS} |
| Erro | 43 | 0,4682 | 0,0218 | 0,0568 |
| Falta de ajuste | 1 | 0,0767 ^{NS} | 0,0013 ^{NS} | |
| Coeficiente de Variação (%) | | 0,91 | 28,62 | 1,29 |

GL= graus de liberdade; QM= quadrado médio; NS= Não Significativo ao nível de 5%; *= Significativo ao nível de 5%.

Na Figura 12 pode ser visualizada uma relação inversamente proporcional entre a luminosidade L* e os tempos de condicionamento, ou seja, à medida que o tempo de condicionamento aumentou a luminosidade diminuiu, tendendo para o escurecimento do miolo dos pães, o que também não é interessante sob o ponto de vista comercial.

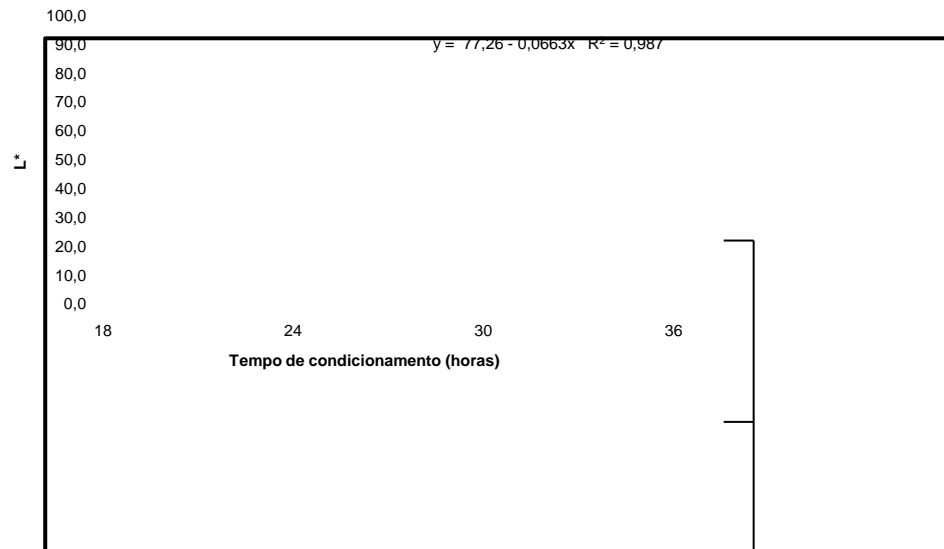


Figura 12 – Valor de L* do miolo dos pães (*baking test*) com equação da reta ajustada.

Na Figura 13, pode ser visualizada uma relação direta entre coordenada de cromaticidade a* e os tempos de condicionamento, ou seja, à medida que o tempo de condicionamento aumentou a coordenada a*, na faixa do vermelho aumentou, tendendo para o escurecimento do miolo dos pães, o que não é interessante comercialmente.

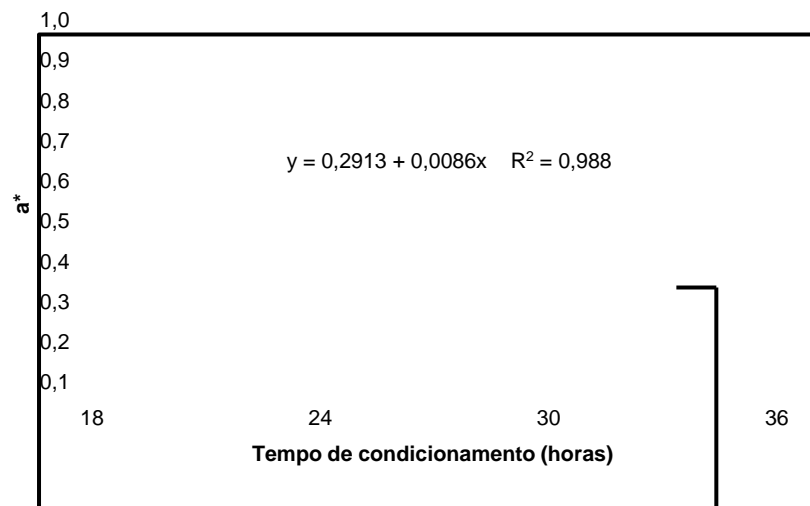


Figura 13 – Valor de a* do miolo dos pães (*baking test*) com equação da reta ajustada.

A pontuação para a **estrutura da célula do miolo** dos pães se manteve igual entre os tempos de condicionamento 18 e 24 horas, havendo um aumento da pontuação para o tempo de condicionamento de 36 horas, ou seja, aumentada de 8,83 para 9,17.

O parâmetro **textura do miolo** dos pães apresentou maior pontuação para o tempo de 36 horas, seguido do tempo de 18 horas de condicionamento.

Para os parâmetros cor do miolo, estrutura do miolo e textura do miolo, não houve diferença significativa ($P \geq 0,05$) entre os tempos de condicionamento do trigo (18, 24 e 36 h). No entanto, verificou-se uma diferença significativa ($P \leq 0,05$) para a característica da crosta e para a avaliação global entre os tempos de condicionamento (Tabela 16). Porém, só foi possível o ajuste da equação para o modelo linear de avaliação global (Figura 14), já que para a característica da crosta houve falta de ajuste significativa ($P \leq 0,05$).

Tabela 16 - Resumo da análise de regressão dos modelos lineares para característica internas (crosta, cor do miolo, estrutura do miolo, textura do miolo) e avaliação global dos pães do *baking test*.

| FV | GL | QM | | | | |
|-----------------------------|----|--------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | Característica da crosta | Cor do miolo | Estrutura do miolo | Textura do miolo | Avaliação global |
| Tempo | 2 | 1,0138 | 0,0032 | 0,2222 | 0,6805 | 5,2789 |
| Modelo | 1 | 0,9534* | 0,0032 ^{NS} | 0,3968 ^{NS} | 0,3968 ^{NS} | 10,5575* |
| Erro | 16 | 0,1218 | 0,0157 | 0,1279 | 0,1175 | 0,5337 |
| Falta de ajuste | 1 | 1,0744* | | | | 0,0004 ^{NS} |
| Coeficiente de Variação (%) | | 7,52 | 1,66 | 3,99 | 3,76 | 0,81 |

GL= graus de liberdade; QM= quadrado médio; NS= Não Significativo ao nível de 5%; *= Significativo ao nível de 5%.

O volume específico, a luminosidade L^* , a cromaticidade a^* do miolo e a avaliação global, foram os parâmetros da qualidade do pão que apresentaram correlação significativa ao nível de 5% em relação aos tempos de condicionamento do trigo (18, 24 e 36 h), conforme apresentado na Tabela 17.

Tabela 17 - Correlação significativa entre os tempos de condicionamento com o volume específico, luminosidade L^* , cromaticidade (a^*) do miolo e avaliação global dos pães do *baking test*.

| Variável Tempo de condicionamento | Resposta | | | |
|---|-------------------|------------------|---------|----------------------|
| | Volume específico | Avaliação global | L^* | a^* |
| r | 0,5774 | 0,7483 | -0,6000 | 0,3436 |
| $Pr > r $ | 0,0121* | 0,0004* | 0,0009* | 0,0793 ^{NS} |

r = coeficiente de determinação; $Pr > |r|$ = probabilidade $> r$ ($p < 0,05$); * Significativo ao nível de 5%; NS = não significativo

O somatório dos totais das características externas e internas, aroma e sabor dos pães, resultou no escore total de avaliação destes, obtidos no teste de panificação instrumental.

Na Figura 14, pode ser visualizada relação direta entre a avaliação global e os tempos de condicionamento, ou seja, à medida que o tempo de condicionamento aumentou houve aumento do escore geral ou avaliação global. Os pães elaborados com as farinhas obtidas três tempos de condicionamento (Figura 15), foram classificadas dentro da faixa de 81 pontos, preconizada por Ferreira (2002) como de boa qualidade.

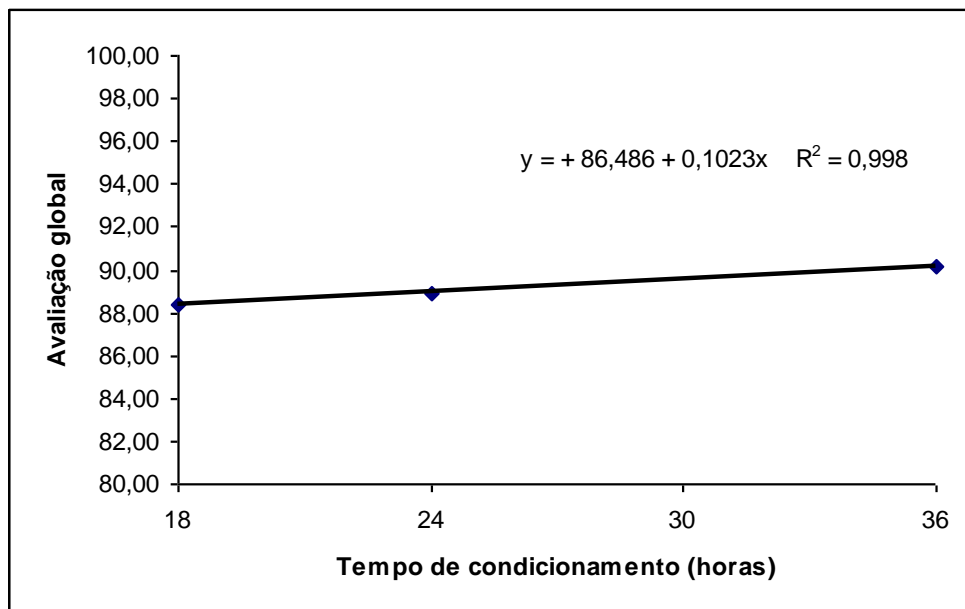


Figura 14 - Avaliação global do pão do *baking test* com equação da reta ajustada.

Na Figura 15 estão apresentados os pães do *baking test* aos tempos de condicionamento de 18, 24 e 36 horas.

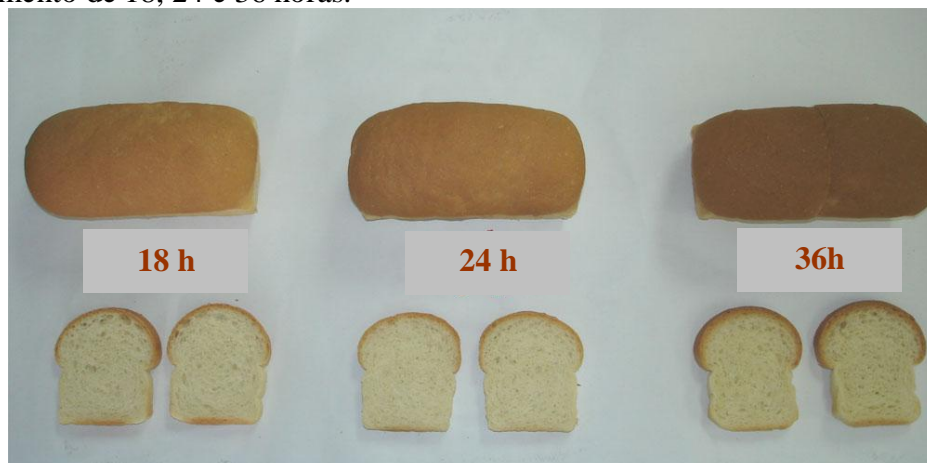


Figura 15 - Imagens do teste instrumental dos pães do *baking test*

4.2.12 Avaliação global do teste de panificação para pão tipo Francês

O teste de panificação é usado como teste decisivo para a avaliação do desempenho da farinha (PRATT, JR. 1978). Apesar de ser um teste subjetivo, o técnico padeiro consegue fazer avaliações seguras sobre a eficiência da farinha na panificação. Segundo Calvel (1987) o teste de panificação permite determinar, de modo preciso, a força e o valor panificável de uma farinha.

Na Tabela 18 estão apresentados os resultados analíticos das características externas e internas do pão francês, elaborado com farinha extraída do trigo submetido aos tempos de condicionamento de 18, 24 e 36 horas.

Tabela 18 - Caracterização do pão francês elaborado com farinhas extraídas de trigo com diferentes tempos de condicionamento.

| Parâmetro | Pontos (máximo) | Tempo de condicionamento (h) | | | | | |
|--|--------------------|------------------------------|------|-------|------|-------|------|
| | | 18 | | 24 | | 36 | |
| | | Média | DP | Média | DP | Média | DP |
| Volume específico ($\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1} \times 3,33$) | 20 | 17,49 | 0,89 | 16,87 | 0,43 | 17,05 | 0,27 |
| Cor da crosta | 10 | 8,33 | 0,31 | 8,80 | 0,35 | 9,00 | 0,00 |
| Quebra | 5 | 4,07 | 0,06 | 3,47 | 0,46 | 4,07 | 0,90 |
| Simetria | 5 | 5,00 | 0,00 | 5,00 | 0,00 | 5,00 | 0,00 |
| Característica da crosta | 5 | 4,00 | 0,00 | 3,87 | 0,23 | 4,43 | 0,49 |
| Cor do miolo | 10 | 8,80 | 0,35 | 9,00 | 0,00 | 9,00 | 0,00 |
| Estrutura da célula do miolo | 10 | 8,07 | 0,70 | 8,00 | 1,00 | 8,33 | 0,58 |
| Textura do miolo | 10 | 8,67 | 0,58 | 8,67 | 0,58 | 9,00 | 0,00 |
| Aroma | 10 | 10,00 | 0,00 | 10,00 | 0,00 | 10,00 | 0,00 |
| Sabor | 15 | 15,00 | 0,00 | 15,00 | 0,00 | 15,00 | 0,00 |
| Avaliação global | 100 | 89,42 | 1,30 | 88,94 | 0,60 | 90,89 | 1,19 |

Média de três testes com análise de cinco pães; DP= desvio padrão.

O **volume específico** foi maior para os pães provenientes da farinha obtida do trigo com 18 horas de condicionamento e menor, para os pães provenientes da farinha obtida da extração de trigo com 24 horas de condicionamento. Conforme Calvel (1987), o volume do pão está relacionado com a força de glúten (W) e a relação entre elasticidade e extensibilidade (P/L) a qual deve ser superior a $150 \times 10^{-4}\text{J}$ e 0,50 respectivamente. Neste estudo, a força do glúten de $229 \times 10^{-4}\text{J}$ da farinha proveniente do trigo com 18 horas de condicionamento foi superior a da farinha proveniente do trigo com 36 horas que foi de $218 \times$

10⁴J, como também a relação (P/L) foi melhor para farinha de 18 horas, o que resultou em maior volume específico para os pães do tempo de 18 horas.

A **cor da crosta** depende dos açúcares existentes na farinha e, sobretudo da sua riqueza enzimática (CALVEL, 1987). A farinha obtida da extração de trigo com 18 horas de condicionamento foi a que apresentou menor atividade enzimática, o que provavelmente explica a coloração mais clara para os pães provenientes desta farinha.

Como pode ser observado na Tabela 19, os diferentes tempos de condicionamentos não influenciaram estatisticamente ($P \geq 0,05$) os parâmetros volume específico e quebra, enquanto verificou-se diferença significativa ($P \leq 0,05$) para cor da crosta. Porém, verificou-se que a falta de ajuste foi significativa, impedindo o ajuste o um modelo linear.

Tabela 19 - Resumo da análise de regressão de modelos lineares para volume específico, cor da crosta e quebra do pão francês.

| FV | GL | QM | | |
|-----------------------------|----|----------------------|---------------|----------------------|
| | | Volume específico | Cor da crosta | Quebra |
| Tempo | 2 | 1,5118 | 1,2388 | 1,8000 |
| Modelo | 1 | 0,8915 ^{NS} | 2,1730* | 0,1285 ^{NS} |
| Erro | 43 | 0,5212 | 0,1194 | 0,3621 |
| Falta de ajuste | 1 | | 0,3047* | |
| Coeficiente de Variação (%) | | 4,21 | 3,95 | 15,56 |

GL= graus de liberdade; QM= quadrado médio; NS= Não Significativo ao nível de 5%; *= Significativo ao nível de 5%.

Os parâmetros simetria, aroma e sabor não foram submetidos à análise de regressão, já que os mesmos não apresentaram diferença entre os resultados nos três tempos de condicionamento do trigo (Tabela 18).

Neste estudo os parâmetros **aroma** e **sabor** obtiveram a nota máxima de 10 e 15, respectivamente durante a avaliação. Estes resultados provavelmente se devem ao fato de que os pães foram elaborados a partir da mesma formulação e que a variável do tempo de condicionamento do trigo não influenciou diretamente estes parâmetros.

Para a **característica da crosta**, os pães provenientes da farinha extraída do trigo com tempos de condicionamento de 36 horas, apresentaram melhor espessura quando comparados com os demais tempos de condicionamento. Isso pode ser atribuído à atividade enzimática da farinha, a qual foi um pouco maior que nos demais tempos de condicionamento.

A **cor do miolo** dos pães quando analisada sensorialmente pelos técnicos de panificação apresentou pontuação igual a 9,0 para as farinhas extraídas dos trigos submetidos a 24 e 36 horas de condicionamento e pontuação de 8,80 para os pães elaborados com a farinha extraída do trigo com 18 horas, porém, essa diferença não foi significativa. De acordo com EL-Dash, Camargo e Diaz, (1982) a cor do miolo é afetada também pela granulidade do miolo, assim a boa pontuação atribuída à cor do miolo, pode estar relacionada com o resultado da avaliação dos parâmetros **estrutura da célula e textura do miolo**, os quais apresentaram o mesmo comportamento para os respectivos tempos de condicionamento.

Os parâmetros **estrutura da célula e textura do miolo** dos pães apresentaram maior pontuação para o tempo de 36 horas de condicionamento. Na Figura 16 pode ser visualizada a relação entre a textura do miolo dos pães com o tempo de condicionamento do trigo.

Como pode ser observado na Tabela 20, os tempos de condicionamento do trigo de 18, 24 e 36 h não influenciaram significativamente ($P \geq 0,05$) na cor e a estrutura do miolo, porém influenciaram significativamente ($P \leq 0,05$) a característica da crosta, textura do miolo e avaliação global. No entanto, só foi possível o ajuste da equação para o modelo textura do miolo (Figura 16), pois os outros parâmetros apresentaram falta de ajuste significativo ($P \leq 0,05$).

Tabela 20 - Resumo da análise de regressão de modelos lineares para característica da crosta, cor do miolo, estrutura do miolo, textura do miolo e total do pão francês.

| FV | GL | QM | | | | |
|-----------------------------|----|--------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------|
| | | Característica da crosta | Cor do miolo | Estrutura do miolo | Textura do miolo | Avaliação global |
| Tempo | 2 | 1,3167 | 0,2000 | 0,2889 | 0,5555 | 14,9270 |
| Modelo | 1 | 1,8893* | 0,2286 ^{NS} | 0,4587 ^{NS} | 0,9921* | 19,4867* |
| Erro | 43 | 0,1258 | 0,0598 | 0,3562 | 0,1578 | 1,7090 |
| Falta de ajuste | 1 | 0,7440* | | | 0,1190 ^{NS} | 10,3674* |
| Coeficiente de Variação (%) | | 8,65 | 2,73 | 7,25 | 4,53 | 1,46 |

GL= graus de liberdade; QM= quadrado médio; NS= Não Significativo ao nível de 5%; *= Significativo ao nível de 5%.

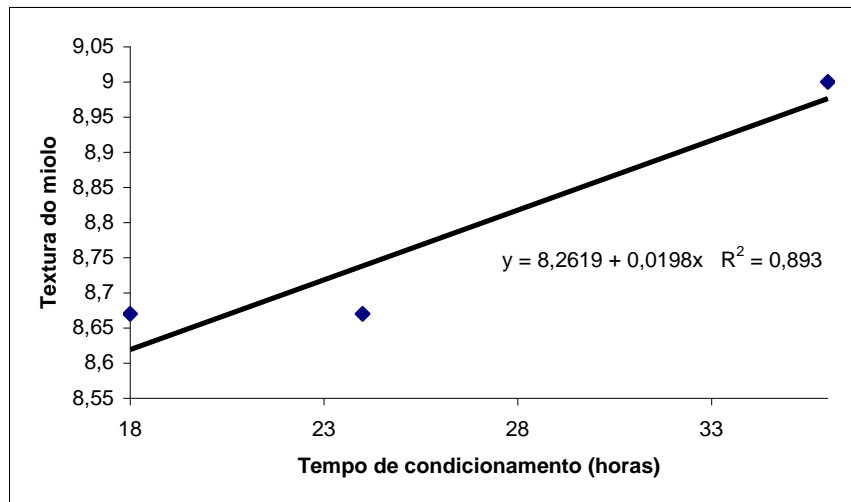


Figura 16 - Textura do miolo do pão francês com equação da reta ajustada.

Na Figura 16 pode ser visualizada relação diretamente proporcional entre a textura e os tempos de condicionamento do trigo, ou seja, à medida que o tempo de condicionamento aumentou a textura também aumentou.

Os pães elaborados com as farinhas obtidas dos três tempos de condicionamento (Figura 17) foram classificados dentro da faixa de 81 a 90 pontos preconizados por Ferreira (2002) como de boa qualidade.

Na Figura 17 estão apresentados os pães tipo francês submetidos aos tempos de condicionamento de 18, 24 e 36 horas.



Figura 17 – Imagens do teste experimental dos pães tipo francês

5 CONCLUSÃO

Os tempos de condicionamento do trigo de 18, 24 e 36 horas não alteraram de forma significativa a taxa de extração de farinha.

Os tempos de condicionamento de 12, 18 e 36 horas influenciaram significativamente somente os parâmetros amido danificado, absorção de água, estabilidade da massa e coordenada de cromaticidade a^* (eixo verde/vermelho). O percentual de amido danificado, a estabilidade da massa e a coordenada de cromaticidade a^* aumentaram com o aumento do tempo de condicionamento, enquanto que a absorção de água da farinha apresentou decréscimo à medida que o tempo de condicionamento aumentou.

Os parâmetros físico-químicos e reológicos (taxa de extração, umidade, proteína, cinzas, glúten, luminosidade L^* , coordenadas de cromaticidade b^* e a^* (eixo azul/amarelo), tempo de desenvolvimento da massa, índice de tolerância a mistura, elasticidade, extensibilidade, força de glúten e a relação elasticidade e extensibilidade das farinhas não foram influenciados pelo aumento do tempo de condicionamento do trigo.

Os pães elaborados pelo teste instrumental de panificação com as farinhas provenientes do trigo com tempos de condicionamento de 12, 18 e 36 horas, obtiveram boa classificação de qualidade com escores totais acima de 88 pontos.

O estudo mostrou que pode ser utilizado o tempo de 18 horas de condicionamento para o trigo argentino, sem perda da qualidade tecnológica da farinha para a panificação, o que pode representar uma economia para os moinhos, contudo, não se pode afirmar que para grãos de outra textura e força de glúten, o comportamento será o mesmo.

Recomenda-se o estudo de outros fatores que possam interferir no condicionamento do trigo, como o percentual de água utilizado para a umidificação, a temperatura da água, a dureza do grão, a umidade inicial do trigo, bem como, outras faixas de tempo de condicionamento.

REFERÊNCIAS

AACC. AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved methods**. 10 ed. Saint Paul: AACC International, Inc, 2000.

AACC. AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. [76-33 Determination of Damaged Starch—Amperometric Method](#). Approved methods. 10 ed. Saint Paul, AACC International, Inc, 2000. Release 2008.

ABITRIGO. **Associação Brasileira da Indústria do Trigo**. Disponível em: <http://www.abitrigo.com.br/estatistica.asp>. Acesso em: 15 de dezembro 2008.

AGROMIL. **História do trigo**. Disponível em: <http://www.agromil.com.br/trigo.html>. Acesso em: 07 de abr. 2007.

ALMEIDA, Augusto Cezar. **Trigo e nutrição** - importância do trigo e seus derivados para a alimentação e saúde humana. Disponível em: <http://www.abitrigo.com.br/curiosidades.asp>. Acesso: 06 ago. 2007.

AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHMIDELL, W.; LIMA, U. A. **Biotechnologia industrial**: biotecnologia na produção de alimentos. 1. ed. São Paulo: Edgar Blücher, v. 4, 2001. p. 365-395.

BELDEROK, B. DONNER, D. A.; MESDAG, H.; MESDAG, J. **Bread-making quality of wheat**: a century of breeding in Europe. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000. 428 p.

BOYACIOGLU, M. H.; SUNTER, M. K.; BOYACIOGLU, D. **Effect of tempering temperature and time on wheat flour quality**. 2004. Disponível em: http://ift.confex.com/ift/2004/techprogram/paper_24068.htm. Acesso em: 04 mar. 2009.

BRANLARD, G.; ROUSSET, M.; LOISEL, W.; AUSTRAN J.C. Comparison of 46 technological parameters used in breeding for bread wheat quality evaluation. **Journal Genetic & Breeding**, v.45, n 4, p.263-280, 1991.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e 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, n. 160-E, p. 33-35, 21 ago. 2001. Seção 1.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 08, de 02 de junho de 2005. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade para a Classificação da Farinha de Trigo. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, n. 105-E, P. 91, 03 jun. 2005. Seção 1.

BUSHUK, W. Flour proteins: structure and functionality in dough and bread. **Cereal Foods World**, v.30, n.7, p.447-451, 1985.

BUTCHER, J.; STENVERT, N. L. Conditioning studies on Australian wheat. I. The effect of conditioning on milling behaviour. **Journal Science Food Agric**, 24,1055-1066, 1973.

CAFÉ, Sônia Lebre.; FONSECA, Paulo Sérgio Moreira da.; AMARAL, Gisele Ferreira.; MOTTA, Maria Fátima dos S. Rosinha.; ROQUE, Carlos Alberto Lourenço.; ORMOND, José Geraldo Pacheco Cadeia produtiva do trigo. **BNDES Setorial**. n. 18, p.193-220, 2003.

CALDEIRA, M. T. M; LIMA, A. L. V.; SEKI, A. H.; RUMJANEK, D. F. Diversidade de trigos, tipificação de farinhas e genotipagem. **Biotecnologia e Desenvolvimento**, São Paulo, p. 44-48, 2003.

CALVEL, Raymond. O pão francês e os produtos correlatos; tecnologia e prática da panificação. Fortaleza: J. Macêdo, 1987. 287 p.

CALVEL, Raymond. Maîtrise du pétrissage et de la fermentation pour l'élaboration d'un pain de qualité. **Industries des Céréales**, Paris: Association pour le progrès des industries des céréales, n.87, p.14-20, avr./juin, 1994.

CARNEIRO, Luciana Maria Terra Alves. **Antecipação da colheita, secagem e armazenagem na manutenção da qualidade de grãos e sementes de trigo comum e duro**. 2003. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp, Campinas, 2003.109 p.

CARVALHO JÚNIOR, Divanildo. **Controle de qualidade de trigo e derivados e tratamento e tipificação de farinhas**. Curitiba: Núcleo de Desenvolvimento e Tecnologia - GRANOTEC DO BRASIL, 1999. 97 p.

_____. **Tecnologia de panificação e formulação de pré-misturas**. Curitiba: Núcleo de Desenvolvimento e Tecnologia, GRANOTEC DO BRASIL, 2000. 79p.

CASTELLO, Philippe. ; POTUS, Jacques. ; BARET, Jean-Luo. ; Nicolas, Jacques. La maturation des farines: aspects biochimiques et technologiques. **Industries des Céréales**, Paris: Association pour le progrès des industries des céréales, n. 108, p 5-13, juin/juil. 1998.

CHOPIN. **Instruction manual laboratory mill CD1**. Villeneuve-la-Garenne: Chopin, 1998. 16 p.

CIACCO, C.F.; CHANG, Y.K. **Tecnologia de massas alimentícias**. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1982. 187p. (Série Tecnologia Agroindustrial, 8)

COSTA, Maria das Graças. **Qualidade funcional da farinha obtida do grão de trigo nacional e importado**. 2003. 59 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição) – Departamento de Nutrição, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.

DELWICHE, S. R. Wheat endosperm compressive strength properties as affected by moisture. **Am. Soc. Agric. Eng.** V.43, p.365-373, 2000.

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

DUBOIS, M. Les farines – caractérisation des farines et des pâtes – Industries des Céréales, Paris: Association pour le progrès des industries des céréales, n. 97, p. 19-30, avr./juin, 1996.

EDWARDS, M.A., OSBORNE, B.G., HENRY, R.J. Investigation of the effect of conditioning on the fracture of hard and soft wheat grain by the single-kernel characterization system: a comparison with roller milling. **Journal of Cereal Science**, v. 46, n. 1, p. 64-74, jul. 2007.

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

EL-DASH, Ahmed A. **Farinha de trigo: Processamento de moagem e sua influência na qualidade da farinha**. Rio de Janeiro- EMBRAPA-CTAA. Informação Técnica, [s.d].

_____. **Fundamentos da tecnologia de moagem**. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio Ciência e Tecnologia, 1982. 349p. (Série Tecnologia Agroindustrial, 5).

EL-DASH, Ahmed A.; CAMARGO, Celina de Oliveira.; DIAZ, Norma Mancilla.
Fundamentos da tecnologia de panificação. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio
 Ciência e Tecnologia, 1982. 349 p. (Série Tecnologia Agroindustrial, 6).

FANAN, Sheila.; MEDINA, Priscila Fratin.; LIMA, Tricia Costa.; FILHO, Julio Marcos.
 Avaliação do vigor de sementes de trigo pelos testes de envelhecimento acelerados e de frio.
Rev. Bras. Sementes, Brasília, v. 28, n. 2, p.152-158, 2006.

FARONI, Lêda R. D.; BERBERT, Pedro A.; MARTINAZZO, Ana P.; COELHO, Enilce M.
 Qualidade da farinha obtida de grãos de trigo fumigados com dióxido de carbono e fosfina.
Rev. Bras. Eng. Agric. Amb., Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 115-119, 2002.

FERREIRA, S. M. R. **Controle da qualidade em sistemas de alimentação coletiva I.** São
 Paulo: Varela, 2002. 163p.

GERMANI, R.; WATANABE, E.; CARVALHO, J. L. V de; BENASSI, V. de T. **Curso de
 controle de qualidade tecnológica do grão e da farinha de trigo.** Rio de Janeiro:
 CTAA/EMBRAPA, 1998. 66p.

GOESAERT, H.; BRUS, K.; VERAVERBEKE, W. S. ; COURTIN, C. M. ; GEBRUERS,
 K. ; DELCOUR, J. A. Wheat flour constituents: how they impact bread quality, and how to
 impact their functionality. **Trends in food science & technology**, vol. 16, n.1-3, p.12-30 ,
 2005.

GONZÁLEZ, R. J.; OSELLA, C. A.; DESTEFANI, E. Relazione tra il contenuto proteico ed
 il glutine umido e secco nei frumenti commerciali. **Tecnica Molitoria**. Pinerolo (Itália), n. 2,
 feb.1998.

GUARIENTI, E. **Qualidade industrial de trigo.** 2. ed. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT,
 1996. 36p.

GUPTA R.B; BATEY I.L; MACRITCHIE F. Relationships between protein composition. and
 functional properties of wheat flours. **Cereal Chemistry**. v.69, n.2 p.125-131. 1992

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

GUTKOSKI, L. C.; FILHO, Otoni Rosa.; TROMBETA, Cassiana. Correlação entre o teor de
 proteínas em grãos de trigo e a qualidade industrial das farinhas. **B.CEPPA**, Curitiba, v.20,
 n.1, p.29-40, 2002.

GUTKOSKI, Luiz Carlos.; PAGNUSSATT, Fernanda Arnhold.; SPIER, Franciela.; PEDÓ, Ivone Efeito do teor de amido danificado na produção de biscoitos tipo semi-duros. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 27, n. 1, jan./mar. 2007a .

GUTKOSKI, Luiz Carlos.; KLEIN, Bruna.; KASTER, Bruna.; GONÇALVES, Fernanda Tormen.; LAMAISON, Franciele do Carmo.; SPIER, Franciela.; FRIEDRICH, Maria Tereza. Armazenamento da farinha de trigo enriquecida com ferro e ácido fólico e seu efeito na produção de pão de forma. **Alim. Nutr.**, Araraquara, v. 18, n. 1, jan./mar. 2007b.

GUTKOSKI, Luiz Carlos.; DURIGON, Angelise.; MAZZUTTI, Simone.; SILVA, Amilton César Telo da.; ELIAS, Moacir Cardoso. Efeito do período de maturação de grãos nas propriedades físicas e reológicas de trigo. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 28, n. 4, out./dez. 2008 .

HAMER, Rob J.; HOSENEY, R. Carl. Interations: the key to cereal quality. St. Paul, AACC, 1998. 173 p.

HOSENEY, R. C. **Principles of cereal: science and technology**. 2 ed. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1998. 378 p.

IBANOGLU, S. Influence of tempering with ozonated water on the selected properties of wheat flour. **J. Food Eng**, v. 48 p. 345-350, 2001.

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

KANG, S., and DELWICHE, S. R. Moisture diffusion modeling of wheat kernels during soaking. **Am. Soc. Agric. Eng.** v. 42, p.1359-1365, 1999.

KANG, S.; DELWICHE, S. R. Moisture diffusion coefficients of single wheat kernels with assumed simplified geometries: Analytical approach. **Am. Soc. Agric. Eng.** v. 43, p.1653-1659, 2000.

KULP, Karel; PONTE JUNIOR, Joseph G.(Ed.). **Handbook of cereal science and technology**. 2 ed. New York: Marcel Dekker, 2000. 790p.

KWEON, Meera; MARTIN, Ron; SOUZA, Edward. Effect of tempering conditions on milling performance and flour functionality. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 86, n. 1, jan./feb. 2009.

LABUSCHAGNE, M. T.; CLAASSEN, A.; DEVENTER, C. S. Biscuit-making quality of backcross derivatives of wheat differing in kernel hardness. **Euphytica**, v. 96, n. 2, p. 263-266, 1997.

LAFIS Consultoria, Análises Setoriais e de Empresas. **Moinhos de trigo**. São Paulo: 2008. 58 p.

MANDARINO, J. M. G. **Aspectos importantes para a qualidade do trigo**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1993. 31p.

MANDARINO, J. M. G. **Componentes do trigo**: características físico-químicas, funcionais e tecnológicas. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1994. 36p.

MARTINÉZ, F.B.; EL DASH, A.A Efeito de la adición de harina instantânea de maíz en las características reológicas de la harina de trigo y elaboración de PAN III. **Arquivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.43, n.4 Supl. DEC. p. 321 – 326, 1993

MEDEIROS, Márcia Maria Leal. **Estudo comparativo das características tecnológicas, panificáveis e sensoriais de farinha de trigo fortificadas com ferro aminoácido quelado e sulfato ferroso**. 2001. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2001. 66 p.

MCKEVITH, B. Nutritional aspects of cereals. British Nutrition Foundation. **Nutrition Bulletin**, v. 29, p. 111-142, 2004.

MIRANDA, Martha Z de; DEMORI, CLÁUDIA; LORINI, IRINEU. **Qualidade do trigo brasileiro – safra 2004**. Passo Fundo Embrapa Trigo, 2005. 92p.

MITTELMANN, A. et al, Herança de caracteres do trigo relacionados à qualidade de panificação. Brasília. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.35, n.5, p. 975-983, 2000.

MONTENEGRO, Flávio M.; ORMENESE, Rita de Cássia S.C. **Avaliação da qualidade tecnológica da farinha de trigo**: conceito. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 2006.

MORETTO, Eliane.; FETT, Roseane.; GONZAGA, Luciano V.; KUSKOSKI, Engênia Marta. **Introdução à ciência de alimentos**. Florianópolis: UFSC, 2002. 255 p. – (Série Nutrição).

MORGAN, J. E.; WILLIAMS, P. C. Starch damage in wheat flours: a comparison of enzymatic, iodometric, and near-infrared reflectance techniques. **Cereal Chemistry**, v. 72, n. 2, p. 200-212, 1995.

MORRIS, Craig. F.; DEMACON, Victor L.; GIROUX, Michael J. Wheat Grain Hardness Among Chromosome 5D Homozygous Recombinant Substitution Lines Using Different Methods of Measurement, **Cereal Chemistry**, v. 76, n.2, p. 249-254, 1999

MORRISON, W. R.; TESTER, R. F. Properties of damage starch granules. II. Crystallinity, molecular order and gelatinisation of ball-milled starches. **Journal of Cereal Science**, v. 19, n. 2, p. 209-217, 1994.

MORRISON, M. J.; TESTER, R. F.; GIDLEY, W. R.; KIRKLAND, M.; KARKALAS, J. . Properties of damage starch granules. III. Microscopy and particle size analysis of undamaged granules and remnants. **Journal of Cereal Science**, v. 20, n. 2, p. 59-67, 1994.

MOUSIA, Zoe.; EDHERLY, Sarah.; PANDIELLA, Severino S.; WEBB, Colin. Effect of wheat pearling on flour quality. **Food Research International**, v. 37, p. 449-459, 2004

NUNES, A. G.; FARIA, A. P. da S.; STEINMACHER, F. R.; VIEIRA, J, T. C. **Processos enzimáticos e biológicos na panificação**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 2006. 16 p.

OLIVER, J.R.; ALLEN, H.M. The prediction of bread banking performance using the farinograph and extensograph. **Journal of Cereal Science**, v.15, n.1, p. 79-89, 1992.

ORTH, R.A.; MANDER, K.C. Effect of milling yield on flour composition and breadmaking quality. **Cereal Chemistry**, v.52, n.3, p.305-314, 1975.

PEÑA, R. J.; ORTIZ-MONASTERIO, J. I.; SAYRE, K. D. Estrategias para mejorar (o mantener) la calidad panadera em trigo de alto potencial de rendimiento. In: KOHLI, M. M.; MARTINO, D. **Explorando altos rendimientos de trigo**. Montevidéo, Uruguai: CIMMYT-INIA, 1998. p. 289-306.

PIZZINATO, A. **Qualidade da farinha de trigo**: conceitos, fatores determinações, parâmetros de avaliação e controle. Campinas: ITAL, 1997. 62p.
 POMERANZ, Y. Structure and mineral composition of cereal aleurone cells as shown by scanning electron microscopy. **Cereal Chemistry**, v. 52, p. 504-511, 1973.

POMERANZ, Y. **Modern cereal science and technology**. New York: VHC Publishers, 1987. 486 p.

POMERANZ, Y. **Wheat**: chemistry and technology. 3. ed. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1988a. 1v. 514p.

POMERANZ, Y. **Wheat** chemistry and technology. 3 ed St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1988b. 2v. 562p.

POMERANZ, Y.; WILLIAMS, P.C. Wheat hardness: its genetic, structural, and biochemical background, measurement, and significance. In: **Advances in cereal science and technology**, v. 10 p. 471-544, 1990. Chapter 8.

POSNER, E. S; HIBBS, A.N. **Wheat flour milling**. 2 ed. St. Paul AACC, 1999. 341 p.

POSNER, E. S. La influencia del tamaño del grano de trigo sobre la aptitud molinería. In: SEMINARIO TECNICO-ECONOMICO DE MOLINERIA, 1990, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: U.S. Wheat Associates, 1990. p. 20-31

PRABHASANKAR P.; SUDHA M.L.; RAO, Haridas P. Quality characteristics of wheat flour milled streams. **Food Research International**, v.33, n. 5, p. 381-386, 2000.

PRATT, D.B. Jr. **Criteria of flour quality**. In: POMERANZ, Y. **Wheat**: chemistry and technology. St. Paul: AACC, 1978. p.201-226.

PYLER, E.J. **Baking: Science & Technology**. 3.ed.. Kansas: Sosland Publishing Company, 1988. v.2.

QUAGLIA, G. **Ciencia e tecnología de la panificación**. Zaragoza: Acríbia, 1991. 485 p.

RESTIVO, G. Note pratiche sul condizionamento del grano: Generic notes on wheat conditioning. **Tecnica Molitoria**, v. 52, n 9, p 889-901, settembre. 2001.

ROSSI, R.M.; NEVES, M.F. (Coord.). **Estratégia para o trigo no Brasil**. São Paulo: Atlas, 2004. 224p.

SANTOS, Leandro Soares. **Perfil protéico e qualidade de panificação em linhagens de trigo desenvolvidas para a região do cerrado brasileiro**. 2008. 65 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.

SAS INSTITUTE INCORPORATION. **The SAS for windows, release 9.1.3**. Cary, 2003.

SILVA, Roberta Claro da. **Qualidade tecnológica e estabilidade oxidativa de farinha de trigo e fubá irradiados**. 2003. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, Piracicaba, SP 2003.

SONG, H. P.; DELWICHE, S. R.; LINE, M. J. Moisture distribution in a mature soft wheat grain by three-dimensional magnetic resonance imaging. **Journal Cereal Science**, v.27, p.191-197, 1998.

STENVERT, N. L.; KINGSWOOD, K. Factors influencing the rate of moisture penetration into wheat during tempering. **Cereal Chemistry**., v. 54, p. 627-637, 1977.

STOJCESKA, Valentina.; BUTLER, Francis.; GALLAGHER Eimear.; KEEHAN, Denise. A comparison of the ability of several small and large deformation rheological measurements of wheat dough to predict baking behaviour. **Journal of Food Engineering**, v. 83, n. 4, dec. 2007.

SUGDEN, T.D. Wheat flour milling, Part 1. In D. A. V.Dendy and B. J. Dobraszczyk eds. **Cereals and Cereal Products: chemistry and technology**. Maryland, USA: Aspen Publishers Inc., 2001. p 140-172.

SULTAN, Willian J. **Practical baking**. 3 ed. Westport- Connecticut: Avi Publishing Company, 1981. 599 p.

TEDRUS, Guilherme de A. S.; ORMENESE, Rita de Cássia S. Celeste.; SPERANZA, Sandra; CHANG, Maria Yoon K.; BUSTOS, Fernando M. Estudo da adição de vital glúten à farinha de arroz, farinha de aveia e amido de trigo na qualidade de pães. **Revista Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v.21, n. 1, p. 20-25, 2001.

THE WORLD Agricultural Supply and Demand Estimates. **Ethanol Market**, Lexington, KY, n.460, jul. 2008. Disponível em: <http://www.ethanolmarket.com/PressReleaseUSDA071108>. Acesso em: 07 mar. 2009.

TRIGO argentino **relatório institucional sobre sua qualidade** safra 2007/2008. 2008. p. 22-27.

UFRGS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. **Fluxograma de farinha de trigo**. Disponível em: http://www.ufrgs.br/Alimentus/feira/prcerea/farinha_tr/processamentop.htm. Acesso em: 10 mar. 2007.

VIALÁNES, Jean Pierre. **Manual de Tecnologia de Moagem**. 2 reimp. Fortaleza: SENAI-CE/CERTREM, 2005. v. 1, v. 2 (parte) v. 5 il. (Manual de Tecnologia de Moagem 5). 604 p.

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

WILLIAMS, P.; EL-HARAMEIN, F. J.; NAKKOUL, H.; RIHAWI, S. **Crop quality evaluation methods and guidelines**. 2. ed. Aleppo, Syria: ICARDA, 1988. 145p.

WILLM, C. Comportement em mouture de 9 varié de blé tendre. Influence de la dureté et de lápport azote (1ªparti). **Industries dès Céréales**, Paris: Association pour lê progrès dès industries dès céréales, n. 92, p. 18, oct. 1995.