

13593

CNPT

1996 2.ed.

FL-13593

Eliana Maria Guarenti

Qualidade industrial de Trigo



Qualidade industrial de trigo.

1996

FL-13593

Embrapa



44390-1



ISSN 0101-6644

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Trigo
Ministério da Agricultura e do Abastecimento*

Qualidade Industrial de Trigo

2ª. Edição

Passo Fundo, RS

1996

EMBRAPA-CNPT. Documentos, 27

Exemplares desta publicação poder ser solicitados à:

EMBRAPA-CNPT
BR 285, km 174
Telefone: (054) 311-3444
Telex: 0545319
Fax: (054) 311-3617
Caixa Postal 569
99001-970 Passo Fundo, RS

Tiragem: 2000 exemplares

Comitê de Publicações

1993

Edar Peixoto Gomes - Presidente

Ariano Moraes Prestes

João Carlos Ignaczak

Leila Maria Costamilan

Leo de Jesus Antunes Del Duca

Rainoldo Alberto Kochhann

1996

Edar Peixoto Gomes - Presidente

Delmar Pöttker

Leila Maria Costamilan

Leo de Jesus Antunes Del Duca

Rainoldo Alberto Kochhann

Walesca Iruzun Linhares

Tratamento Editorial: Fátima M. De Marchi

Referência Bibliográfica: Maria Regina Martins

Capa e desenhos: Liciane Duda Bonatto

GUARIENTI, E.M. Qualidade industrial de trigo.
2ed. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1996.
36p. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 27)

Trigo; Qualidade industrial;

CDD 633.11

APRESENTAÇÃO

Vários desafios foram vencidos pela pesquisa tritícola do Brasil. A adaptação da cultura de trigo às diversas regiões produtoras foi um deles. Atingiu-se a elevação da produtividade a índices competitivos com os obtidos por outros países produtores. O último desafio superado, um dos mais importantes, foi o de desenvolver cultivares com potencial genético para a produção de trigo com qualidade industrial igual ou superior à dos trigos importados.

A produção de trigo de elevada qualidade industrial, principalmente para panificação, depende também de outros fatores. Baixas temperaturas no período de maturação de trigo favorecem a quebra de dormência, a qual, combinada com chuvas excessivas, favorece o início da germinação dos grãos, reduzindo a qualidade destes. O plantio de trigo de acordo com o Zoneamento Agroclimático pode auxiliar na redução desses riscos. O recebimento de grãos com qualidade superior, separadamente daqueles grãos que sofreram por condições adversas no final do ciclo ou de cultivares não superiores, contribui/garante maior retorno econômico. A limpeza e a desinfecção de armazéns também podem melhorar essa qualidade e garantir valores compensatório na comercialização.

Esta publicação, dirigida principalmente a produtores, armazenadores, comerciantes, agentes de crédito, industriários e consumidores em geral, reúne informações e detalhes da legislação específica sobre qualidade industrial do trigo brasileiro estabelecidos na PORTARIA Nº 167, de 29 de julho de 1994 (Norma de Identidade, Qualidade e Apresentação do Trigo) e na PORTARIA Nº 354, de 18 de julho de 1996 (Norma Técnica referente à farinha de trigo). Também define os conceitos de qualidade, a tipificação do trigo brasileiro e os testes recomendados para avaliação de qualidade pelos laboratórios credenciados.

Nossa expectativa é de que os senhores usuários desta informação possam desfrutar de forma privilegiada desse conhecimento e que isso contribua para que o trigo brasileiro mantenha qualidade industrial compatível com o potencial genético das cultivares geradas pela pesquisa.

Benami Bacaltchuk
Chefe da Embrapa-Trigo

SUMÁRIO

1	<i>Introdução</i>	7
2	<i>Legislação sobre trigo e sobre farinha</i>	8
3	<i>Conceitos de qualidade de trigo</i>	11
4	<i>Testes usados para a avaliação da qualidade industrial de trigo...</i>	12
	4.1 <i>Testes físico-químicos</i>	12
	4.2 <i>Testes reológicos</i>	26
5	<i>Referências bibliográficas</i>	33

Qualidade Industrial de Trigo

Eliana Maria Guarienti¹

1 Introdução

Todos os produtos alimentares, sejam de origem vegetal, animal, sintética ou mineral, apresentam sua qualidade condicionada à qualidade da matéria-prima que lhes deu origem. Deste modo, não se pode esperar que ocorram "milagres" no processamento industrial de forma a obter, a partir de matérias-primas desqualificadas, produtos de alto padrão. A qualidade de uma matéria-prima está relacionada com a sanidade, com o valor nutritivo, com as características organolépticas, com o estado de conservação, com a uniformidade de apresentação e com a adequação ao processamento industrial a que se destina (aptidão industrial).

Ao contrário de muitas agroindústrias, a indústria de trigo é responsável pela fabricação de uma gama de produtos. O trigo, ao passar pela unidade moageira, é transformado nos produtos farinha, farelo e gérmen. Estes, por sua vez, são considerados matérias-primas das indústrias de produtos finais. Dessa forma, a farinha é utilizada, na fabricação de pães, de massas e de biscoitos, participa de formulações industriais de outros tipos de alimentos, é empregada na fabricação de cola e possui inúmeros usos domésticos. O farelo é empregado como ingrediente nas fábricas de rações para animais. É

¹ Enga.-Agra., M.Sc., EMBRAPA-Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (CNPT), Caixa Postal 569, CEP 99001-970 Passo Fundo, RS.

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.

De todos os produtos ou matérias-primas derivados de trigo, os produtos feitos com farinha são colocados em posição de destaque por serem um dos principais alimentos da dieta básica do brasileiro.

Este trabalho constitui uma revisão bibliográfica e tem como objetivo levar ao conhecimento das pessoas interessadas algumas noções sobre a qualidade industrial de trigo, enfocando, principalmente, os diferentes testes de laboratório que podem ser utilizados na avaliação dessa importante matéria-prima.

2 Legislação sobre trigo e sobre farinha

Do ponto de vista legal, está em vigor (setembro, 1996) a PORTARIA Nº 167, de 29 de julho de 1994, publicada no Diário Oficial da União em 03 de agosto de 1994, que constitui a Norma de Identidade, Qualidade, Embalagem e Apresentação do Trigo (Brasil, 1994). Na referida legislação o trigo pode ser classificado em três tipos e quatro classes.

O trigo será classificado obrigatoriamente em TIPO, expresso em algarismos de 1 a 3 e definido em função dos limites máximos de umidade, de matérias estranhas e impurezas e de grãos danificados e

em função do limite mínimo do peso do hectolitro, conforme indicado na Tabela 1.

Tabela 1. Limites de tolerância para o enquadramento em Tipo de trigo

Tipos	Umidade Máximo (%)	Peso do hectolitro Mínimo (kg/Hl)	Matérias estranhas impurezas Máximo (%)	Grãos danificados		
				Pelo calor, emofados e ardidos Máximo (%)	Chochos e triguilhos e quebrados Máximo (%)	Por insetos e/ou outras pragas, germinados e esverdeados Máximo (%)
1	13,0	78	1,00	0,50	1,50	1,0
2	13,0	75	1,50	1,00	2,50	1,5
3	13,0	72	2,00	2,00	5,00	2,0

O lote que não atender os limites de tolerância para o tipo 3 será classificado como abaixo do padrão.

Será facultado ao interessado exigir do Órgão Oficial de Classificação a determinação da classe de trigo, desde que seja possível sua identificação no armazém. Quando houver essa possibilidade, a classificação será feita com base em amostras coletadas de células ou septos que contenham cultivares da mesma classe (EMATER/EMBRAPA, 1995).

O trigo pode ser classificado como melhorador, superior, intermediário ou comum, em função dos parâmetros estabilidade (da farinografia) e força geral do glúten (da alveografia) e do índice de queda (Hagberg Falling Number), conforme indicado na Tabela 2.

Tabela 2. Limites de tolerância para o enquadramento em Classe de trigo

Classes	Farinografia Estabilidade Mínima (minutos)	Alveografia W Mínimo (10⁻⁴ J)	Índice de queda Mínimo (segundos)
Melhorador	14	280	200
Superior	5	200	200
Intermediário	3	140	200
Comum	<i>Quando não se enquadrar em nenhuma das classes acima</i>		

Segundo a Portaria nº 354, de 18 de julho de 1996, que aprova a Norma Técnica referente à farinha de trigo, verifica-se que, atualmente (setembro de 1996), esta pode ser classificada de acordo com seu uso em:

a) Farinha de uso doméstico

1) Farinha de trigo integral: obtida a partir do cereal limpo e com teor máximo de cinzas de 2,0 % na base seca.

2) Farinha de trigo especial ou de primeira: obtida a partir do cereal limpo, desgerminado com teor máximo de cinzas de 0,65 % na base seca; 98% do produto deverá passar através de peneira com abertura de malha de 250 µm.

3) Farinha de trigo comum: obtida a partir do cereal limpo, desgerminado com teor de cinzas entre 0,66 e 1,35 % na base seca; 98 % do produto deverá passar através de peneira com abertura de malha de 250 µm.

b) Farinha de uso industrial

1) Farinha de trigo integral: obtida a partir do cereal limpo e com teor máximo de cinzas de 2,5 % na base seca, devendo obedecer aos requisitos específicos para cada segmento de aplicação.

2) Farinha de trigo: obtida a partir do cereal limpo, desgerminado com teor máximo de cinzas de 1,35 % na base seca, devendo obedecer aos requisitos específicos para cada segmento de aplicação; 98 % do produto deverá passar através de peneira com abertura de malha de 250 µm.

3 Conceitos de qualidade de trigo

Schroeder (s.d.) apresenta conceitos relativos de qualidade e, portanto, dependentes do segmento social que a avalia. Dessa forma, para o triticultor, o trigo de qualidade superior é aquele que possui boas características agronômicas, como resistência a doenças e pragas, alto potencial de produção e elevado peso do hectolitro. Para o moageiro, a qualidade significa matéria-prima uniforme em tamanho e forma, alto peso específico, alto rendimento em farinha e baixos teores de cinzas, coloração desejável do produto final e baixo consumo de energia elétrica durante o processamento industrial. Já para o panificador, a farinha de boa qualidade deve possuir alta capacidade de absorção de água, boa tolerância ao amassamento, glúten de força média a forte, bem balanceado e alta percentagem de proteína; fatores esses que determinam a alta potencialidade de produzir pão com boas características. Para o consumidor, o trigo de boa qualidade é aquele capaz de produzir pães de grande volume, com texturas interna e externa adequadas, boa cor e alto valor nutritivo.

A qualidade de trigo também pode ser definida como o resultado da interação do potencial genético da cultivar e dos efeitos das condições de solo e de clima, da incidência de pragas e doenças, do manejo da cultura, bem como nas operações de colheita, de secagem e de 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.) influem sobremaneira na expressão de qualidade industrial, classificando esse cereal como de baixa, de média ou de alta qualidade.

4 Testes usados para a avaliação da qualidade industrial de trigo

A aptidão dos trigos para os diferentes usos industriais é determinada por várias características dos grãos e da farinha, dependentes tanto das condições ambientais (clima, solo, práticas culturais e outras) como, também, do genótipo (Bequette 1989).

Através de testes bioquímicos, como eletroforese de gliadinas e gluteninas e PCR (Polymerase Chain Reaction), é possível a avaliação confiável na seleção de genótipos com superior qualidade. No entanto, comumente são empregados testes físico-químicos e reológicos na análise da qualidade de trigo.

4.1 Testes físico-químicos

4.1.1 Peso do Hectolitro (PH) - É a massa de cem litros de trigo, expressa em quilogramas. É medida tradicional de comercialização em vários países e expressa indiretamente atributos de qualidade dos grãos, em especial aqueles relacionados com a

moagem. Na determinação do peso do hectolitro, estão associadas várias características do grão, como a forma, a textura do tegumento, o tamanho, o peso e as características extrínsecas ao material, como a presença de palha, de terra e de outras matérias estranhas. As características inerentes do grão acima citadas podem ser utilizadas na seleção do material genético de forma a atingir valores mais elevados de PH, o que, conseqüentemente, valorizará o preço do produto. Na Tabela 3, encontra-se a classificação da qualidade do grão segundo valores de peso do hectolitro. O fato de um trigo apresentar maior valor de PH não indica que apresente melhor qualidade; somente será significativa esta relação quando se compara a mesma variedade com valores de PH bem diferenciados como, por exemplo, 68 kg/hl e 80 kg/hl (Shellengerger 1980). Valores muito baixos de PH podem indicar ocorrência de problemas na lavoura que tenham afetado o enchimento do grão e sua qualidade.

Tabela 3. Classificação da qualidade do grão segundo valores de peso do hectolitro

<i>Classificação</i>	<i>Peso do hectolitro (kg/Hl)</i>
<i>Extrapesado</i>	<i>84</i>
<i>Muito pesado</i>	<i>80 - 83</i>
<i>Pesado</i>	<i>76 - 79</i>
<i>Médio</i>	<i>72 - 75</i>
<i>Leve</i>	<i>68 - 71</i>
<i>Muito leve</i>	<i>64 - 67</i>
<i>Extraleve</i>	<i>60 - 63</i>

Fonte: Williams et alli (1988).

4.1.2 Peso de mil grãos (PMG) - O peso de mil grãos é uma medida que apresenta forte controle genético, mas também é afetado pelas condições de temperatura, de luminosidade e de umidade durante a fase de maturação no campo (MacRitchie 1980). Na Tabela 4, verifica-se a classificação do peso de mil grãos. Grãos de tamanho excessivo não são desejados pela indústria, pois podem provocar problemas nos equipamentos de limpeza e de moagem. Por outro lado, grãos muito pequenos também não são almejados, pois podem passar pelas peneiras de limpeza e trazer perdas na produção de farinhas pela diminuição da quantidade de trigo moído. Posner (s.d.) realizou intenso estudo sobre a influência do tamanho do grão no processo de moagem e nas propriedades reológicas da farinha de trigo. A diferença entre o tamanho dos grãos exerce influência na quantidade de água absorvida, assim como no tempo de condicionamento que antecede à moagem. Dessa forma, grãos pequenos absorvem maior quantidade de água e necessitam de tempo de condicionamento superior aos grãos de tamanho grande. Quando, por ocasião da moagem, não for feita uma classificação prévia do trigo por tamanho de grão, pode-se observar, com freqüência, a distribuição desuniforme da umidade na massa de grãos, o que traz reflexos no rendimento de farinha. Com relação à qualidade da farinha, Posner concluiu que existe correlação positiva entre o tamanho do grão e a quantidade de sêmola produzida, e que a farinha resultante de grãos grandes apresenta maior absorção de água e maior tempo de desenvolvimento (pela farinografia) que a farinha resultante de grãos pequenos. Mas esta última, por sua vez, apresenta melhor tolerância à mistura e maior estabilidade (pela farinografia) do que a primeira. De acordo com o exposto, aconselha-se aos melhoristas que selecionem grãos de tamanho médio e que,

nos moinhos, seja feita a separação dos grãos usando mesas densimétricas e/ou classificadores, objetivando a utilização de grãos de tamanho uniforme em cada partida moída, o que pode facilitar a moagem e trazer benefícios econômicos resultantes do melhor aproveitamento da matéria-prima.

Tabela 4. Classificação da qualidade do grão segundo valores de peso de mil grãos

<i>Classificação</i>	<i>Peso de mil grãos (g)</i>
<i>Muito pequeno</i>	<i>15 - 25</i>
<i>Pequeno</i>	<i>26 - 35</i>
<i>Médio</i>	<i>36 - 45</i>
<i>Grande</i>	<i>46 - 54</i>
<i>Muito grande</i>	<i>55</i>

Fonte: Williams et alli (1988).

4.1.3. Dureza de grãos - A dureza de grãos pode ser definida como a dificuldade de desintegração do grão quando sobre eles é exercida uma pressão (Simmonds 1974). Usualmente, o trigo é classificado como hard (duro) ou soft (mole). A característica de dureza de grãos tem forte controle genético, mas também é afetada por fatores ambientais, como o solo (níveis de nitrogênio e de fósforo), a capacidade de retenção de água, a época de cultivo etc. A dureza de grãos é freqüentemente associada à sua vitrosidade, sendo que, em linguagem comum, o trigo vitroso é considerado como trigo duro. A vitrosidade é "um estado" que o trigo pode adquirir quando submetido a condições de alta quantidade de nitrogênio e de alta

temperatura durante a fase de maturação dos grãos e independe de o trigo ser mole ou duro. A principal diferença entre o trigo duro e o trigo vitroso consiste no grau de interação entre os componentes químicos do grão (Pomeranz & Williams 1990). Fortes ligações moleculares dificultam a ruptura do grão verdadeiramente duro, enquanto grãos apenas vitrosos podem ser rompidos com relativa facilidade, sob pressão. A aparência translúcida do grão vitroso é resultado do índice de refração da luz, influenciado por ligação do tipo pontes de hidrogênio.

Outra característica freqüentemente confundida em nosso meio é a textura. A textura é o arranjo de constituintes do grão, como proteínas e amido e seu grau de interação molecular, conferindo as características de dureza e maciez do grão. Dessa forma, o termo textura deve ser utilizado para designar os diferentes graus de dureza de grão (Pomeranz & Williams 1990).

A dureza de grãos é uma característica muito importante para as indústrias moageiras e de produtos finais. Na moagem, os trigos duros e moles devem ser submetidos a diferentes formas de condicionamento, pois trigos moles absorvem água em velocidade superior à dos trigos duros, devido à estrutura mais aberta das camadas da casca e do endosperma. Em trigos moles, pode-se ter um condicionamento de 15 a 18 horas, enquanto o trigo duro pode levar até 48 horas nessa fase. Na moagem, o trigo duro requer maior pressão dos cilindros, e o gasto de energia elétrica é superior; no entanto, a farinha produzida poderá ser facilmente separada do farelo. Também obtêm-se partículas de farinha mais pesadas, ocupando menor espaço nas embalagens. O trigo mole, por sua vez, produz

partículas de farinha mais leves, dificultando os processos de peneiragem e de embalagem.

Do ponto de vista químico, os trigos duros originam farinhas com alto poder de absorção de água (desejável para a panificação) e com teor de proteína superior ao do trigo mole. Dessa forma, os trigos duros são mais indicados para a fabricação de pães e macarrão, e os trigos moles, para bolachas e bolos.

Existem várias formas de interpretação dos testes de dureza, sendo elas dependentes do método de análise empregado. Na Tabela 5, apresentam-se algumas interpretações de testes de dureza.

Tabela 5. Classificação da textura de grãos segundo os testes Particle Size Index (PSI), Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIR) e Barley Pearler (BP)

Textura do grão	PSI (%)	NIR (%)	BP (%)
Extraduro	≤ 8	≤ 28	≤ 29
Muito duro	9 - 13	29 - 39	30 - 40
Duro	14 - 18	40 - 48	41 - 50
Semiduro	19 - 22	49 - 56	51 - 60
Semi-mole	23 - 27	57 - 64	51 - 60
Mole	28 - 32	65 - 72	61 - 70
Muito mole	33 - 36	73 - 78	≥ 71
Extra-mole	≥ 37	≥ 78	

Fonte: Williams et alli (1988).

4.1.4 Proteínas As proteínas de trigo estão divididas em dois grupos: as proteínas não formadoras de glúten, como as albuminas e as globulinas, e as proteínas formadoras de glúten, como

as gliadinas, as gluteninas e o resíduo protéico (Finney et alii 1987). Glúten é o nome genérico dado ao conjunto de proteínas insolúveis do trigo que possuem a capacidade de formar massa, ou seja, quando são misturadas farinha de trigo e água pode-se observar a formação de uma massa constituída da rede protéica do glúten ligado aos grânulos de amido. O glúten, em panificação, retém o gás carbônico produzido durante o processo fermentativo e faz com que o pão aumente de volume.

Uma farinha de trigo forte possui, em geral, maior capacidade de retenção de gás carbônico. Uma farinha fraca, por sua vez, apresenta deficiência nessa característica (Kent 1983).

A expressão "força de uma farinha" normalmente é utilizada para designar a maior ou menor capacidade de uma farinha de sofrer um tratamento mecânico ao ser misturada com água. Também é associada à maior ou à menor capacidade de absorção de água pelas proteínas formadoras de glúten, combinadas à capacidade de retenção do gás carbônico, resultando num bom produto final de panificação, ou seja, pão de bom volume, de textura interna sedosa e de granulometria aberta (Tipples 1982).

Para a avaliação da qualidade de trigo, torna-se necessário verificar os potenciais qualitativo e quantitativo das proteínas.

A qualidade da proteína é medida por métodos químicos, bioquímicos e reológicos. Como métodos químicos comumente utilizados, citam-se os testes de sedimentação de Zeleny e de Sulfato Dodecil de Sódio, que serão descritos posteriormente. A eletroforese de gliadinas e gluteninas e a PCR (Polymerase Chain Reaction) são os principais testes bioquímicos empregados pela pesquisa na seleção de variedades com bandas de boa qualidade de proteínas. Os métodos de

avaliação da reologia da farinha (termo utilizado para designar o estudo do comportamento de uma massa) requerem o uso de equipamentos especialmente desenvolvidos para esse fim, como o alveógrafo de Chopin, o farinógrafo e o mixógrafo, entre outros já em desuso. Esses métodos serão descritos com mais detalhes posteriormente.

A avaliação quantitativa de proteínas pode ser feita por vários métodos, sendo o método padrão de Macro Kjeldahl e o NIR (Near Infrared Reflectance) os mais utilizados.

Na Tabela 6, é apresentada a classificação da qualidade de trigo com base no teor de proteínas.

O conteúdo de proteína do grão é afetado principalmente pelo local de plantio, pelas condições climáticas (chuva e temperatura durante a fase de maturação do grão), pelas práticas culturais (rotação de cultura, adubação nitrogenada), pelas doenças, pelas pragas e, também, pelo genótipo (De Pauw & Townley-Smith 1988).

Tabela 6. Classificação da qualidade do grão segundo o teor de proteínas.

<i>Classificação</i>	<i>Teor de proteína (% base seca)</i>
<i>Muito baixa</i>	$\leq 9,0$
<i>Baixa</i>	9,1 - 11,5
<i>Média</i>	11,6 - 13,5
<i>Alta</i>	13,6 - 15,5
<i>Muito alta</i>	15,6 - 17,5
<i>Extra-alta</i>	$\geq 17,6$

Fonte: Williams et alli (1988)

Para a fabricação dos diversos tipos de produto, devem-se avaliar a combinação da qualidade e a quantidade de proteína presente no trigo.

Muitas vezes uma variedade de trigo apresenta alta quantidade de proteína, mas esta é de baixa qualidade (baixa força), o que pode expressar baixo potencial de panificação. O contrário também pode ser verificado, ou seja, baixa quantidade de proteína mas de alta qualidade, e, neste caso, o potencial de panificação pode ser reduzido em função da presença de menor teor protéico (Shepherd 1988).

Para a fabricação de pão francês, o teor de proteína ideal situa-se na faixa de 10,5 a 13,0 %, calculado em base seca; para pão de forma (tipo sanduíche), de 11,5 a 14,5 %; para bolachas tipo crackers, de 8,5 a 10,5 %; para os demais tipos de bolachas, de 7,5 a 9,0 %; para bolos, de 5 a 7,5 %; para extração de glúten vital, de 14 a 17 %; para massas curtas, de 8,5 a 10,5 % (Schiller 1984).

Em muitos casos, os laboratórios de controle de qualidade adotam a avaliação da quantidade de glúten como critério de seleção de matérias-primas (Redman & Burbridge 1991). A AACC (American Association of Cereal Chemistry) aprovou o método de lavagem manual de glúten e a máquina de lavagem de glúten Theby (Ertel-Werk, Munique, Alemanha) como métodos oficiais. A ICC (International Association of Cereal Chemistry) aprovou o uso de lavador de glúten automático Glutomatic como método padrão (Greenaway & Watson 1975). Por esses métodos, podem-se calcular

o percentual de glúten úmido, seco, e o índice de glúten, que é a relação entre o glúten seco e o glúten total da amostra.

4.1.5 Cinzas ou resíduo mineral fixo - *Cinza é o resíduo resultante da queima de matéria orgânica, sendo, no caso de trigo, constituída por fosfatos e sulfatos de potássio, por cálcio e por magnésio. A maior concentração desses minerais situa-se na parte externa do grão, no farelo; daí conclui-se que, quanto maior a quantidade ou a contaminação de farelo na farinha, maior será o teor de cinzas resultante (Hoseney 1986). Em geral, associa-se o teste de teor de cinzas aos testes de moagem experimental e ao peso do hectolitro para a avaliação do potencial de moagem de uma cultivar. Ao nível de indústria, o conteúdo de cinzas é utilizado para o cálculo da curva de cinzas, que mede a eficiência do processo de moagem (Bar 1989). O teor de cinzas do grão varia de 1,4 a 2,2 %, calculado com base em 14 % de umidade. O teor de cinzas da farinha comercial é utilizado como um dos parâmetros de tipificação pela atual legislação (ver item 2, Legislação sobre trigo, sobre farinha e sobre produtos finais).*

4.1.6. Moagem experimental - *A operação de moagem de trigo tem por finalidades a separação do endosperma do grão das porções externas constituídas pela casca e gérmen, a trituração e a pulverização do endosperma em partículas de granulometria variável, que será chamada de farinha de sêmola ou de semolina de trigo.*

A moagem experimental, feita em laboratório, utiliza equipamentos que reproduzem, em parte, o processo industrial. A

avaliação do potencial de moagem de uma cultivar deve ser executada pela análise conjunta dos percentuais de cinzas, de extração de farinha e de valor do peso do hectolitro. Devem-se considerar ainda a textura do grão e o tipo de equipamento de moagem utilizado. Na Tabela 7, é apresentada a classificação do potencial de moagem de acordo com os dois principais tipos de equipamentos experimentais utilizados.

Em grãos de textura dura, observa-se melhor potencial de moagem, comparado ao dos grãos suaves. Com relação ao peso do hectolitro, muitos estudos foram executados com a finalidade de correlacionar o potencial de moagem e o valor do PH. Desses estudos resultou a constatação de que, para valores muito baixos de PH, indicando problemas na lavoura que afetaram o enchimento de grãos, o potencial de moagem será reduzido.

Tabela 7. Classificação do potencial de moagem segundo o uso dos moinhos Buhler e Quadrumat e os teores de cinzas esperados em cada faixa de extração

Classificação	Extração (%)		Cinzas (%)
	Buhler	Quadrumat	
Excelente	75 - 78	≥ 72	0,42 - 0,45
Muito bom	72 - 74	69 - 71	0,45 - 0,48
Bom	69 - 71	66 - 68	0,49 - 0,51
Regular	66 - 68	63 - 65	0,51 - 0,55
Baixo	63 - 65	60 - 62	0,56 - 0,59
Muito baixo	≤ 62	≤ 59	≥ 0,60

Fonte: Williams et alii (1988).

4.1.7 Número de Queda ou Hagberg Falling Number - O teste de Falling Number tem por finalidade verificar a atividade da enzima alfa-amilase do grão, a fim de detectar danos causados pela germinação na espiga (Perten 1964). O método foi aprovado pelo ICC (International Association of Cereal Chemistry) através da norma nº 107.

A ocorrência de chuvas por ocasião da colheita pode levar uma cultivar de trigo a iniciar o processo germinativo, que traz como consequência a deterioração do grão em níveis que podem comprometer sua utilização industrial (Moss et alii 1972).

Com o início da germinação, ocorre um incremento na atividade das enzimas alfa- e beta-amilases (Lorenz & Wolt 1981). Esse acréscimo de produção da alfa-amilase provoca a sacarificação das moléculas de amido durante o processo de fabricação de pão, resultando em pães com textura interna pegajosa e úmida (Perten 1967). Por outro lado, a baixa atividade da enzima alfa-amilase afeta negativamente a panificação, resultando em produto final com textura interna seca e quebradiça. Na Tabela 8, é apresentada a classificação da qualidade do grão de acordo com os valores de Falling Number.

A baixa atividade enzimática não constitui um problema de difícil solução. Em geral, os reforçadores ou melhoradores utilizados em panificação apresentam, em sua formulação, enzimas alfa-amilásicas fúngicas, que têm por finalidade a correção dessa deficiência na farinha. Já a alta atividade enzimática do grão só pode ser corrigida pela mescla de trigo ou de farinha complementares, em

proporções que devem ser estudadas preliminarmente, visando à "diluição" do excesso de alfa-amilase.

Tabela 8. Classificação da qualidade de grãos de acordo com os valores de Falling Number

Classificação	Falling Number (segundos)
Alta atividade enzimática	≤ 200
Atividade enzimática ideal	201 - 350
Baixa atividade enzimática	≥ 351

Fonte: Perten. (1964).

4.1.8 Teste de Sedimentação de Zeleny - O teste de Zeleny estima o potencial de panificação (força de glúten) de uma cultivar. O método é baseado na capacidade de embebição de água das proteínas formadoras de glúten, quando submetidas à desnaturação parcial por solução diluída de ácido láctico.

Os valores de sedimentação são influenciados pela quantidade e pela qualidade do glúten. Dessa forma, todos os fatores que influenciam a quantidade e qualidade do glúten (fatores genéticos e ambientais) refletir-se-ão no resultado do teste. Uma das formas de contornar esse problema consiste no cálculo da sedimentação específica, índice de sedimentação, que é a relação entre o valor de sedimentação e o teor de proteína com base em 14 % de umidade (Zeleny 1947). Na Tabela 9, é apresentada a classificação da qualidade do glúten em valores obtidos no teste de Zeleny.

Tabela 9. Classificação da qualidade do glúten de acordo com os valores do Teste de Zeleny

<i>Classificação</i>	<i>Sedimentação - Zeleny (ml)</i>
<i>Muito forte</i>	≥ 45
<i>Forte</i>	44 - 36
<i>Média</i>	35 - 28
<i>Fraca</i>	≤ 27

Fonte: FUNDACEP-FECOTRIGO, 1989.

4.1.9 Teste de Microssedimentação com Sulfato Dodecil de Sódio (MS-SDS) - O teste MS-SDS é empregado principalmente para a avaliação do potencial de panificação (força de glúten) em programas de melhoramento genético (Axford et alii 1978). É um teste rápido e econômico e requer pequena quantidade de amostra (1 g), fator este que facilita a análise de gerações segregantes dos programas de pesquisa.

À semelhança do Teste de Zeleny, o MS-SDS utiliza uma solução de ácido láctico, mas associada ao detergente sulfato dodecil de sódio. O MS-SDS é afetado pela quantidade e pela qualidade de proteína, além de apresentar grandes variações quando não executado com rigoroso controle de temperatura ambiente e das soluções, além de alterações de resultados, se o tamanho das partículas da amostra não for uniforme (Dick & Quick 1983). Recomenda-se o uso do Índice MS-SDS (relação entre valores de sedimentação e conteúdo de proteínas) para efeito comparativo entre anos de estudo (Dexter et alii

1980). Na Tabela 10, é apresentada a classificação da força de glúten (potencial de panificação) de acordo com os resultados do MS-SDS.

O MS-SDS pode ser feito utilizando-se provetas de 25 e 100 ml e alterando-se somente a proporção de reagentes e de amostra na análise.

Tabela 10. Classificação da qualidade do grão quanto à força de glúten (potencial de panificação) de acordo com o Teste de Microssedimentação com Sulfato Dodecil de Sódio (MS-SDS) em proveta de 25 ml

<i>Classificação</i>	<i>MS-SDS</i>
<i>Muito forte</i>	$\geq 17,5$
<i>Forte</i>	15,0 a 17,4
<i>Média força forte</i>	12,5 a 14,9
<i>Média força fraco</i>	10,0 a 12,4
<i>Fraco</i>	7,5 a 9,9
<i>Muito fraco</i>	$\leq 7,4$

Fonte: Williams et alli (1988).

4.2 Testes reológicos

4.2.1 Alveografia - A alveografia é um teste reológico usado em vários países da Europa, em especial na França, para a determinação de características qualitativas da farinha. Nesse teste, é preparada uma massa com farinha de trigo e solução de cloreto de sódio, considerando a absorção padrão de água de 56 % e tendo todo o procedimento de mistura e preparo de massa padronizado. Com a massa é feito um pequeno disco de circunferência e espessura

uniformes e, posteriormente, é inflada, sob pressão constante, uma quantidade de ar, suficiente para a formação de uma bolha de massa até a sua extensão total e conseqüente ruptura. A pressão da bolha é medida por um manômetro registrador, onde é feita a leitura do teste (Faridi 1985).

Na Figura 1, é apresentado um alveograma com indicação das principais medidas. O comprimento da curva é chamada de "L" ou extensibilidade. A altura é chamada de "P" ou pressão máxima de ruptura, também designada de tenacidade limite, e W, a força geral do glúten, é a medida da área da curva multiplicada por uma constante do aparelho.

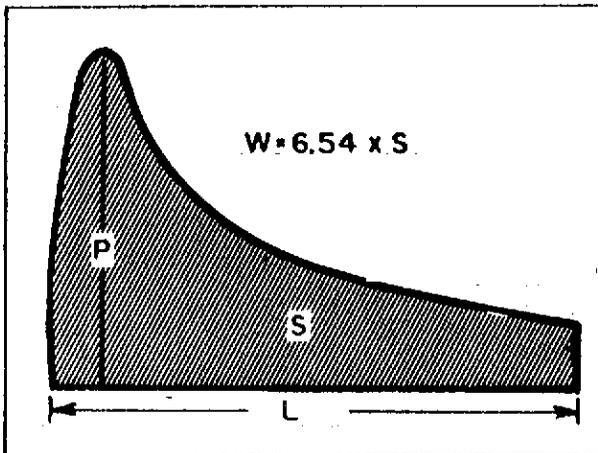


Figura 1 - Exemplo de alveograma

Embora o alveograma forneça dados relevantes para prever a qualidade da farinha, seus índices são baseados em correlações entre o comportamento da massa durante o processo de fabricação dos produtos finais e os diferentes gráficos produzidos. Em muitos casos, considerando-se outras características qualitativas da amostra, como percentual de amido danificado, granulometria da farinha e percentual de absorção de água, o alveograma pode não expressar o verdadeiro potencial qualitativo de trigo (Bettge et alii 1989).

A pressão máxima de ruptura, ou "P", é considerada como índice de estabilidade da massa, indicando resistência ao trabalho de deformação, e é positivamente correlacionada com a capacidade de absorção de água da farinha (Chen & D'appolonia 1985).

A extensibilidade, ou "L", é um indicativo de volume do pão. Em geral, quanto maior o valor de L, maior será o volume do pão. Mas essa característica é dependente do valor de P. Deve existir uma proporcionalidade dos valores de P e L (relação P/L) para, associados ao valor de W (força geral do glúten), expressarem um bom potencial de panificação (Chen & D'appolonia 1985).

A farinha que apresentar valores de P/L abaixo de 0,60 pode ser considerada de glúten extensível, de 0,61 a 1,20, de glúten balanceado, e valores de P/L acima de 1,21, de glúten tenaz.

Na Tabela 11, é apresentada a classificação de qualidade de glúten segundo valores de W.

Tabela 11. Classificação da força geral de glúten determinada pelo Teste de Alveografia

<i>Classificação</i>	<i>Força geral de glúten 10⁴ J</i>
<i>Muito fraca</i>	<i>≤ 50</i>
<i>Fraca</i>	<i>51 - 100</i>
<i>Média</i>	<i>101 - 200</i>
<i>Média-forte</i>	<i>201 - 300</i>
<i>Forte</i>	<i>301 - 400</i>
<i>Muito forte</i>	<i>≥ 401</i>

Fonte: Williams et ali (1988).

4.2.2. Mixografia - A mixografia é um teste reológico em que quantidades de farinha e água são misturadas e, paralelamente, ocorre o registro da mistura do desenvolvimento da massa aos diferentes graus de quebra de sua resistência. Os principais índices de qualidade medidos pelo mixógrafo são o tempo de amassamento, ou tempo de desenvolvimento, e a altura de curva, ou altura do desenvolvimento. Na Figura 2, é apresentada uma representação dos índices obtidos na mixografia.

O tempo de amassamento é o tempo que a massa leva para atingir o maior grau de desenvolvimento ou melhor resistência. Em termos práticos, o tempo de desenvolvimento indica o tempo de mistura durante a fabricação de pão. A altura da curva indica a força da farinha e o seu potencial de absorção de água.

Na Tabela 12, é apresentada a classificação da força da farinha de acordo com os dados do mixograma.

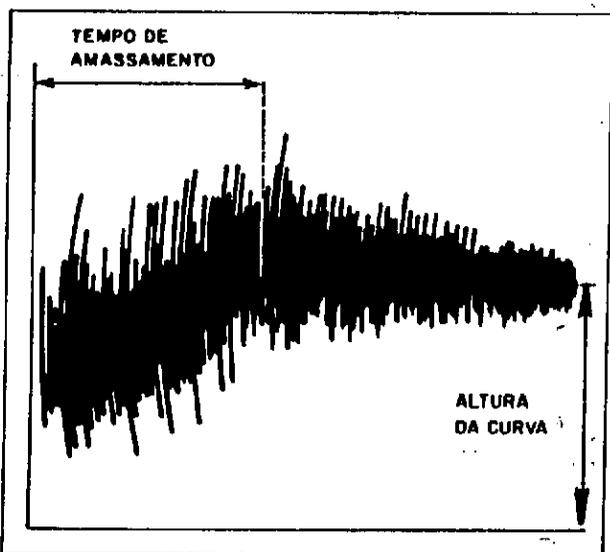


Figura 2 - Exemplo de mixograma

Tabela 12. Classificação da força geral da farinha de acordo com o tempo de amassamento e com a altura da curva obtidos pela Mixografia

Classificação	Tempo de amassamento (min.)	Altura da curva (mm)
Extra forte	≥ 4,5	≥ 70
Forte	3,4 a 4,4	60 - 69
Média	2,5 a 3,3	50 - 59
Fraca	1,5 a 2,4	40 - 49
Muito fraca	≤ 1,4	≤ 39

Fonte: Williams et alii (1988).

A mixografia apresenta limitações que afetam o resultado final, como a utilização do aparelho que não é padronizado, principalmente sob o aspecto de absorção de água, e o efeito do ambiente e do teor de proteína. Dessa forma, só são comparáveis

resultados provenientes de amostras conduzidas num mesmo local e analisadas em um mesmo laboratório (Hoseney 1985).

4.2.3. Farinografia - A farinografia é um dos mais completos e sensíveis testes para a avaliação da qualidade de mistura da massa da farinha de trigo.

Nesse teste, é adicionada uma quantidade de água à farinha, suficiente para que a massa adquira uma consistência padrão (atinja a linha das 500 Unidades Brabender), e todas as fases de mistura, de desenvolvimento e de quebra, ou amolecimento, da massa são registradas em gráfico chamado farinograma. No farinograma, são medidos diversos índices de qualidade, como o tempo de desenvolvimento da massa, a estabilidade, o Índice de tolerância da massa, o valor valorimétrico, entre outros (Tipplés et alii 1978).

Na Figura 3, é apresentado um farinograma indicando as principais leituras do gráfico.

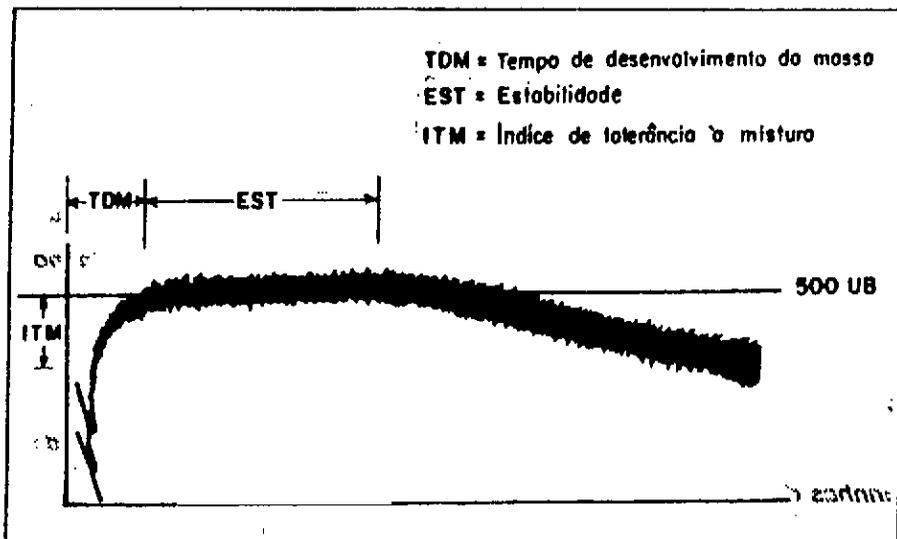


Figura 3 - Exemplo de farinograma

A absorção de água de uma amostra, obtida pela farinografia, é um indicativo de absorção de água para a fabricação de pão.

O tempo de desenvolvimento da massa consiste no intervalo de tempo, em minutos, que a massa leva para atingir o ponto de máxima consistência (linha das 500 Unidades Brabender). Em termos práticos, o tempo de desenvolvimento é indicativo do tempo que o profissional de panificação dispõe para determinar o percentual de absorção de água da farinha que está trabalhando, de forma a deixar a massa com a consistência ideal para o fabrico de pão.

A estabilidade é definida como a diferença de tempo, em minutos, entre o ponto do topo da curva que intercepta a linha das 500 Unidades Brabender e o ponto do topo da curva que deixa a mesma linha. A estabilidade dá um indicativo da resistência que a massa possui ao tratamento mecânico e ao tempo do processo fermentativo na fabricação de pão.

O índice de tolerância da massa é a diferença, expressa em Unidades Brabender, entre o topo da curva do pico e o topo da curva, medido em 5 minutos após atingido o pico máximo. Esse índice fornece informações sobre a maior ou menor tolerância da massa durante a mistura.

O valor valorimétrico é uma medida obtida a partir da utilização de um ábaco, o valorímetro, sendo um valor baseado no tempo de desenvolvimento e no índice de tolerância da massa à mistura. O valor valorimétrico, por ser um dado empírico de qualidade, muitas vezes não é considerado nas avaliações do farinograma.

Na Tabela 13, é apresentada a classificação da qualidade de farinhas de acordo com os dados obtidos na farinografia.

Os tipos de farinograma obtidos em análises de trigo variam de acordo com a cultivar, com o efeito das condições ambientais,

com o teor de proteína e com o tipo de farinha analisada (Holas & Tipples 1978).

Tabela 13. Classificação da qualidade da farinha segundo a interpretação de tempo de desenvolvimento da massa, a estabilidade e o índice de tolerância, obtidos pela farinografia

Classificação	Tempo de desenvolvimento (min)	Estabilidade (min)	Índice de tolerância (UB)
<i>Muito fraca</i>	$\leq 2,0$	$\leq 2,0$	≥ 200
<i>Fraca</i>	2,1 - 4,0	2,1 - 4,0	150 - 199
<i>Média força-fraca</i>	4,1 - 6,0	4,1 - 7,0	100 - 149
<i>Média força-forte</i>	6,1 - 8,0	7,1 - 10,0	50 - 99
<i>Forte</i>	8,1 - 10,0	10,1 - 15,0	0 - 49
<i>Muito forte</i>	$\geq 10,1$	$\geq 15,1$	

Fonte: Williams et alli (1988).

5 Referências bibliográficas

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. *Approved methods of the AACC*. St. Paul, MN, 1983.

AXFORD, D.W.E.; McDERMOTT, E.E.; REDMAN, D.G. *Small-scale tests of bread-making quality*. *Milling Feed and Fertilizer*, v.161, p.18-20, May 1978.

BAR, W.H. *Obtenção de farinhas tipificadas de máximo rendimento industrial levadas a efeito na moagem*. *Coletânea do ITAL*, v.19, n.2, p.173-185, jul./dez. 1989.

BEQUETTE, R.K. *Influence of variety and "environment" on wheat quality*. *Association of Operative Millers - Bulletin*, p.5443-5450, May 1989.

- BETTGE, A.; RUBENTHALER, G.L.; POMERANZ, Y. *Alveograph algorithms to predict functional properties of wheat in bread and cookie baking. Cereal Chemistry*, v.66, n.2, p.81-86, 1989.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. Portaria nº 167, de 29 de julho de 1994. *Diário Oficial*, n.147, p.11.640-11.642, ago. 1994.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 354, de 18 de julho de 1996. *Diário Oficial*, n.140, p.13557-13558, jul. 1996.
- CHEN, J.; D'APPOLONIA, B.L. *Alveograph studies on hard red spring wheat flour. Cereal Foods World*, v.30, n.12, p.862-867, Dec. 1985.
- DE PAUW, R.M.; TOWNLEY-SMITH, T.F. *Patterns of response for genotype grain yield and protein content in seven environments. In: INTERNATIONAL WHEAT GENETICS SYMPOSIUM, 7., 1988, Cambridge. Proceedings. Cambridge: Institute of Plant Science Research, 1988. v.2, p.993-961.*
- DEXTER, J.E.; MATSUO, R.R.; KOSMOLAK, F.G.; LEISLE, D.; MARCHYLO, B.A. *The suitability of the SDS-sedimentation test for assessing gluten strength in durum wheat. Canadian Journal of Plant Science*, v.60, p.25-29, Jan. 1980.
- DICK, J.W.; QUICK, J.S. *A modified screening test for rapid estimation of gluten strength in early-generation durum wheat breeding lines. Cereal Chemistry*, v.60, n.4, p.315-318, 1983.
- EMATER-RS. *Trigo com qualidade. Porto Alegre: EMATER-RS/EMBRAPA-CNPT, 1995. 11p.*
- FARIDI, H., ed. *Rheology of wheat products. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1985. 273p.*
- FINNEY, K.F.; YAMAZAKI, W.T.; YOUNGS, V.L.; RUBENTHALER, G.L. *Quality of hard, soft, and durum wheats. In: HEYNE, E.G., ed. Wheat and wheat improvement. 2.ed. Madison: American Society of Agronomy-Crop Science Society of America-Soil Science Society of America, 1987. p.677-748. (ASA Agronomy, 13).*

- GREENAWAY, W.I.; WATSON, C.A. *The glutomatic for semiautomatic determination of wet and dry gluten content of wheat flour.* **Cereal Chemistry**, v.52, n.3, p.367-373, May/June, 1975.
- HOLAS, J.; TIPPLES, K.H. *Factors affecting farinograph and baking absorption. I. Quality characteristics of flour streams.* **Cereal Chemistry**, v.55, n.5, p.637-652, Sep./Oct. 1978.
- HOSENEY, R.C. *The mixing phenomenon.* **Cereal Foods World**, v.30, n.7, p.453-457, Jul. 1985.
- HOSENEY, R.C. *Principles of cereal science and technology.* St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1986. 327p.
- KENT, N.L. *Technology of cereals: an introduction for students of food science and agriculture.* 3.ed. Oxford: Pergamon Press, 1983. 221p.
- LORENZ, K.; WOLT, M. *Effect of altitude on falling number values of flours.* **Cereal Chemistry**, v.58, n.2, p.80-82, Mar.-Apr. 1981.
- MacRITCHIE, F.; CROS, D.L.; WRIGLEY, C.W. *Flour polypeptides related to wheat quality.* **Advances in Cereal Science and Technology**, v.10, p.79-145, 1990.
- MacRITCHIE, F. *Physicochemical aspects of some problems in wheat research.* **Advances in Cereal Science and Technology**, v.3, p.271-326, 1980.
- MOSS, H.J.; DERERA, N.F.; BALAAM, L.N. *Effect of pre-harvest rain on germination in the ear and alpha-amylase activity of Australian wheat.* **Australian Journal of Agriculture Research**, v.23, n.5, p.769-777, 1972.
- PERTEN, H. *Application of the falling number method for evaluating alpha-amylase activity.* **Separata de Cereal Chemistry**, v.41, n.3, p.127-140, May, 1964.
- PERTEN, H. *Factors influencing falling number values.* **Separata de Cereal Science Today**, v.12, n.12, p.516-519, Dec. 1967.
- POMERANZ, Y.; WILLIAMS, P.C. *Wheat hardness: its genetic, structural, and biochemical background, measurement, and significance.* **Advances in Cereal Science and Technology**, v.10, p.471-544, 1990.

- POSNER, E.S. *La influencia del tamaño del grano de trigo sobre la aptitud molinera. In: SEMINARIO TECNICO-ECONOMICO DE MOLINERIA, 1990, Fortaleza, CE. [S.l.]: U.S. Wheat Associates, [1990]. p.20-31.*
- REDMAN, D.G.; BURBRIDGE, K. *Análise do lavador de glúten glutomatic. Alimentos & Tecnologia, v.7, n.35; p.79-81, 1991.*
- SCHROEDER, L.F. *Qualidade de trigo. [S.l.:s.n., s.d.]. 6p.*
- SHELLENBERGER, J.A. *Advances in milling technology. Advances in Cereal Science and Technology, v.3, p.227-270, 1980.*
- SHEPHERD, K.W. *Genetics of wheat endosperm proteins - in retrospect and prospect. In: INTERNATIONAL WHEAT GENETICS SYMPOSIUM, 7., 1988, Cambridge. Proceedings. Cambridge.: Institute of Plant Science Research, 1988. v.2, p.919-931.*
- SCHILLER, G.W. *Bakery flour specifications. Cereal Foods World, v.29, n.10, p.647-651, Oct. 1984.*
- SIMMONDS, D.H. *Chemical basis of hardness and vitreosity in the wheat kernel. Bakers Digest, p.16-29, 63, Oct. 1974.*
- TIPPLES, K.H.; MEREDITH, J.O.; HOLAS, J. *Factors affecting farinograph and baking absorption. II. Relative influence of flour components. Separata de Cereal Chemistry, v.55, n.5, p.652-660, Sep./Oct. 1978.*
- TIPPLES, K.H.; PRESTON, K.R.; KILBORN, R.H. *Implications of the term "strength" as related to wheat and flour quality. Bakers Digest, p.16-20, Dec. 1982.*
- WILLIAMS, P.; EL-HARAMEIN, F.J.; NAKKOUL, H.; RIHAWI, S. *Crop quality evaluation methods and guidelines. 2.ed. Aleppo, Syria: ICARDA, 1988. 145p.*
- ZELENY, L. *A simple sedimentation test for estimating the bread-baking and gluten qualities of wheat flour. Cereal Chemistry, v.24, n.6, p.465-475, Nov. 1947*

