



**EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA**  
Vinculada ao Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária - MARA  
**CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA - CNPSO**  
Londrina, PR

# ASPECTOS IMPORTANTES PARA A QUALIDADE DO TRIGO





**REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL**

presidente

ITAMAR AUGUSTO CAUTIERO FRANCO

ministro da agricultura, do abastecimento e da reforma agrária  
DEJANDIR DAL PASQUALE

**EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA**

presidente

MURILO FLORES

diretores

ELZA ANGELA BATTAGGIA BRITO DA CUNHA

JOSÉ ROBERTO RODRIGUES PERES

MÁRCIO DE MIRANDA SANTOS (interino)

**CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA**

chefe

FLÁVIO MOSCARDI

chefe adjunto técnico

ÁUREO FRANCISCO LANTMANN

chefe adjunto administrativo

SÉRGIO ROBERTO DOTTO

Exemplares desta publicação podem ser solicitados ao:

**Setor de Editoração do CNPSo**

Caixa Postal 1061 - CEP 86.001-970

Fone: (043) 320-4166 - Fax: (043) 320-4186

Londrina, PR

As informações contidas neste documento somente  
poderão ser reproduzidas com a autorização expressa  
do Setor de Editoração do CNPSo.

(Documentos, 60)

ISSN 0101-5494



**EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA**  
Vinculada ao Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária – MARA  
**CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA – CNPSo**  
Londrina, PR

# ASPECTOS IMPORTANTES PARA A QUALIDADE DO TRIGO

*José Marcos Gontijo Mandarino*

Londrina, PR  
1993

**comité de publicações**

GEDI JORGE SFREDO  
CARLOS CAIO MACHADO  
IVAN CARLOS CORSO  
JOSÉ RENATO B. FARIAS  
MILTON KASTER  
PAULO ROBERTO GALERANI  
IVANIA APARECIDA LIBERATTI

**setor de editoração**

CARLOS CAIO MACHADO – responsável  
DIVINA M. BOAVENTURA – digitação  
EDNA DE S. BERBERT – digitação  
SANDRA REGINA – composição  
SARA PICCININI DOTTO – revisão  
DANILO ESTEVÃO – arte final  
HÉLVIO B. ZEMUNER – fotomecânica  
AMAURI P. FARIAS – impressão e acabamento

**capa**

DANILO ESTEVÃO

**fotos da capa**

VERA LÚCIA EIFFLÈR – CNPFlorestas

**tiragem**

2.500 EXEMPLARES

---

MANDARINO, J.M.G. Aspectos importantes para a qualidade do trigo. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1993. 32p. (EMBRAPA-CNPSO. Documentos, 60).

1.Trigo-Grão-Qualidade. 2.Trigo-Grão-Protetina. 3.Tecnologia de alimentos. 4.Trigo-Farinha. 5.Trigo-Nutrição humana. 6.Trigo-Valor nutritivo. 7.Trigo-Grão-Característica química. 8.Trigo-Grão-Característica física. 9.Trigo-Índices de qualidade. I.Título. II.Série.

CDD 664.722

## ***Apresentação***

A recente mudança da política de comercialização do trigo nacional, passando da compra estatal para a iniciativa privada, motivou novos conceitos na valorização do produto.

O conceito de peso do hectolitro, utilizado até bem pouco tempo como critério básico na compra do cereal, passou a ter valor secundário. Em substituição, as indústrias compradoras passaram a considerar os conceitos de qualidade industrial ou de panificação. Conceitos estes, muito utilizados nos países com comercialização privada e, principalmente, exportadores de trigo.

Dentro deste novo enfoque comercial e industrial, faz-se necessário um melhor esclarecimento aos diferentes segmentos da sociedade que compõem o complexo agro-industrial do trigo, sobre os novos fatores componentes que influenciam na comercialização do cereal.

Com este objetivo, o Centro Nacional de Pesquisa de Soja apresenta este documento, resultado de uma revisão bibliográfica, a fim de esclarecer e orientar os diferentes segmentos envolvidos na produção e comercialização do trigo no país.

***Flávio Moscardi***  
Chefe do CNPSo

# Sumário

1	Introdução	7
2	As Proteínas do Trigo e sua Qualidade	8
3	Capacidade de Panificação	10
4	Qualidade Fermentativa da Farinha	11
5	Análises para determinação da Qualidade dos Trigos	12
5.1	Análises físicas	13
5.1.1	Presença de impurezas	13
5.1.2	Peso específico	13
5.1.3	Peso de 1000 grãos	14
5.2	Análises físico-químicas	14
5.2.1	Umidade	14
5.2.2	Resíduo mineral ou cinzas	15
5.2.3	Proteínas	15
5.2.4	Índice de sedimentação de Zeleny	16
5.2.5	Índice de Sedimentação com SDS	16
5.2.6	Extração do Glúten	18
5.2.7	Índice de Queda de Hagberg (Falling Number)	19
5.3	Análises Tecnológicas	20
5.3.1	Alveograma	20
5.3.2	Mixograma	23
5.3.3	Farinograma	24
5.3.4	Índice de Pelshenke	24
5.3.5	Teste de Panificação	24
6	Qualidade dos Trigos Duros	25
7	Influência do Genótipo na Qualidade do Trigo	27
8	Influência do Ambiente e das Técnicas de Cultivo na Qualidade do Trigo	28
9	Literatura Consultada	30

# **Aspectos Importantes para a Qualidade do Trigo**

*José Marcos Gontijo Mandarino<sup>1</sup>*

## **1 INTRODUÇÃO**

O conceito de qualidade, em relação ao trigo, está intimamente relacionado com o destino industrial da farinha produzida, a partir desse grão. Assim sendo, os parâmetros de qualidade variam de acordo com os diversos tipos de trigo cujas farinhas têm utilização industrial diferente - farinhas para panificação, para bolos e biscoitos e outros produtos de confeitarias e para produção de massas e pastas alimentícias. A qualidade de um determinado tipo de trigo não pode ser avaliada a partir de um único parâmetro ou propriedade. Ela não depende somente das características físico-químicas do grão, mas também do sistema de moagem utilizado para a produção da farinha, das características físicas da massa e do processamento empregado para a obtenção do produto final.

Existem índices de qualidade mínimos, que irão estabelecer limites, abaixo dos quais o trigo será considerado impróprio para ser utilizado na panificação ou na indústria de massas e pastas alimentícias. Esses índices físicos e químicos devem ser utilizados na caracterização das diferentes cultivares de trigo (farinhas) direcionando, assim, sua utilização pela indústria de alimentos e, ainda, no estabelecimento dos preços mínimos de comercialização. Através desses índices, uma farinha pode ser avaliada quanto ao seu destino industrial.

---

<sup>1</sup> *Bioquímico, M.Sc., pesquisador da EMBRAPA-Centro Nacional de Pesquisa de Soja (CNPSo), Caixa Postal 1061, CEP 86001-970, Londrina, PR.*

A qualidade do trigo tem grande importância pois dela irão depender o seu preço e demanda. Deve ser, portanto, um objetivo tanto dos agricultores quanto dos moinhos, dos panificadores e da indústria de massas e pastas.

A qualidade de uma determinada cultivar de trigo é o resultado de uma série de fatores, tais como as características genéticas, as condições edafoclimáticas e as técnicas de cultivo, que irão influenciar a planta e a composição do grão.

## **2 AS PROTEÍNAS DO TRIGO E SUA QUALIDADE**

A qualidade de um trigo depende da quantidade e da qualidade das proteínas presentes no grão.

O conteúdo protéico presente nos grãos depende de fatores genéticos e das condições ambientais em que a planta foi cultivada.

A qualidade das proteínas é função, principalmente, da composição aminoacídica e está ligada ao genótipo sendo, portanto, hereditária e depende da cultivar.

O conteúdo protéico, bem como os demais componentes não protéicos do grão, são expressos em teores percentuais. Assim sendo, uma alteração na composição afeta a magnitude do teor protéico percentual.

Dependendo da cultivar, o teor de proteínas pode variar de sete a 17%, considerando que os grãos possuam um teor de umidade igual a 14%. Normalmente, o teor protéico é determinado pelo método de Kjeldahl, pelo qual determina-se o teor de nitrogênio, que é convertido em proteína, através de um fator. Para as proteínas do trigo, esse fator de conversão é igual a 5,7.

As proteínas do trigo foram classificadas em cinco frações: albuminas (6 a 10%) e globulinas (6 a 10%) ou proteínas solúveis em água, gliadinas (35%) e gluteninas (35%) ou proteínas insolúveis em água e o resíduo protéico (10%).

O glúten é constituído pelas frações hidratadas de gliadinas e gluteninas e pelo resíduo protéico. As gliadinas conferem extensibilidade enquanto as gluteninas e o resíduo protéico, elasticidade à massa. O glúten é responsável pela estrutura do pão. Forma uma rede elástica e contínua, que retém o gás carbônico liberado durante o processo de fermentação da

massa pelas leveduras, permitindo, assim, sua expansão. A elasticidade é uma propriedade característica do glúten de trigos próprios para a panificação. Ela não ocorre no glúten dos trigos denominados "duros", que são próprios para a produção de pastas alimentícias. Assim sendo, o trigo é o único cereal cuja farinha possui essas características e, portanto, é o único que apresenta aptidão panificadora.

Os teores de gliadinas e gluteninas são importantes para a qualidade do trigo e a relação de proporção entre essas proteínas determina as diferentes características do glúten dos diversos tipos de trigo. As gliadinas apresentam estrutura globular e as gluteninas estrutura fibrosa.

Várias teorias tentam explicar a formação da rede de glúten. Dentre as mais aceitas está aquela que descreve as gluteninas como as formadoras das "malhas" da rede e as gliadinas ficariam "aprisionadas" entre as fibras de gluteninas. As gliadinas seriam responsáveis pelo volume do pão. Assim sendo, elas controlam a elasticidade e conferem extensibilidade à massa. As farinhas de trigo mais extensíveis são aquelas que possuem maior teor de gliadinas. As gluteninas são responsáveis pelo desenvolvimento da massa.

As proteínas solúveis (albuminas e globulinas) não participam da formação da rede de glúten e, conseqüentemente, da estrutura do pão. Entretanto, elas desempenham um papel importante no processo de panificação servindo como fonte protéica para as leveduras, durante a fermentação da massa.

Ao adicionar água à farinha de trigo para formação da massa, suas proteínas se hidratam formando uma película que se torna impermeável e extensível. Entretanto, a massa formada não é somente uma mistura de proteínas e água, dela participam também outros constituintes da farinha, como carboidratos e lipídeos, o que permite a formação de uma estrutura adequada para o processo de amassamento. Esse processo de amassamento é um fator essencial pois, se for insuficiente, não ocorrerá uma organização adequada das proteínas. Entretanto se houver excesso, as proteínas poderão ser desnaturadas, devido ao rompimento de suas cadeias formadoras, perdendo, assim, sua estrutura e, conseqüentemente, sua capacidade panificadora. O teor e a qualidade das proteínas presentes num determinado tipo de farinha de trigo, são fatores importantes que irão determinar o tempo e a energia empregada durante o processo de amassamento. As farinhas com alto teor de proteínas de boa qualidade necessitam de um

tempo maior e mais energia, durante o amassamento, do que aquelas com baixos teores e com proteínas de baixa qualidade, pois suas cadeias são mais suscetíveis ao rompimento durante essa operação.

O conteúdo de lipídeos na farinha de trigo está em torno de 2,0% e, apesar desse baixo teor, têm uma participação importante na formação da estrutura da massa, pois interagem tanto com as proteínas quanto com o amido. Quando a farinha é hidratada, ocorre a ligação dos lipídeos com as proteínas o que auxilia na estruturação da massa e, conseqüentemente, na retenção de gás carbônico. As farinhas desengorduradas não podem ser utilizadas para a produção de pães.

Dentre os açúcares presentes na farinha, as pentoses com um teor em torno de 2 a 3%, formam ligação entre as proteínas e o amido. Participam da estruturação da massa aumentando sua capacidade de hidratação e consistência.

Em resumo, o mais importante na qualidade do trigo é a qualidade de suas proteínas. Embora haja uma interação entre qualidade e quantidade. Dentro de uma mesma cultivar, as amostras de trigo, com maior teor porcentual de proteínas, possuem qualidade melhor do que aquelas com menor teor protéico. Entretanto, entre cultivares diferentes, nem sempre as que possuem maior teor protéico possuem, também, melhor qualidade panificadora. Há cultivares cujo teor protéico é menor do que outras, mas suas proteínas apresentam qualidade superior.

### **3 CAPACIDADE DE PANIFICAÇÃO**

A capacidade de panificação representa a "aptidão" de uma farinha de trigo em produzir pães de boa qualidade e está relacionada com o processo de moagem de grãos, que, por sua vez, depende da textura do endosperma. A moagem irá determinar o rendimento e a cor da farinha. A textura do endosperma é uma característica genética que pode ser ligeiramente modificada pelos efeitos edafoclimáticos e pela fertilização. Dependendo da textura do endosperma, podem ser obtidos diferentes tipos de farinha, com utilização específica para cada uma.

O rendimento da moagem, em termos de farinha, é influenciado pelo peso específico dos grãos e está relacionado com o volume do endosperma.

Esse rendimento poderá sofrer reduções caso o trigo tenha sofrido estresse hídrico ou sido afetado por doenças.

A cor da farinha dependerá da cultivar de trigo utilizada para sua obtenção, das condições edafoclimáticas em que foi produzido e do tipo de grão. Essa cor pode sofrer alterações causadas pelo desenvolvimento inadequado dos grãos ou através de degradação causada por fatores climáticos.

#### **4 QUALIDADE FERMENTATIVA DA FARINHA**

A qualidade fermentativa da farinha depende, principalmente, do estado em que se encontram os grânulos de amido, principal componente do endosperma do grão de trigo e das enzimas amilolíticas alfa e beta amilases.

Na produção de pães, o amido será hidrolizado pela ação das enzimas amilolíticas produzindo  $\text{CO}_2$ , que participa na formação da estrutura do miolo do pão. Entretanto, para que essa ação enzimática ocorra, é preciso que os grânulos de amido, presentes na farinha de trigo, tenham sofrido alterações na sua estrutura. Essas alterações (rompimento dos grânulos) ocorrem durante o processo mecânico da moagem dos grãos de trigo. A porcentagem ideal de grânulos de amido rompidos, numa farinha de trigo destinada à panificação, é de 4%. Assim sendo, os rolos dos moinhos devem ser ajustados para que, ao final da moagem, a farinha apresente uma porcentagem de grânulos de amido rompidos em torno de 4%. Esta é a porcentagem ideal para o ataque enzimático e produção de  $\text{CO}_2$  durante o processo de fermentação da massa. Se a porcentagem de grânulos danificados numa farinha for superior a 4%, haverá um ataque enzimático severo com a conseqüente produção de excesso de  $\text{CO}_2$ , que irá acarretar problemas na estrutura do pão. Caso esta porcentagem de grânulos danificados seja inferior a 4%, o ataque enzimático será insuficiente e a produção de  $\text{CO}_2$  reduzida e a massa não irá "crescer" adequadamente durante a etapa de fermentação. Dentre as enzimas amilolíticas destacam-se as alfa e beta amilases. Atuam sobre a amilose e amilopectina que constituem o grânulo de amido e sua atividade é função de certos parâmetros, como pH e teor de umidade do meio. São inativadas em determinadas temperaturas, que variam para cada uma delas (alfa-amilase acima  $70^\circ\text{C}$ , beta-amilase acima de  $60^\circ\text{C}$ ), em função de suas proteínas constitutivas.

A atividade enzimática das amilases pode ser visualizada e medida através das mudanças ocorridas com a viscosidade da massa, quando a farinha de trigo é misturada com água. A atividade da alfa-amilase é a mais importante para o processo de panificação e os níveis de atividade variam de acordo com a variedade de trigo. Geralmente, as alfa-amilases presentes nos chamados "trigos de primavera" apresentam uma atividade muito menor do que aquelas presentes nos "trigos de inverno". No Brasil, somente são semeados os "trigos de primavera", mas há uma pequena variação quanto à atividade das amilases, entre as cultivares utilizadas. A atividade da alfa-amilase ocorre, principalmente, durante as fases iniciais da panificação. Como a estrutura da massa é muito importante na panificação, um pequeno excesso de alfa-amilase pode tornar a massa "pegajosa", devido à modificação na viscosidade. Um teor muito elevado causa uma "quebra" completa na estrutura da massa.

Assim sendo, os trigos que apresentem uma elevada atividade de alfa-amilase não devem ser utilizados na fabricação de pães. Portanto, os laboratórios de controle de qualidade dos moinhos devem realizar análises químicas para determinar a atividade enzimática (alfa-amilase) nas farinhas. Definindo assim, a sua venda e utilização. Para a indústria de bolos e biscoitos (confeitarias), as farinhas com níveis mais elevados de atividade de alfa-amilase podem ser utilizadas devido à maior adição de açúcar e gorduras e menor de água, na formulação desses produtos.

## **5 ANÁLISES PARA DETERMINAÇÃO DA QUALIDADE DOS TRIGOS**

As qualidades físicas de uma massa para panificação dependem da chamada "força da farinha", que é a maior ou menor capacidade de uma farinha em hidratar-se. Atualmente, há uma tendência para a utilização de farinhas mais fortes. A qualidade das farinhas de trigo e suas características próprias para a produção dos seus diferentes produtos derivados são determinadas através de diversas análises ou testes de qualidade:

- Análises das características físicas dos grãos e farinhas;
- Análises das características químicas e bioquímicas dos grãos e farinhas;
- Análises tecnológicas baseadas nas características reológicas da massa, com e sem adição de leveduras e com hidratação constante ou variável.

## **5.1 Análises físicas**

### **5.1.1 Presença de impurezas**

As impurezas são os elementos estranhos e indesejáveis presentes num lote ou numa amostra de grãos de trigo. O teor de impurezas é expresso em porcentagem. Nessa categoria, enquadram-se os grãos de trigo que apresentam alterações, grãos de outras culturas, sementes de plantas daninhas e elementos de origem orgânica ou inorgânica. Dentre os grãos de trigo alterados, são consideradas impurezas os grãos danificados por doenças, grãos atacados por pragas ou insetos, grãos quebrados, grãos queimados durante o processo de secagem e grãos germinados. As sementes de outras espécies ou de plantas daninhas são denominadas "grãos estranhos" e podem constituir-se num problema de saúde pública, quando contém substâncias tóxicas em sua composição.

### **5.1.2 Peso específico**

O peso específico é também denominado peso do hectolitro ou, ainda, densidade aparente. Representa o peso dos grãos por unidade de volume (quilogramas/hectolitro). O peso do hectolitro é um índice muito antigo e era utilizado como medida para a venda do trigo durante a época em que era vendido por volume. Vários estudos evidenciaram que diferentes fatores eram causas de erro na determinação desse índice, como por exemplo: 1) os espaços vazios entre os grãos e entre estes e as paredes do recipiente de medida; 2) o teor de umidade dos grãos e; 3) o tipo e a quantidade de impurezas presentes na amostra.

Entretanto, o peso específico ainda é utilizado como medida nos contratos comerciais de compra e venda de trigo na Europa e América Latina. Inclusive é adotado pela Comunidade Econômica Européia (CEE) nos seus contratos comerciais.

O peso específico é um índice que reflete o rendimento dos grãos em farinha ou sêmola. Esse rendimento será mais elevado quanto maior for o peso do hectolitro da amostra.

Existem valores mínimos desse índice estabelecidos para os trigos moles e trigos duros, sendo que os valores, para o segundo tipo, são mais elevados.

### **5.1.3 Peso de 1000 grãos**

Este índice está relacionado com a produtividade e com a qualidade dos grãos. É um dos parâmetros empregados em experimentos agrônômicos que avaliam diferentes cultivares. Através deste índice, é possível caracterizar uma cultivar e, ainda, evidenciar os problemas ocorridos com os grãos durante sua formação. Bem como estudar a influência de diferentes práticas culturais utilizadas e, também, a influência das condições climáticas durante o cultivo, que em conjunto, irão alterar o peso de 1000 grãos.

## **5.2 Análises físico-químicas**

### **5.2.1 Umidade**

A umidade é um índice de importância tecnológica e analítica. O teor de umidade dos grãos irá definir o momento propício para a colheita, o tempo e a temperatura adequados para se promover a secagem dos grãos e o condicionamento do grão para sua transformação industrial (moagem). Do ponto de vista analítico, o conhecimento do teor de umidade é importante para estabelecer uma base que expresse os resultados das análises químicas como, por exemplo, expressar os resultados em base de matéria seca ou conteúdo de umidade padrão. O valor comercial do trigo depende do teor de umidade que ele apresenta, havendo, portanto, diferenças econômicas de acordo com o teor de umidade dos lotes. Existem limites máximos de umidade estabelecidos para a boa conservação dos grãos de trigo durante o armazenamento e para sua comercialização. No Brasil, o limite máximo de umidade é de 13%.

O teor de umidade nos grãos e farinha pode ser determinado através de diversos métodos. Entretanto, o método gravimétrico da dessecação em estufa a 105°C é o método de referência. Os outros, são mais rápidos e utilizam equipamentos modernos, sofisticados e caros. Alguns laboratórios de referência, centros de pesquisas, locais de recepção e armazenamento e unidades industriais de processamento (moinhos) estão utilizando esses métodos que baseiam-se em ondas eletromagnéticas, reflectância de raios infravermelhos (NIR), condutividade elétrica, microondas, ressonância magnética nuclear (RMN) e balanças eletrônicas equipadas com lâmpadas de infravermelho, dentre outros.

### 5.2.2 Resíduo mineral ou cinzas

As cinzas representam o conteúdo de minerais do grão de trigo ou da farinha e são expressas em porcentagem. O teor porcentual médio de cinzas no trigo está em torno de 1,8%, em base de matéria seca. A determinação do teor de cinzas tem grande importância para a indústria de moagem, devido à sua relação com a qualidade e o rendimento da farinha. Há uma relação inversa entre o conteúdo de cinzas e o rendimento, ou seja, quanto menor esse teor maior o rendimento.

No grão, os minerais concentram-se nas regiões mais externas e, também, nas camadas mais periféricas do endosperma. O conteúdo de minerais no grão e, conseqüentemente, na farinha é influenciado por fatores genéticos, edafológicos (tipo de solo, disponibilidade dos nutrientes e teor de matéria orgânica), climáticos (insolação e umidade), agrônômicos (densidade de semeadura, rotação de cultura e adubação), fisiológicos (estádio de maturação do grão na colheita e fitossanidade) e tecnológicos (acondicionamento do grão antes da moagem e grau de extração da farinha durante a moagem).

O teor de cinzas é determinado gravimetricamente após a calcinação do trigo moído ou da farinha em mufla a 600-900°C. As cinzas são constituídas de minerais (metais e não metais), na forma de seus sais, que não são voláteis à temperatura de calcinação.

### 5.2.3 Proteínas

A importância das proteínas, sob o aspecto da qualidade do trigo, foi discutida em item anterior. O teor de proteínas, normalmente, é determinado através da análise do nitrogênio amoniacal, pelo método de Kjeldahl. O conteúdo porcentual de nitrogênio é, então, multiplicado por um fator de conversão de modo a obter o valor correspondente ao teor porcentual de proteínas. Para o trigo esse fator é igual a 5,7. Assim, a porcentagem de proteínas é dada pela fórmula:  $\% \text{ proteínas} = \% N \times 5,7$ . Atualmente, existem métodos mais modernos para determinar o teor de proteínas como, por exemplo, aqueles que baseiam-se na reflectância das radiações do infravermelho próximo (NIR) e ressonância magnética nuclear (RMN). Estes métodos permitem realizar maior número de análises em menor tempo. Entretanto, esses aparelhos apresentam um custo extremamente elevado para sua aquisição e manutenção.

### 5.2.4 Índice de sedimentação de Zeleny

Esse índice baseia-se na propriedade de floculação (insolubilidade) das proteínas, que formam o glúten, em meio ácido. Constitui-se numa medida da chamada "força do glúten" e é altamente correlacionado com o conteúdo e com a qualidade das proteínas, para uma mesma cultivar de trigo. O índice de sedimentação de Zeleny apresenta, também, uma boa correlação com o alveograma determinado pelo alveógrafo de Chopin. É um índice utilizado em toda a Europa para a classificação dos diferentes tipos de trigo (farinhas) quanto à sua utilização industrial. Este método determina o volume do sedimento obtido quando a farinha de trigo, sem extração do glúten, é misturada a um sistema solvente constituído de ácido láctico e álcool isopropílico e transferida para uma proveta padronizada (cilindro volumétrico). Após um período de tempo determinado, mede-se na proveta (em mililitros) o volume do sedimento obtido. É, portanto, um método sensível e rápido.

De acordo com o volume do sedimento medido, a farinha é então classificada. Há uma escala estabelecida que relaciona o valor numérico do volume do sedimento e a qualidade da farinha:

- acima de 38 ml - trigos melhoradores - elevada força de glúten.
- entre 28 e 38 ml - trigos com boa qualidade de panificação.
- entre 18 e 28 ml - trigos com qualidade de panificação aceitável.
- abaixo de 18 ml - trigos com baixa qualidade de panificação.

A relação entre o Índice de Zeleny e o teor porcentual de proteínas permite que se estime o índice de qualidade do glúten dos diferentes tipos de farinha.

### 5.2.5 Índice de sedimentação com SDS

O fundamento para determinação deste índice é semelhante àquele do Índice de Zeleny. As diferenças são: 1) o sistema solvente utilizado, que é composto por dodecil sulfato de sódio (SDS), e ácido láctico; 2) na determinação do Índice de Sedimentação com SDS pode ser utilizada a farinha integral. Portanto, neste método não há interferência do grau de extração de uma farinha (grau de moagem), que é um fator de variação no método de determinação do Índice de Zeleny. Este índice mede a força do glúten, tanto dos trigos próprios para panificação quanto dos trigos duros adequados à produção de pastas alimentícias. Há uma correspondência entre as escalas dos dois índices:

Índice de Zeleny	Índice SDS
14	44
18	48
28	59
38	69

Atualmente, os laboratórios de controle de qualidade de trigo têm realizado o teste de Índice de Sedimentação com SDS utilizando provetas de 25 ml com tampa plástica e graduação de 0,1 ou 0,5 ml.

O procedimento prático para a determinação deste índice é o seguinte: 1) pesar 1,0g de farinha de trigo e transferi-la para uma proveta de 25 ml; 2) adicionar 6,0 ml de solução aquosa de azul de bromofenol e agitar em agitador de tubos tipo "Vortex", até que a farinha se umedeça homogeneamente ( $\pm 5$  segundos); 3) após a agitação, marcar o tempo com um cronômetro e, nos tempos dois minutos e quarenta segundos (2'40") e quatro minutos e quarenta segundos (4'40"), repetir a operação de agitação; 4) no intervalo de tempo quatro minutos e quarenta e cinco segundos (4'45") adicionar 19 ml da solução constituída de ácido lático e dodecil sulfato de sódio (SDS); 5) colocar a proveta num agitador oscilatório tipo "Brabender" por um minuto (do quinto ao sexto minuto); 6) decorrido esse tempo, retirar a proveta do agitador e colocá-la sobre uma superfície plana em local bem iluminado (caixa de luz); 7) deixar a proveta em repouso por 14 minutos e proceder a leitura do volume do sedimento. O tempo total do teste é de 20 minutos. As soluções reagentes utilizadas no teste são as seguintes:

- 1) Solução aquosa de azul de bromofenol - pesar 10 mg de azul de bromofenol e diluir com 1000 ml de água destilada.
- 2) Solução de ácido lático - esta solução é composta de uma parte de ácido lático para oito partes de água destilada deionizada (1:8 V/V). Por exemplo, tomar 50 ml de ácido lático e 400 ml de água destilada deionizada.

- 3) Solução de dodecil sulfato de sódio (SDS) a 2,0% - pesar 20 g de SDS, diluir com água destilada deionizada e completar o volume para 1000 ml, também, com água destilada deionizada.
- 4) Solução de ácido láctico e SDS - esta solução é preparada a partir da solução de ácido láctico e da solução de SDS na proporção de 1:28 V/V. Por exemplo, tomar 17 ml de solução de ácido láctico e 480 ml da solução de SDS.

Através da leitura do volume do sedimento da farinha de trigo na proveta, o glúten das diferentes cultivares é classificado em:

Volume do sedimento	tipo de glúten
≤ 12,0 ml	fraco
de 12,5 a 18,5 ml	intermediário
de 19,0 a 21,0 ml	forte
≥ 21,5 ml	muito forte

### 5.2.6 Extração do glúten

O glúten é composto pela fração protéica do trigo que é insolúvel em água e possui a propriedade de se aglomerar, formando uma massa, quando é manuseado sob uma corrente de água. Assim, o glúten é extraído por lixiviação da massa, formada pela farinha de trigo com água, sob água corrente.

A determinação do glúten pode ser feita através de método manual ou automatizado, onde se utiliza o equipamento denominado "glutomatic". **Método manual:** pesar 20 g de farinha de trigo em um copo de becker de 100 ml. Adicionar 10 ml de solução de cloreto de sódio a 5%. Misturar bem com o auxílio de uma espátula até formar uma massa aglomerada e compacta. Deixar em repouso por 30 minutos. Adicionar água até cobrir a massa e deixar em repouso por mais 30 minutos. Decorridos os 30 minutos, lavar a massa em água corrente, sob um tamis com malha de 200 mesh, apertando e amassando levemente com o auxílio dos dedos. Conti-

nuar a lavar, até que o água corra clara e não adquira coloração azul ao se adicionar uma gota de solução de iodo saturada. Reunir à massa os fragmentos que, porventura, tenham caído no tamis. Deixar a massa no tamis, sob água corrente, por 10 minutos. Transferir a massa de glúten cortada em fatias ou pequenos pedaços, para um vidro relógio que foi previamente aquecido em estufa a 105°C, por uma hora e resfriado em dessecador, o qual contém cloreto de cálcio anidro ou sílica anidra, até temperatura ambiente e pesado. Colocar o vidro relógio contendo os pedaços de glúten na estufa a 105°C, durante cinco horas. Decorrido esse tempo, resfriar em dessecador até temperatura ambiente. Pesiar e repetir as operações de aquecimento e resfriamento até peso constante.

$$\text{teor porcentual de glúten seco (G\%)} = \frac{100 \times PG}{PA}$$

onde: PG = peso do glúten seco

PA = peso da amostra de farinha

A determinação do teor porcentual de glúten é um parâmetro utilizado na determinação da qualidade e quantidade das proteínas insolúveis do trigo. Esse teor porcentual pode ser expresso tanto em termos de glúten úmido quanto glúten seco.

No glúten úmido podem ser determinadas algumas de suas características, como: aspecto, elasticidade, poder fermentativo, entre outros.

O coeficiente de hidratação do glúten pode ser determinado, a partir da operação de secagem do mesmo para se obter o glúten seco. Esse coeficiente corresponde à quantidade de água eliminada durante o processo de secagem em estufa (coeficiente de hidratação = peso do glúten úmido - peso do glúten seco).

### 5.2.7 Índice de queda de Hagberg (Falling Number)

Este índice caracteriza as farinhas de trigo quanto à atividade das amilases, permitindo, assim, prever o comportamento das mesmas durante a etapa de fermentação da massa no processo de panificação. Assim sendo, através deste índice, pode-se estimar a capacidade de fermentação que a massa de uma determinada farinha apresenta.

Os trigos germinados, ou em vias de germinar, apresentam uma atividade amilásica extremamente elevada, liqüefazem a massa, dificultando o processo de panificação, ou até mesmo impedindo-o, em casos extremos. Para a determinação desse índice prepara-se uma suspensão de farinha de trigo em água, à temperatura que favoreça a formação de um gel de amido em condições estritamente controladas. A consistência desse gel de amido, é inversamente proporcional à atividade amilásica da farinha, ou seja, quanto maior a atividade das amilases menos consistente será o gel.

O índice de queda de Hagberg é dado pela medida do tempo, em segundos, que um "anel" leva para atravessar a suspensão de amido contida em um tubo viscosimétrico.

De acordo com os valores determinados através desse índice os trigos são classificados em:

- trigo com hiperatividade amilásica: 60 - 70 segundos
- trigo com alta atividade amilásica: 70 - 150 segundos
- trigo com atividade amilásica média: 150 - 200 segundos
- trigo com baixa atividade amilásica: 200 - 400 segundos
- trigo com atividade amilásica insuficiente - mais de 400 segundos

Os trigos que possuem hiperatividade amilásica contêm, na amostra, grãos germinados e aqueles com baixa atividade apresentam muito pouco ou nenhum grão germinado na amostra.

### **5.3 Análises tecnológicas**

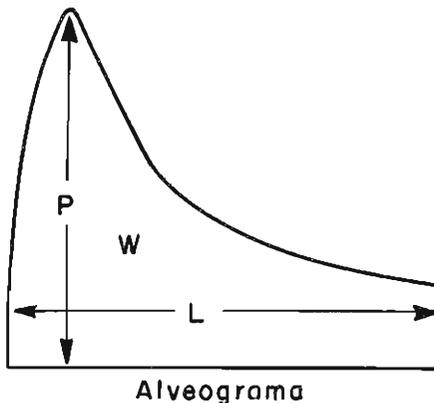
Estas análises têm a finalidade de avaliar a qualidade da farinha através de suas características físicas e capacidade fermentativa. Alguns dos métodos utilizados são empíricos, não permitindo assim, uma medida reológica bem exata e, por isso, sofrem críticas por parte de pesquisadores das áreas de análise e tecnologia de alimentos.

#### **5.3.1 Alveograma**

Este teste é realizado no alveógrafo de Chopin, que simula, graficamente, o comportamento da massa durante a etapa de fermentação no processo de panificação. Após o preparo da massa, uma lâmina da mesma é colocada sobre uma meia esfera metálica oca e, através de orifícios nessa meia esfera, insufla-se ar, em condições pré-estabelecidas, sob a lâmina da massa. Há, então, a formação de uma "bolha" de massa que irá se romper

após um período de tempo durante o qual o ar está sendo insuflado. As variações de pressão são registradas por um manômetro, em forma de gráfico, obtendo-se assim, uma curva que é denominada alveograma.

A partir dessa curva obtém-se índices tais 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; e "L" que é o valor máximo do eixo das abcissas e representa a extensibilidade da massa. O índice de expansão da massa ("G") é também o valor máximo obtido no eixo das abcissas só que é medido numa escala diferente daquela utilizada para medir o valor de "L". O índice "G" está diretamente relacionado com o volume do pão que será produzido a partir da farinha de trigo em análise.



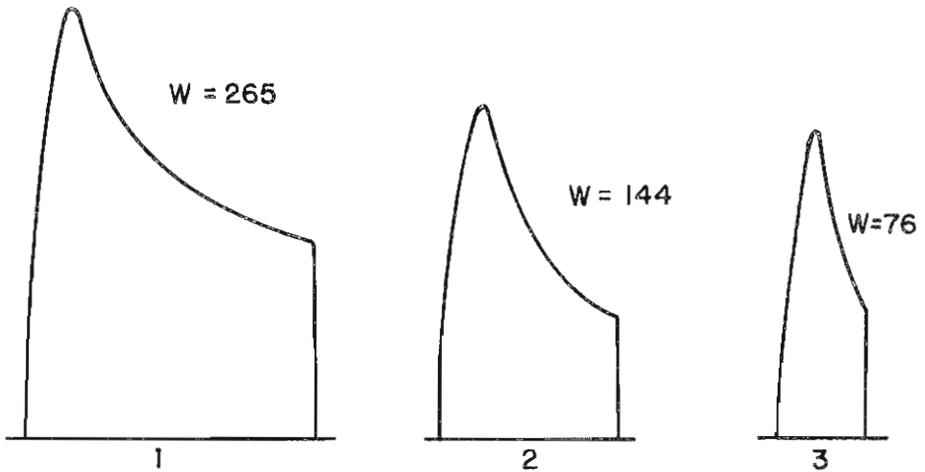
**Fig. 1. Representação gráfica do alveograma obtido no alveógrafo de Chopin.**

A partir dos valores de "W" e "G" obtidos nos alveogramas das farinhas de diferentes cultivares de trigo, estes podem ser classificados em:

- valores de "W" superior a 200 - trigos com força melhoradora
- valores de "W" entre 100 e 200 - trigos de força média
- valores de "W" inferior a 100 - trigos de força fraca (glúten fraco)

- valores de "G" entre 20 e 23 - trigos com boa capacidade de expansão da massa
- valores de "G" superiores a 23 - trigos melhoradores

As farinhas de trigo melhoradoras ("G" superior a 23 e "W" superior a 200) só devem ser utilizadas para panificação, mediante sua mistura prévia com farinhas de trigo de força média ou fraca.



**Fig. 2. Representações esquemáticas dos alveogramas de diferentes cultivares de trigo, com diferentes valores de "W" (força). Trigos com força melhoradora (1), trigos de força média (2) e trigos com força fraca (3).**

Atualmente, dois outros índices têm sido calculados a partir de alveogramas das farinhas. São os chamados índices de degradação porcentual de "W" e de "G". Medem a degradação na capacidade de panificação da massa, devido a um excesso de atividade proteolítica, que pode ser causado, entre outros fatores, pelo ataque de insetos, principalmente o pulgão da espiga (*Sitobion avenae*) e o pulgão do colmo (*Rhopalosiphum padi*), aos grãos de trigo nas últimas fases de seu desenvolvimento.

Para a determinação desses índices são realizados dois alveogramas da massa. O primeiro, após o período normal de repouso da massa e o segundo após um período de repouso igual a três horas. Quando a massa apresenta uma atividade proteolítica elevada e é submetida ao teste no alveógrafo, após as três horas de repouso, irá apresentar menor extensibilidade e tenacidade do que aquela submetida ao teste após o período normal de repouso. Assim sendo, quanto maior for a diferença nos valores de "W" e "G" dos alveogramas realizados em ambos os tempos (normal e três horas) maior será a atividade proteolítica da massa submetida ao teste. Uma atividade proteolítica elevada reduz as qualidades e aptidões de uma massa para o processo de panificação, pois há degradação das proteínas e, conseqüentemente, uma redução na formação da rede de glúten.

Os índices de degradação são expressos como porcentagem de degradação de "W" e "G" e são calculados a partir das seguintes fórmulas:

$$\text{Degradação } W\% = \frac{W_0 - W_3}{W_0} \times 100$$

$$\text{Degradação } G\% = \frac{G_0 - G_3}{G_0} \times 100$$

onde:  $W_0$  e  $G_0$  são os valores de W e G obtidos do alveograma realizado após o período normal de repouso da massa e  $W_3$  e  $G_3$  são os valores obtidos após três horas de repouso.

### 5.3.2 Mixograma

Este índice é determinado no mixógrafo e mede o tempo de mistura e a tolerância da massa ao processo de amassamento, ou seja, a resistência ao trabalho mecânico imprimido sobre a mesma. Esses parâmetros, obtidos no mixograma, são muito importantes para o processo de panificação. Os valores numéricos desse índice vão de um minuto (farinha muito fraca) a oito minutos (farinhas muito fortes). As farinhas que apresentam um tempo muito pequeno de mistura, ou seja menor do que dois minutos, possuem uma baixa tolerância ao processo de amassamento e não devem ser utilizadas para panificação. Ou então, devem ser misturadas com

farinhas mais fortes para que possam ser empregadas na fabricação de pães.

### **5.3.3 Farinograma**

O farinograma é determinado no farinógrafo de Brabender. Permite uma avaliação das propriedades físicas da massa, através das medidas da plasticidade e motilidade da mesma.

Esse índice caracteriza as farinhas quanto à sua capacidade de absorver água, indicando, assim, a quantidade de água necessária para que a massa tenha uma consistência própria definida. Permite, ainda, a avaliação do comportamento da massa durante o processo mecânico de amassamento.

### **5.3.4 Índice de Pelshenke**

A análise para determinação deste índice é muito antiga e, também, muito utilizada pelos melhoristas de trigo. O índice de Pelshenke mede o tempo de fermentação da farinha e é utilizado como um parâmetro de medida da força do glúten. Indica a capacidade do glúten em reter o gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) produzido durante a etapa de fermentação da massa no processo de panificação. Através dele, os trigos são classificados como trigos de glúten forte ou fraco, sem se levar em conta a tenacidade e extensibilidade.

Os índices, cujos valores são superiores a 100 minutos, caracterizam os trigos de glúten forte e inferiores a 60 minutos, os de glúten fraco.

### **5.3.5 Teste de Panificação**

As análises físicas, químicas e tecnológicas para a determinação dos diferentes índices de qualidade dos trigos e farinhas são uma aproximação da realidade e, geralmente, são insuficientes para prever o comportamento real das farinhas durante o processo de panificação. Assim sendo, é necessário a realização de testes de panificação para que as farinhas possam, realmente, ser avaliadas quanto às suas aptidões para a fabricação de pães.

Existem vários testes de panificação de acordo com a sua finalidade. Se destinam a avaliar as farinhas, convenientemente extraídas, quanto à aptidão em produzir pães bem desenvolvidos, de aspecto adequado e com cor e sabor próprio e agradável, de acordo com um padrão estabelecido. No

Brasil, o padrão utilizado nos testes de panificação é o pão tipo francês. Os testes de panificação também são utilizados na avaliação das farinhas (massas) em função do trabalho mecânico (amassamento) e rendimento.

Deve ser adotada, também, uma farinha de trigo padrão em relação à qual as avaliações serão realizadas durante as diferentes etapas do processo de panificação.

Na Europa, são adotados o teste preconizado pela CNERNA ou teste de panificação francês e outros da Comunidade Econômica Européia (CEE). Estes testes, além de quantificar a atividade amilásica e o conteúdo protéico, avaliam, também, as características e a resistência da massa ao processo de amassamento mecânico. Entre as características ideais estão a não pegajosidade e a maquinabilidade da massa.

## **6 QUALIDADE DOS TRIGOS DUROS**

A qualidade dos trigos duros também é avaliada através de alguns dos índices já descritos, como por exemplo peso específico; peso de 1000 grãos; teor porcentual de umidade, proteínas, cinzas entre outros.

A sêmola, obtida a partir dos trigos tipo duro, é destinada à produção de pastas e massas alimentícias e suas características são muito específicas quanto aos aspectos químico, físico e tecnológico.

A qualidade e quantidade de proteínas que caracterizam o glúten são, também, os fatores mais importantes na qualidade das pastas e massas e são traduzidas através da tenacidade, elasticidade e cocção das massas. Existe uma relação direta entre essa qualidade e a proporção de gluteninas/gliadinas. As frações protéicas solúveis em álcool e em água também têm grande influência na qualidade das massas, embora a influência desses fatores varie em função das cultivares de trigo duro.

Do ponto de vista tecnológico, a qualidade da sêmola de um trigo duro deve permitir que se obtenha massas e pastas que suportem as condições de cocção, sendo o ideal que suportem as condições de sobrecoção. As pastas e massas de má qualidade aderem-se durante o processo de cocção e a água de cocção adquire uma coloração esbranquiçada devido à presença de amido em suspensão.

Outro fator importante na qualidade dos trigos duros é a coloração dos grãos, que devem ser amarelo-âmbar. Essa cor é devida à presença de

beta-caroteno em altas concentrações. Entretanto, o beta-caroteno pode ser degradado pela enzima lipoxigenase quando esta apresenta altos níveis de atividade. Assim sendo, as cultivares de boa qualidade devem possuir teor elevado de beta-caroteno e lipoxigenases com baixa atividade.

O aspecto vítreo dos grãos é também um índice importante para a qualidade dos trigos duros e está relacionado com a dureza e a compactidade. A vitrificabilidade dos grãos tem uma relação direta com o rendimento em sêmola. Para a produção de sêmola, a legislação exige que os trigos duros apresentem um teor porcentual mínimo de grãos vítreos. A sêmola, que é uma farinha com granulometria superior à da farinha de trigo, pode ter seu rendimento reduzido, em função de um problema fisiológico a "pança branca" que é o aparecimento de regiões com coloração esbranquiçada nos grãos vítreos. A "pança branca" ocorre com freqüência em algumas cultivares de trigo duro e é causada pela cristalização imperfeita dos grânulos de amido, originando assim, a formação de fissuras e vacúolos de ar no endosperma. Assim sendo, a textura do endosperma dos grãos de trigo do tipo duro, que é vitrea e translúcida, torna-se porosa e esbranquiçada. A presença de porcentagens elevadas de grãos farináceos, ou seja com "pança branca", causa uma diminuição no rendimento em sêmola. Sendo, portanto, um fator negativo para a qualidade dos trigos duros.

Os trigos duros, cultivados em regiões pouco ensolaradas e de clima úmido, apresentam menor teor de grãos vítreos do que aqueles cultivados em regiões ensolaradas e de clima seco.

Além dos métodos analíticos já descritos anteriormente, existem outros métodos específicos para avaliação da qualidade dos trigos duros. Dentre estes métodos destacam-se o da medida da tenacidade do glúten realizado no aleurógrafo e a medida da viscosidade no viscoelastógrafo. São utilizados, ainda, outros equipamentos como moinhos, conjuntos de tamis, micromasseiras e prensas.

São realizados, também, testes com as pastas e massas produzidas. Dentre eles, destacam-se os testes de cocção, que caracterizam o comportamento das pastas e massas e também contribuem para a avaliação da qualidade da sêmola.

## **7 INFLUÊNCIA DO GENÓTIPO DA QUALIDADE DO TRIGO**

A maioria dos fatores que influenciam na qualidade dos trigos são hereditários. Os melhoristas, ao selecionarem uma cultivar, esperam que a qualidade seja a expressão das características genéticas, embora saibam que as condições climáticas, a fertilidade do solo e as técnicas de cultivo influenciam na qualidade. Assim sendo, numa mesma cultivar o grau de qualidade varia entre as amostras.

A qualidade depende, principalmente, das proteínas que estão intimamente ligadas ao patrimônio genético de uma cultivar e sofrem variações causadas pelos fatores anteriormente descritos.

Quando é feita a seleção de uma nova cultivar deve ser observado um parâmetro definido de qualidade, que depende do genótipo e do ambiente. A eficiência dessa seleção consiste em se avaliar, com precisão, o valor genético da futura cultivar. Esse valor genético, sob o ponto de vista de qualidade, representa a variação das características tecnológicas do genótipo em estudo, dentro de uma diversidade de ambientes, que correspondem às diferentes regiões potenciais para o cultivo da cultivar. Assim sendo, para ser feita a seleção eficaz de uma nova cultivar, em relação à qualidade, é necessário a realização de diversos ensaios agrônômicos que avaliem, conjuntamente, rendimento e teor de proteínas. Numa etapa posterior, devem ser feitos ensaios que avaliem as diferentes técnicas de cultivo, utilizando-se as cultivares selecionadas. Nesses ensaios serão analisadas as potencialidades das cultivares selecionadas em relação às técnicas de cultivo empregadas. Com relação às características de qualidade há cultivares que interagem mais com o ambiente do que outras. Os ensaios de cultivares em diferentes locais, com técnica de cultivo definida, fornecem informações importantes neste aspecto.

As gliadinas, que constituem-se numa das frações protéicas formadoras de glúten do trigo e intervêm na qualidade de panificação das farinhas, podem ser analisadas e caracterizadas através da técnica analítica de eletroforese em gel de poliacrilamida. O diagrama (posição das bandas protéicas reveladas no gel) obtido mediante a análise eletroforética das gliadinas de uma cultivar é característico do seu genótipo. Assim sendo, as diferentes cultivares de trigo podem ser caracterizadas através dessa técnica analítica. Vários trabalhos científicos têm demonstrado haver uma

relação entre os padrões eletroforéticos das cultivares com a sua qualidade de panificação.

Há correlações positivas e negativas entre a presença de certas bandas protéicas nos géis e a qualidade de panificação das cultivares. Portanto, esse método analítico pode ser utilizado para selecionar cultivares de qualidade sem a interferência do fator ambiente.

Nos últimos anos, os trabalhos realizados pelos pesquisadores do Centro Internacional de Melhoramento de Milho e Trigo (CIMMYT), têm revolucionado os métodos de seleção de trigo com a obtenção de cultivares altamente produtivas e com ampla adaptação a diversos ambientes. Apesar dos inconvenientes gerados pelo grande número de novas cultivares lançadas como, por exemplo, maior disseminação e virulência de certas doenças. Hoje existe uma gama enorme de cultivares de trigo, que se renovam continuamente e que possuem uma grande capacidade de adaptação, alto rendimento e excelente qualidade.

## **8 INFLUÊNCIA DO AMBIENTE E DAS TÉCNICAS DE CULTIVO NA QUALIDADE DO TRIGO**

As diferenças ambientais entre áreas ou regiões distintas, incluindo as variações climáticas interanuais, dentro de uma mesma área, influem na qualidade do trigo. Isso é verificado através de variações nos valores dos índices de qualidade (físicos, químicos e tecnológicos). O teor e a qualidade das proteínas são especialmente afetados pelas diferenças ambientais e climáticas. Dentre os fatores que influem podem ser citados a distribuição das chuvas, a temperatura, a intensidade de luz, o fotoperíodo, a duração do período de enchimento dos grãos e as características do solo - retenção de umidade, fertilidade, mobilidade dos nutrientes e disponibilidade de nitrogênio.

As condições ambientais que favorecem um longo período de enchimento de grãos propiciam elevados rendimentos e altos índices de peso do hectolitro. Entretanto causam redução no teor protéico. Assim sendo, condições menos favoráveis e período curto de enchimento de grãos, dão lugar a rendimentos mais baixos porém com maior conteúdo protéico.

Quando o rendimento é reduzido devido à estresse hídrico ocorre, também, um aumento no conteúdo protéico. As altas temperaturas, duran-

te o período compreendido entre a floração e a maturação dos grãos, favorecem o aumento no teor protéico e diminuição no rendimento. Há uma relação negativa entre o rendimento de grãos e o conteúdo de proteínas nos mesmos. Esta relação não é somente de origem genética, mas é devido, principalmente, à disponibilidade limitada de nitrogênio, que é o principal fator limitante do rendimento depois da água.

Os recentes trabalhos de pesquisa têm demonstrado que tanto o rendimento quanto o conteúdo protéico podem ser aumentados simultaneamente, até um certo nível, quando há uma adubação nitrogenada adequada e disponibilidade de água no solo. Havendô, portanto, uma translocação eficiente para o grão em desenvolvimento.

O conteúdo protéico do grão é extremamente influenciado pela quantidade de nitrogênio disponível na planta, durante o período compreendido entre a floração e a maturação do grão. Assim sendo, esse conteúdo pode ser aumentado mediante a utilização de fertilizantes nitrogenados. A dose e a época de aplicação também influenciam no aumento do conteúdo protéico. Alguns trabalhos de pesquisa têm mostrado que a aplicação de fertilizantes nitrogenados (nítricos ou uréia) foliares, quando aplicados após o espigamento, têm promovido um aumento no conteúdo protéico de algumas cultivares. A "pança branca", que pode ser causada tanto por fatores genéticos quanto ambientais, também pode ser reduzida com a adubação nitrogenada.

Outros nutrientes também influenciam na qualidade do trigo, embora sua atuação seja menos conhecida.

A adubação fosfatada, durante o estágio de espigamento, também reduz o aparecimento da "pança branca". Em relação à adubação nitrogenada e fosfatada, quanto mais alto for o nível de fósforo em relação ao nitrogênio, maior a redução na formação da "pança branca".

O enxofre também tem uma relação positiva com o conteúdo protéico nos grãos. A pulverização foliar com enxofre, durante o espigamento, apresenta um efeito positivo sobre a qualidade.

Outros fatores tecnológico podem modificar a qualidade do trigo, especialmente as características do glúten. Dentre eles, destacam-se a secagem e o condicionamento após a colheita. Secagem deficiente ou secagem em temperaturas demasiadamente altas em secadores podem provocar a desnaturação das proteínas e, portanto, reduzir a qualidade.

Em resumo, as condições ambientais e as técnicas de cultivo podem modificar a qualidade do trigo. Assim sendo, anualmente devem ser realizadas análises físicas, químicas e tecnológicas para determinar a qualidade de diversos lotes das diferentes cultivares de trigo recomendadas para regiões distintas. Esta prática irá fornecer informações técnicas para os agricultores, moageiros, comerciantes e fabricantes, proporcionando, assim, uma maior transparência no mercado tritícola.

## **9 LITERATURA CONSULTADA**

- BELEIA, A.; MANDARINO, J.M.G. Caracterização de cultivares de trigo por eletroforese de gliadinas em gel de poliácridamida. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v.34, n.314, p.475-485, set./dez. 1991.
- BOUR, B.; CAMBLIN, P. Techniques culturales et qualité des cereales. **Perspectives Agricoles**, v.106, p.41-43, 1986.
- DANIELS, N.W.R.; FRAZIER, P.J. Wheat proteins physical properties and baking function. In: NORTON, G. **Plant proteins**. London : Butterworths, 1976. p.299-315.
- DICK, J.W.; QUICK, J.S. A modified screening test for rapid estimation of gluten strength in early-generation of durum wheat breeding lines. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.60, p.315-318, 1983.
- EL DASH, A.A. **Fundamentos da tecnologia de moagem**. São Paulo : Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1982. 400p. (Série Tecnologia Agroindustrial).
- EL DASH, A.A.; CAMARGO, C.O.; DIAZ, N.M. **Fundamentos da tecnologia de panificação**. São Paulo : Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1982. 349p. (Série Tecnologia Agroindustrial).
- GARDNER, H.W. Lipoxigenase pathway in Cereals. **Advances in Cereal Science and Technology**, St. Paul, v.9, p.161-215, 1988.
- GASSEN, D.N. **Insetos associados à cultura do trigo no Brasil**. Passo Fundo : EMBRAPA-CNPT, 1984. 39p. (EMBRAPA-CNPT. Circular Técnica, 3).
- HOOKE, S.C.W. Specific weight and wheat quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Oxford, v.35, n.10, p.1136-1141, oct. 1984.

- HUEBNER, F.R.; GAINES, C.S. Relation between wheat kernel hardness, environment and gliadin composition. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.69, n.2, p.148-151, 1992.
- KENT, N.L. Wheats of world. In: KENT, N.L. **Technology of cereals**. Oxford : Pergamon Press, 1980. p.74.
- LÓPEZ BELLIDO, L. Calidad del trigo. **Agricultura**, v.583, p.45-51, 1981.
- LÓPEZ BELLIDO, L.; FUENTES GARCIA, M. Principios y metodos de la calidad del trigo. In: LÓPEZ BELLIDO, L.; FUENTES GARCIA, M. **Calidad de los trigos cultivados en Sevilla, Cordoba y Cadiz**. Sevilla : Camara Agraria Provincial de Sevilla, 1989. p.13-29.
- NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; ZUCCHI, R.A. **Entomologia econômica**. Piracicaba : ESALQ / USP, 1981. p.249-261.
- OBCHOWSKI, W.; BUSHUK, W. Wheat hardness: comparison of methods of its evaluation. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.57, p.315-318, 1980.
- OLSON, R.A.; FREY, K.J. **Nutritional quality of cereal grains**. Madson : American Society of Agronomy, 1987. 551p.
- PEÑA, R.J.; AMAYA, A. Rapid estimation of gluten quality in bread wheat, durum wheat and triticale using the sodium doceyl sulfate (SDS) - sedimentation test. México : International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT), 1985. Grain quality methods.
- POMERANZ, Y. **Wheat chemistry and technology**. 2.ed. Westport : The AVI Publishing, 1973. 481p.
- POMERANZ, Y. **Advances in cereal science and technology**. St. Paul : American Association of Cereal Chemists, 1976. v.1. 418p.
- POMERANZ, Y.; BOLLING, H.; ZWINGELBERG, H. Wheat hardness and baking properties of wheat flours. **Journal of Cereal Science**, v.2, p.137-143, 1984.
- SINHA, R.N.; MVIR, W.E. **Grain storage: part of a system**. Westport : The AVI Publishing, 1973. 481p.
- STEWART, B.A. Quality requirements: milling wheat. In: GALLAGHER, E.J. **Cereal production**. Londres : Royal Dublin Society Butterworths, 1984. p.113-118.

WHISTHLER, R.L.; PASCHALL, E.F. **Starch: chemistry and technology**.  
New York : Academic Press, 1967. v.2. 733p.

ZELNY, L. A simple sedimentation test for estimating the bread-baking and  
gluten qualities of wheat flour. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.24, p.465-  
475, nov. 1947.

