

# APLICAÇÃO DO SKCS NO MELHORAMENTO E SUA RELAÇÃO COM OUTROS PARÂMETROS DE QUALIDADE

MZ de Miranda<sup>1</sup>, EM Guarienti<sup>1</sup>, PL Scheeren<sup>1</sup>, MC Bassoi<sup>2</sup>, M Só e Silva<sup>1</sup>, E Caierão<sup>1</sup>, RL de Castro<sup>1</sup>, PO Tatsch<sup>1</sup>, JC Albrecht<sup>3</sup>, VR Caetano<sup>4</sup>

## RESUMEN

La textura del grano (grado de dureza o blandura) es una de las características más importantes que define la calidad del trigo, ya que se utiliza para clasificar el grano, y afecta a la molienda, la cocción y la calidad de uso final. La dureza del grano se ve afectada por factores como proteína, vitreosidad, tamaño del grano, pentosanos solubles en agua, contenido de humedad y lípidos. Se han sugerido varios métodos para medir la dureza del grano de trigo. El Sistema de Caracterización Individual de la Semilla (SKCS) es uno de ellos. Él cuenta 300 granos y muestra los resultados para el índice de dureza (ID), así como para el peso del granos, el diámetro del grano, y el contenido de humedad, para verificar la uniformidad del grano. El ID mide la fuerza necesaria para triturar los granos de trigo y clasifica el trigo en ocho categorías: extra duro (90+), muy duro (81-90), duro (65-80), semiduro (45-64), semiblando (35-44), blando (25-34), muy blando (10-24) y extra blando (<10). Este trabajo reporta la utilización del SKCS para evaluar el trigo en el programa de mejoramiento genético de Embrapa (generaciones tempranas y avanzadas), proporcionando un poderoso vínculo entre el mejoramiento y el mercado (la calidad del uso final). Genotipos de trigo Brasileño han sido evaluados en SKCS desde

2005, pero de manera más eficaz, a partir de 2008. El ID se ha utilizado en el mejoramiento general, a partir de las Parcelas de Observaciones (líneas avanzadas), pero desde 2013 en proyecto de galletas, en la selección de primera generación. El ID de las 15.744 muestras analizadas de mejoramiento en SKCS de 2003 hasta 2013, varió de extra fuerte a blando, la mayoría de ellos siendo duro (38 %) y muy duro (32 %), mientras que sólo 11 % del material testado fue agrupado como semiblando, blando o muy blando, con ID menos de 45. Correlaciones significativas de ID se observaron con los parámetros de calidad de trigo, especialmente relacionados con el color de harina y los parámetros reológicos. SKCS ha demostrado ser una excelente herramienta para su uso en programas de mejoramiento, principalmente el parámetro ID, ya que la textura del grano (duro o blando), influye en el proceso de molienda (rendimiento en harina), en la cantidad de almidón dañado, en la capacidad de absorción de agua de harina, permitiendo direccionar genotipos de trigo en el mejoramiento de acuerdo con los diferentes productos finales.

Palavras clave: *Triticum aestivum* L., textura del grano, selección de genotipos, calidad de uso final, mejoramiento genético vegetal.

<sup>1</sup>Embrapa Trigo, Rodovia BR 285, km 294, Caixa Postal 3081, CEP 99001-970, Passo Fundo, RS, Brasil;

<sup>2</sup>Embrapa Soja, Rodovia Carlos João Strass, Acesso Orlando Amaral s/n, Distrito de Warta, CEP 86001-970, Londrina, PR, Brasil;

<sup>3</sup>Embrapa Cerrados, Caixa Postal 08223, CEP 73310-970, Planaltina, DF, Brasil;

<sup>4</sup>Embrapa Clima Temperado, Rodovia BR 392, km 78, Caixa Postal 403, CEP 96010-971, Pelotas, RS, Brasil. E-mail: martha.miranda@embrapa.br

## INTRODUÇÃO

Os programas de melhoramento genético de cultivares são contínuos e, portanto, linhagens são constantemente adicionadas e eliminadas. Um dos principais critérios a ser levado em conta no desenvolvimento de uma cultivar de trigo é a sua qualidade tecnológica. Os fatores determinantes desta são a textura do endosperma, o teor de proteína e a força de glúten.

A textura do endosperma do trigo é uma característica única e a mais importante para definir qualidade, uma vez que facilita a classificação de trigo, afeta a moagem e o processamento do trigo, a panificação e a qualidade de uso final (Pasha et al., 2010). A classificação de textura de grão é baseada principalmente na resistência ao esmagamento de grãos ou na distribuição do tamanho das partículas de grãos moídos ou farinhas (Morris, 2002).

O trigo para pão é hexaploide (*Triticum aestivum* L., genoma AABBDD) e o trigo para pastas é tetraploide (*T. durum*, genoma AABB), e possuem grãos com textura diferenciada. Porém, ambos têm a capacidade única de serem usados numa grande variedade de produtos alimentares (Wiley et al., 2004).

Nas Américas do Norte e do Sul são usadas as terminologias trigo mole («soft») e trigo duro («hard») para cultivares de *T. aestivum*, e trigo durum para *T. turgidum* ssp. *Durum*. Por outro lado, em alguns países europeus, os termos trigo «soft» e «hard» são usados para cultivares de *T. aestivum* e *T. turgidum* ssp. *durum*, respectivamente (Pauly et al., 2013 citado por Delcour e Hosney 2010). O trigo durum (*Triticum turgidum durum*) não é cultivado no Brasil, devido a fatores climáticos, que o tornam muito suscetível a doenças. Neste artigo será usada a terminologia americana para termos de dureza.

A dureza é determinada pelo grau de adesão entre os vários componentes das células do endosperma amiláceo do grão de trigo maduro, especialmente entre os grânulos de amido e a matriz proteica (glúten), mas também entre as proteínas e

as paredes celulares (Wiley et al., 2004). A friabilina é uma proteína de 15 kDa, específica do endosperma associada com os grânulos de amido do grão de trigo, sendo a medida da sua adesão na superfície do grânulo de amido, um dos principais fatores responsáveis pela dureza do grão. A variação na textura do grão (grau de dureza ou maciez) é inerente e controlada por um único locus denominado Ha («Hardness»), sendo a friabilina composta por três genes (Pin a, Pin b e Gsp-1) situados no cromossomo 5D. As puroindolinas (PINs), proteínas ligadas a membrana e ricas em cisteína, representam a base da genética molecular, e os alelos Ha presentes em variedades de trigo pão hexaploides desempenham papel específico, atuando como proteínas anti-aderentes na superfície do grânulo de amido, resultando na maciez do grão (Wiley et al., 2004; Pasha et al., 2010). Quando ambas as puroindolinas estão em seu estado «funcional» nativo, a textura do grão é mole. Quando qualquer uma das puroindolinas está ausente ou alterada por mutação, o resultado é a textura dura. No caso do trigo durum que carece de puroindolinas, a textura é muito dura (Morris, 2002).

A visualização das diferenças entre trigo duro e trigo mole pode ser feita através de micrografias eletrônicas de varredura do grão fraturado. No trigo duro, os grânulos de amido estão firmemente aderidos na matriz proteica, muitos grânulos de amido são danificados durante a moagem, apresentando assim, elevada absorção de água e no amido isolado de trigo duro, estão presentes baixos níveis de proteína friabilina (MASwheat, 2014). O trigo duro requer tempo mais longo e mais energia para o processo de moagem, além de produzir maior quantidade de amido danificado (Peña, 2002). No trigo mole, por sua vez, os grânulos de amido estão ligeiramente aderidos a matriz proteica (são observados buracos na superfície), possuem baixa proporção de grânulos de amido danificados, baixa absorção de água, e no amido isolado de trigo mole, estão presentes níveis relativamente altos de friabilina (MASwheat, 2014).

A dureza do grão de trigo é afetada por fatores como proteína, vitreosidade, tamanho do grão, pentosanas solúveis em água, conteúdo de umidade e lipídios (Wiley et al., 2004), enquanto que a textura do endosperma influi nas propriedades físicas como condicionamento, tamanho de partícula da farinha, densidade da farinha, amido danificado, absorção de água e rendimento de moagem. Devido a isto, diferentes métodos para a avaliação de dureza do grão de trigo foram desenvolvidos, entre eles o SKCS, sistema individual de caracterização da semente.

O SKCS foi desenvolvido para permitir a diferenciação de novas cultivares que estão sendo introduzidas, permitindo verificar também a uniformidade de grãos em programas de melhoramento de trigo (Pspotka, 1999). O SKCS 4100 possui também potencial para rastrear linhagens de plantas em geração precoce, relacionando-as com a qualidade da farinha (Osborne et al., 1997).

### DETERMINAÇÃO DE DUREZA DE GRÃO

Várias técnicas têm sido usadas para avaliar a dureza do grão e são classificadas em diferentes grupos de acordo com a moagem, trituração e abrasão. Entre os métodos usados para medição de textura são citados: índice de tamanho de partícula («particle size index», PSI); dureza por espectrometria no infravermelho próximo

(«near infrared spectroscopy», NIRs); eletroforese em gel de poliacrilamida com dodecil sulfato de sódio (SDS-PAGE) e marcadores moleculares através de reação em cadeia de polimerase («polymerase chain reaction», PCR) e sistema de caracterização individual da semente («single kernel characterization system», SKCS).

Os mais usados para trigo são o PSI, que surgiu em 1935 (neste método, o trigo moído é tamizado e a porcentagem que passa é o PSI, sendo quanto maior o valor de PSI, mais brando o grão) e é o método oficial nº 55-30, «Particle Size Index for Wheat Hardness», da AACC International (2000); o tempo de moagem como indicador da dureza do grão, que começou a ser usado em 1978; e o método de determinação de dureza por infravermelho próximo (NIR), calibrado pelo PSI, que surgiu também em 1978.

O SKCS foi lançado somente em 1993, com tecnologia desenvolvida pelo USDA (Osborne e Anderssen, 2003). O SKCS é um sistema para caracterizar o grão, incluindo sua textura, avalia 300 grãos em 3-4 min (grão a grão), e é o método oficial nº 55-31, «SKCS for Wheat kernel texture», da AACC International (2000).

O índice de dureza (ID) do grão no SKCS é determinado pela medida experimental da força necessária para triturar o grão de trigo e, segundo a AACC (2000), pode ser classificado em extra-duro (ED= ID > 90), muito duro (MD= ID 81-90), duro (D= ID 65-80), semi-duro (SD= ID 45-64), semi-mole

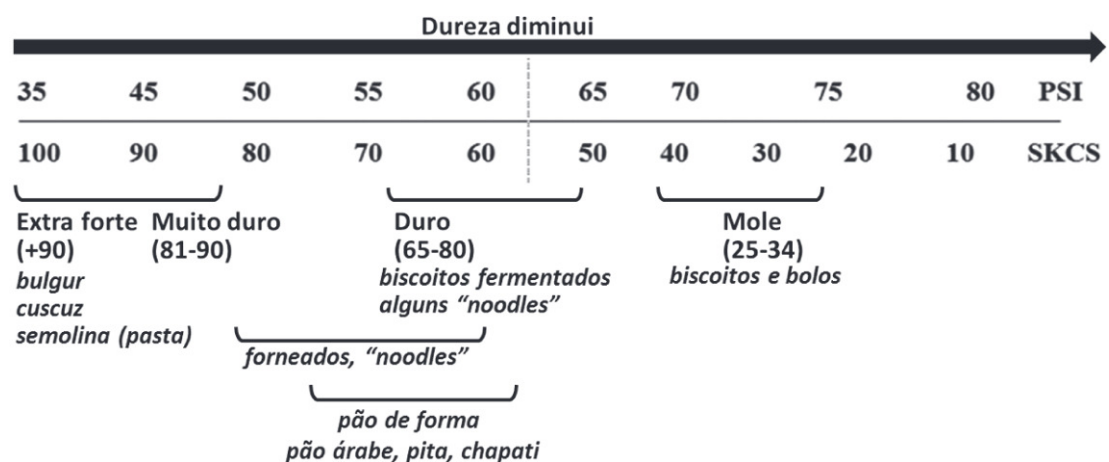


Figura 1. Relação entre dureza do grão e funcionalidade. Fonte: Adaptado de Perten (s.d.).

(SM= ID 35-44), mole (M= 25-34), muito mole (MM= 10-24) e extra mole (EM= ID < 10).

dureza do grão, avaliada pelo método de PSI e pelo SKCS.

## RELAÇÃO DE DUREZA DO TRIGO COM FUNCIONALIDADE

A dureza afeta a moagem e a qualidade de processamento de trigo; quanto mais duro o trigo, maior o dano no amido durante a moagem e maior o tamanho de partícula obtido. Para o usuário final, a dureza indica a adequação de uma determinada farinha para uso em produtos alimentícios. As variedades de trigo duro hexaplóides são usadas para pão enquanto as de trigo mole são usadas para biscoitos, bolos e produtos de confeitaria (Wiley et al., 2004). Na Figura 1 são mostrados os usos de trigo, conforme a

## AVALIAÇÃO DA TEXTURA DO GRÃO DE TRIGO PELO SKCS

O processo de análise no SKCS inicia com os grãos sendo captados por vácuo na roda separadora, um a um, em seguida, caem no dispositivo de pesagem. O peso do grão faz com que o braço de pesagem desvie do seu nível normal, e esse deslocamento mede o peso do grão. Após a pesagem, os grãos caem na abertura do rotor de esmagamento, sendo arrastados para dentro deste. A força de trituração em função do tempo é registrada por uma célula de carga (dinamômetro), sendo a umidade determina-

Tabela 1. Faixas de resultados da avaliação das características do grão pelo SKCS.

Medida de 300 grãos	Faixa de resultados	Trigo duro	Trigo mole
Média de índice de dureza (ID)	-20 to 120	75-85	15-35
Média de teor de umidade	8 to 16%	10-13 %	10-13 %
Média de peso	12 to 80 mg	30-45 mg	30-45 mg
Média de diâmetro	1 to 6 mm	2,1-3 mm	2,1-3 mm

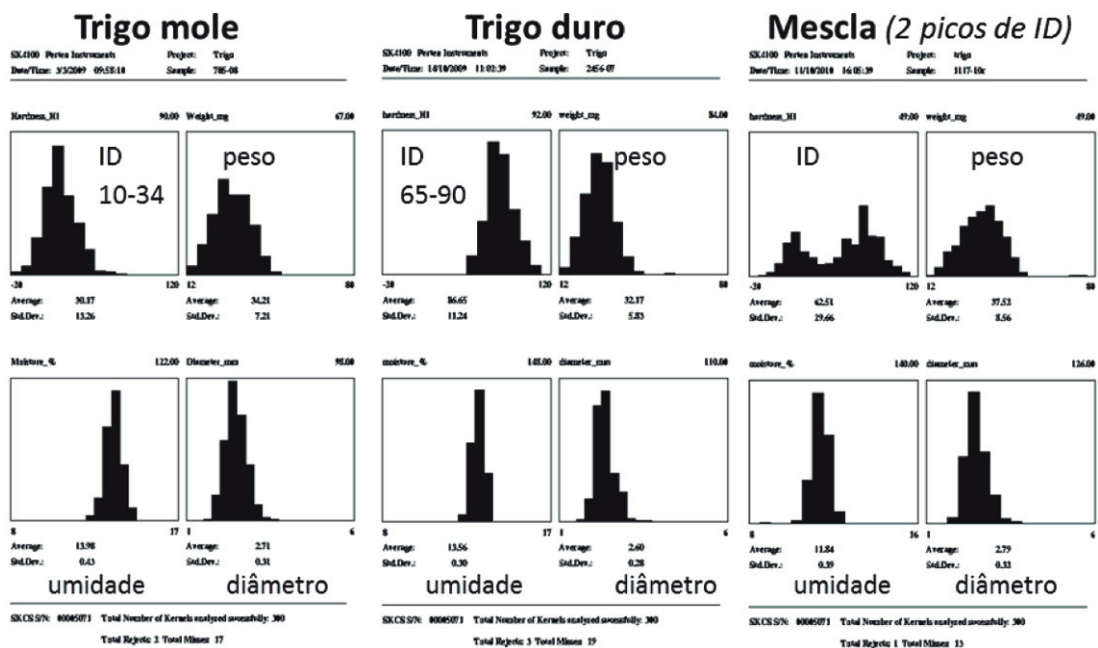


Figura 2. Histogramas de análises em SKCS realizadas no Laboratório de Qualidade de Grãos da Embrapa Trigo para trigo mole, trigo duro e mescla. Onde: ID= índice de dureza do grão, peso= peso do grão.

da a seguir, por condutância e um perfil de esmagamento usado para determinar a dureza. Um histograma indica o padrão de mudanças no perfil usado para caracterizar a curva em alguns números (Perten s.d.).

Resumindo, na avaliação pelo SKCS são determinados: o peso do grão (mg), através do mecanismo de pesagem; o diâmetro do grão (mm), usando dados do perfil de trituração; o índice de dureza do grão (ID), através de dados do perfil modificado para peso e temperatura; e a umidade do grão (%), determinada por condutância.

Na Tabela 1 são apresentadas as faixas de calibração do SKCS para cada parâmetro avaliado. Os resultados são apresentados em termos de média e desvio padrão, bem como histogramas para a visualização da uniformidade. Na Figura 2 são mostrados exemplos de histogramas e resultados de análises obtidos pelo uso do SKCS.

Os métodos tradicionais, como peso do hectolitro, peso de mil grãos, dureza determinada pelo infravermelho próximo (NIR) e por outros métodos, apresentam somente o valor médio da dureza do grão, sem a informação da variação e uniformidade da amostra (Perten, s.d.), o que pode levar a informações equivocadas.

## APLICAÇÕES DO SKCS

Esquemáticamente o SKCS pode ser usado para (Perten, s.d.):

- Classificação de dureza do grão: em trigo mole, duro ou para verificar se existem mesclas. Por exemplo: o trigo do Canadá e dos Estados Unidos da América são classificados de acordo com a dureza do grão.
- Provas de uniformidade do grão: em comércio de grãos (permite detectar lotes misturados, p. ex. lotes de trigo duro adulterado com «soft» que tem menor valor comercial), entrada no silo, moenda, fitomelhoramento. No caso da distribuição de umidade esta permite verificar o potencial de estabilidade ao armazenamento. A falta de uniformidade faz com que a meta de qualidade da farinha não seja alcançada causando problemas nas padarias.

- Controle de qualidade de moagem: desempenho da moagem (rendimento em farinha, grau de moagem).
- Melhoramento vegetal: o SKCS tem potencial para a detecção em gerações precoces de trigo: usa pequena quantidade de amostra, de 50 a 100 grãos (2-4 gramas); pode rastrear para seleção de linhagens para tamanho do grão/forma e dureza, rendimento de farinha e amido danificado; e pode satisfazer as demandas da indústria quanto à uniformidade.
- Predição de qualidade de trigo: na indústria moageira, em melhoramento vegetal e em atividades de pesquisa e desenvolvimento: impacto na moagem, em consequência, na cocção e na qualidade de uso final. Além disso, segundo Osborne et al. (1997), o SKCS é suficientemente rápido e robusto para uso na recepção de grãos em silos.

Pearson et al. (2009) usaram uma câmera colorida incorporada ao sistema SKCS, assim dados de cor e tamanho de grão foram combinados com as medidas do SKCS, para fins de classificação de trigo branco duro («hard white wheat») e mole («soft white wheat»).

## PECULIARIDADES SOBRE O FUNCIONAMENTO DO SKCS NO BRASIL

O primeiro SKCS da América do Sul foi adquirido pela Embrapa Trigo, em Passo Fundo-RS, Brasil, e chegou à Instituição em setembro de 2004. Devido aos trâmites burocráticos, foi instalado no laboratório somente em maio do ano seguinte. Contudo, foi enviado por problemas técnicos, duas vezes para o representante em Curitiba (11/2005 e 07/2007) e duas vezes para os Estados Unidos da América (02/2007 e 07/2008). Somente a partir de novembro de 2008 começou a operar continuamente.

O SKCS é um ótimo sistema de caracterização de grãos, porém não foi desenvolvido e testado para as condições ambientais do sul do Brasil, que é quente no verão e muito frio no inverno, condições es-

tas que não são ideais para o seu funcionamento. Os laboratórios brasileiros, em geral, não possuem ambiente controlado, assim a temperatura e a umidade relativa variam durante o ano, o que dificulta atingir a faixa de uso ideal para o SKCS (umidade relativa de 35 a 80% e temperatura de 18 a 21 °C, controladas). Além disso, o SKCS requer limpeza interna frequente com ar comprimido. Como consequência destes fatos, ocorriam alguns problemas técnicos, como, no caso do SKCS da Embrapa, o programa fechava-se ou surgia mensagem de baseline error (erro de linha de base) durante a análise. A Bunge Alimentos adquiriu um SKCS no início de 2014, e o problema observado foram dois grãos succionados juntos, independente da intensidade de regulagem do vácuo, assim, o equipamento foi enviado para conserto.

### EMPREGO DO SKCS NO PROGRAMA DE MELHORAMENTO DA EMBRAPA, BRASIL

O SKCS apresenta vários pontos positivos para uso em melhoramento de trigo, a

análise é rápida (H» 3-4 min), objetiva e muito fácil de realizar, e avalia os parâmetros índice de dureza, umidade, peso e diâmetro do grão, o que assegura a percepção da uniformidade da amostra de grãos.

O SKCS vem sendo usado no programa de melhoramento genético da Embrapa:

- Em análises de rotina: para caracterizar amostras do programa de melhoramento.
- Em Parcelas de Observação: para caracterizar linhas avançadas (F7).
- Em Projeto de Trigo para Biscoitos: para seleção em gerações precoces (foi iniciado no fim de 2013).

### TRABALHOS EMPREGANDO O SKCS APRESENTADOS PELA EMBRAPA, BRASIL

- Avaliação de qualidade de trigo. 1. Correlações entre parâmetros (Scalco et al., 2006), onde foram consideradas 14 cultivares de trigo e as correlações significativas estão apresentadas na Tabela 2. As principais correlações do índice de dureza (ID) foram com a porcentagem de

Tabela 2. Correlações de características do grão avaliadas pelo SKCS com outros parâmetros de qualidade tecnológica de trigo.

	TRIGO	PH	PMG	EXT	FFQ	FR	TQ	W	P	L	PL	G	PG	IE	NQ	DUR	UG	PESO C	DIAM	Valor L*	Valor a*	Valor b*		
TRIGO	1,00																							
PH	0,31	1,00																						
PMG	0,60*	0,67*	1,00																					
EXT	-0,17	0,15	0,35	1,00																				
FQ	0,26	0,40	0,56*	0,61*	1,00																			
FR	-0,48	-0,36	0,31	-0,51	1,00																			
TQ	0,02	-0,01	0,39	0,76*	0,29	0,39	1,00																	
W	0,33	0,22	0,46	0,60*	0,83*	-0,42	0,35	1,00																
P	0,51	0,41	0,58*	0,24	0,67*	-0,70*	0,17	0,73*	1,00															
L	-0,19	-0,34	-0,13	0,50	0,30	0,18	0,21	0,58*	-0,05	1,00														
PL	0,58*	0,41	0,24	-0,35	-0,10	-0,37	-0,15	-0,09	0,46	-0,59*	1,00													
G	-0,16	-0,30	-0,08	0,51	0,33	0,16	0,21	0,62*	0,01	1,00*	-0,57*	1,00												
PG	0,57*	0,45	0,50	-0,11	0,36	-0,70*	0,01	0,32	0,87*	-0,51	0,74*	-0,46	1,00											
IE	0,28	-0,03	0,31	0,42	0,53	-0,20	0,18	0,83*	0,45	0,77*	-0,24	0,81*	0,02	1,00										
NQ	-0,46	-0,42	-0,45	0,23	0,01	0,20	-0,03	-0,08	-0,20	0,16	-0,26	0,12	-0,26	-0,16	1,00									
DUR	0,19	0,38	0,47	0,35	0,81*	-0,71*	0,16	0,73*	0,82*	0,05	0,10	0,10	0,61*	0,36	0,00	1,00								
UG	0,28	0,56*	0,32	-0,01	0,34	-0,47	-0,34	0,27	0,33	-0,02	0,25	0,00	0,28	0,23	-0,09	0,19	1,00							
PESO C	0,65*	0,71*	0,93*	0,41	0,67*	-0,44	0,39	0,60*	0,73*	-0,10	0,34	-0,05	0,63*	0,36	-0,40	0,55*	0,42	1,00						
DIAM	0,45	0,64*	0,89*	0,41	0,53*	-0,28	0,36	0,40	0,66*	-0,22	0,33	-0,16	0,62*	0,24	-0,27	0,45	0,38	0,89*	1,00					
Valor L*	0,09	-0,02	-0,16	-0,65*	-0,79*	0,31	-0,35	-0,71*	-0,53*	-0,35	0,27	-0,36	-0,23	-0,36	-0,46	-0,71*	-0,15	-0,34	-0,25	1,00				
Valor a*	-0,58*	-0,16	-0,21	0,27	-0,23	0,51	0,21	-0,04	-0,15	0,18	-0,44	0,19	-0,25	0,10	0,05	-0,14	-0,39	-0,23	-0,04	0,00	1,00			
Valor b*	0,11	0,32	0,39	0,19	0,80*	-0,77*	-0,09	0,64*	0,63*	0,15	-0,18	0,19	0,41	0,38	-0,04	0,85*	0,31	0,46	0,34	-0,69*	-0,14	1,00		

\*Correlação significativa ao nível de 5% de probabilidade.

Onde: PH= peso do hectolitro; PMG= peso de mil grãos; Moagem experimental: EXT= extração de farinha, FQ= farinha de quebra, FR= farinha de redução, TQ= tempo de quebra; Alveografia: W= força de glúten, P= tenacidade, L= extensibilidade, PL= relação tenacidade/extensibilidade, G= índice de intumescimento, PG= relação tenacidade/índice de intumescimento, IE= índice de elasticidade; NQ= número de queda ou falling number; Características do grão (SKCS): índice de dureza do grão (DUR), umidade do grão (UG), peso do grão (PESOG) e diâmetro do grão (DIAM) ; Cor (Minolta): valor L\*= luminosidade da farinha (0= preto e 100= branco) e valores a\* e b\*= coordenadas de cromaticidade a\* (-a\* = -60, verde / a\* = +60, vermelho) e b\* (-b\* = -60, azul / b\* = +60= amarelo).

farinha de quebra e de redução, força de glúten (W) e tenacidade (P) da alveografia, e luminosidade (L\*) e b\* (tendência a cor amarela).

- Avaliação de qualidade de trigo. 2. Influência do nível de umidade no índice de dureza (ID) dos grãos (Scalco et al., 2006), neste trabalho foi realizada análise de seis cultivares de trigo em SKCS, em amostras com três teores de umidade: 9, 13 e 17%. Foi observado que em qualquer conteúdo de umidade a cultivar de trigo BRS Angico foi classificada como semi-mole; a BRS 177 como mole; o Trigo BR 18 e o BRS Guabiju como duro; porém, as cultivares de textura mais firme, Embrapa 22 e Embrapa 42, a categoria mudou de muito duro com 9 e 13% de umidade para duro na umidade de 17%. A conclusão foi de que o conteúdo de umidade deve estar na faixa de calibração do aparelho (10 a 16%), especialmente para grãos de textura mais dura, para que os resultados sejam confiáveis.

Em relação a este mesmo tema, Muhamad e Campbell (2004) avaliaram 17 cultivares de trigo de inverno e observaram que não houve forte interação entre dureza e conteúdo de umidade.

- Efeito do ambiente de cultivo na dureza dos grãos de cultivares de trigo (Guarienti et al., 2006), em que foram analisadas em SKCS cinco amostras da safra 2004: BRS 179, BRS 194, BRS 208, BRS Camboim e BRS Canela, em cinco locais: Passo Fundo, Cachoeira do Sul e São Borja (RS); Campos Novos (SC) e, Cafelândia (PR). As cultivares de trigo foram classificadas preliminarmente como: semi-mole (BRS 194 e BRS Canela), semi-dura (BRS 179), dura (BRS 208) e muito dura (BRS Camboim). A conclusão foi de que a dureza do grão não foi afetada pelo ambiente de cultivo da cultivar.
- Dureza dos grãos em cultivares de trigo da Embrapa (Guarienti et al., 2008), onde dados de 31 cultivares de trigo, cultivadas em oito estados brasileiros (RS, SC, PR, GO, SP, MT, MG, MS) e no Distrito Federal (DF) foram avaliados. Foram

classificadas preliminarmente duas cultivares como mole (6%, BRS 120 e BRS Figueira), sete como semi-mole (23%, BRS Angico, Embrapa 40, BRS 177, BRS Canela, BRS Louro, BRS 194, BRS Umbu), quatro como semi-dura (13%, BRS 179, BRS Guatambu, BRS Camboatá e BRS Tarumã), 8 como dura (26%, BRS Buriti, Trigo BR 18-Terena, BRS 193, BRS 254, BRS 264, BRS 248, BRS 229 e BRS Guamirim), nove como muito dura (29%, BRS 208, BRS Tangará, BRS Guabiju, BRS 210, BRS Camboim, BRS 220, BRS 209, BRS Pardela e BRS Timbaúva) e uma como extra dura (3%, BRS 249).

### RELAÇÃO ENTRE ÍNDICE DE DUREZA E PARÂMETROS DE QUALIDADE TECNOLÓGICA

Foram analisadas em SKCS, 15.744 amostras das safras 2003 a 2013, do programa de melhoramento no Laboratório de Qualidade de Grãos da Embrapa Trigo. A proporção de amostras classificadas de acordo com o ID pelo SKCS está apresentada na Figura 3, sendo considerado, de 2003 a 2008, somente dados das 10 cultivares da Embrapa em comercialização em 2014. O que se pode observar é que de 2008 a 2013, a proporção de cultivares com textura mole diminuiu consideravelmente, e isso se deve a demandas de mercado. Enquanto que nos anos 2000 o Brasil produzia na região sul, basicamente trigos de textura mole e baixa força de glúten, na safra 2013/2014, é raro encontrar grão com textura mole, pois a situação foi invertida e agora os grãos, em sua maioria, são duros, pois a demanda de mercado brasileiro é acima de 55% para produção de pães. Ou seja, aumentou a liberação de materiais com glúten mais forte (grãos mais duros) e diminuiu àqueles indicados para biscoitos e bolos).

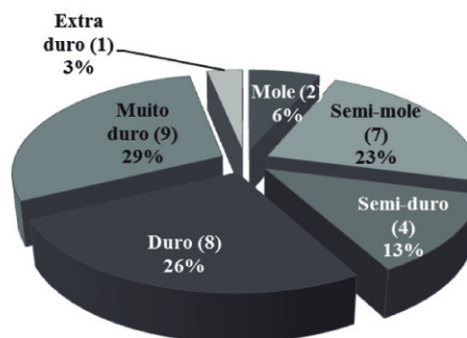
- Para cultivares de trigo da Embrapa no mercado (10 cultivares)

No sul do Brasil: BRS Parrudo, BRS Marcante, BRS 327 e BRS 331, no Paraná: BRS Galha Azul, BRS Sabiá e BRS Pardela, e no Brasil Central: BRS

**Safra 2003-2008**

Categoria	%
Extra duro	3
Muito duro	29
Duro	26
Semi-duro	13
Semi-mole	23
Mole	6

71%  
29%

**Safra 2003-2013**

Categoria	%
Extra duro (1510)	10
Muito duro (5093)	32
Semi-duro (1399)	9
Duro (5914)	38
Semi-mole (993)	6
Mole (691)	4
Muito mole (141)	1
Extra mole (3)	0

89%  
11%

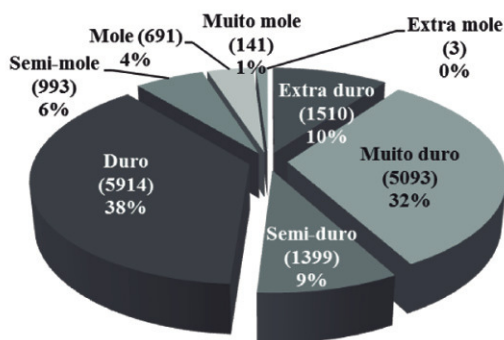


Figura 3. Índice de dureza de grãos de trigo das safras 2003 a 2008 e safras 2003 a 2013.

254 e BRS 264 (irrigado) e Trigo BR 18-Terena (sequeiro). Foram consideradas 103 amostras de trigo e o índice de dureza do grão apresentou correlação significativa ao nível de 5%, com peso do hectolitro ( $r = -0,73$ ), umidade da farinha ( $r = -0,73$ ), luminosidade,  $L^*$  ( $r = -0,90$ ) e absorção de água da farinografia ( $r = 0,72$ ).

- Para genótipos de trigo da Embrapa com dados da rotina com análise completa Desde 2008 existem dados de análises de rotina completos para peso do hectolitro, peso de mil grãos, extração experimental de farinha, alveografia, proteína do grão, falling number do grão, cor Minolta, SKCS, glúten e farinografia. Assim, foi investigada a relação entre índice de dureza do grão de 398 amostras de trigo e qualidade tecnológica de trigo, e na Tabela 3 estão apresentadas as correlações significativas ( $p < 0,05$ ).

Outros autores encontraram correlação significativa de dureza do grão determinada por NIRs com peso do hectolitro, peso de mil grãos, proteína do grão e da farinha,

rendimento em farinha e teor de cinza, concluindo que isto confirmou o importante papel da dureza do grão para o processamento e uso final de trigo (Hrušková e Švec 2009).

**CONSIDERAÇÕES FINAIS**

- O SKCS é uma ferramenta eficaz para aplicação em programas de melhoramento de trigo para direcionamento conforme o uso final, usado em vários programas ao redor do mundo. Contudo, na Embrapa é necessário iniciar testes de análise com 1 a 2 gramas de grãos visando seleção de primeira geração (gerações precoces).
- O índice de dureza avaliado por SKCS apresenta correlação significativa com parâmetros de qualidade de trigo. Os parâmetros relacionados à cor de farinha e aos parâmetros reológicos foram os principais para as cultivares de trigo brasileiro.



Tabela 3. Correlações significativas entre índice de dureza do grão e outros parâmetros de avaliação de qualidade tecnológica de trigo para 398 amostras de trigo.

Correlações significativas de Índice de Dureza (ID) com:	r	P
Cultivar	0,20	0,000
Peso de mil grãos	-0,26	0,000
Umidade do grão	-0,21	0,000
Rendimento em farinha (Brabender Quadrumat Senior)	0,21	0,000
Força de glúten ou energia de deformação da massa (Alveógrafo Chopin)	0,44	0,000
Relação tenacidade / extensibilidade (Alveógrafo Chopin)	0,56	0,000
Tenacidade (Alveógrafo Chopin)	0,41	0,000
Umidade da farinha (NIR XDS Foss)	-0,34	0,000
Protein do grão (NIR XDS Foss)	0,11	0,031
Luminosidade, L* (colorímetro Minolta)	-0,75	0,000
Coordenada de cromaticidade a*, cor vermelha (colorímetro Minolta)	0,11	0,024
Coordenada de cromaticidade b*, cor amarela (colorímetro Minolta)	0,65	0,000
Peso do grão (SKCS Chopin)	-0,23	0,000
Diametro do grão (SKCS Chopin)	-0,12	0,023
Índice de glúten (Glutomatic Perten)	0,14	0,005
Glúten úmido (Glutomatic Perten)	0,15	0,003
Glúten seco (Glutomatic Perten)	0,12	0,018
Absorção de água (Farinógrafo Brabender)	0,71	0,000
Tempo de desenvolvimento da massa (Farinógrafo Brabender)	0,18	0,000
Estabilidade (Farinógrafo Brabender)	0,17	0,001
Índice de tolerância á mistura (Farinógrafo Brabender)	-0,33	0,000

Onde: r= correlação significativa (P < 0,05) e P= nível de probabilidade.

- Os programas de melhoramento de trigo necessitam aproveitar as informações da análise de SKCS de forma mais eficiente. No caso específico da Embrapa, poderá ser feito através de análises estatísticas diferenciadas, a fim de relacionar as características do grão com os demais parâmetros de qualidade, direcionando os genótipos de trigo ao uso final adequado.

## AGRADECIMENTOS

À FINEP, Financiadora de Estudos e Projetos (Convênio nº 01/04/015400, ref. 2315/03), pelo suporte financeiro para aquisição do SKCS.

## BIBLIOGRAFIA

- AACC International. 2000. Approved Methods of Analysis. 10ed. St. Paul: American Association of Cereal Chemists. (CD-ROM).
- Guarienti EM, Miranda MZ, Silva MS, Del Duca LJA, Caierão E, Nascimento Junior A, Schereen PL, Eichelberger L, Linhares AG. 2006. Efeito do ambiente de cultivo na dureza dos grãos de cultivares de trigo. In: 7<sup>th</sup> International Wheat Conference, Mar Del Plata, Argentina, 2006.
- Guarienti EM, Miranda MZ, Silva MS, Schereen PL, Caierão E, Nascimento Junior A, Sousa CN, Del Duca JA, Linhares AG. 2008. Dureza dos grãos em cultivares de trigo da Embrapa. In: II Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale. Atas e Resumos. Passo

- Fundo: Embrapa Trigo, Embrapa Transferência de Tecnologia, 2008.
- Hrušková M, Švec I. 2009. Wheat hardness in relation to other quality factors. *Czech Journal of food sciences* 27(4): 240-248.
- MASWheat. Marker assisted selection in wheat. [Online]. Consultado 5 julho 2014. Disponível em: [http://maswheat.ucdavis.edu/Slide\\_index/Slides\\_Quality\\_4.htm](http://maswheat.ucdavis.edu/Slide_index/Slides_Quality_4.htm).
- Morris CF. 2002. Puroindolines: the molecular genetic basis of wheat grain hardness. *Plant molecular biology* 48(5-6): 633-647.
- Muhamad II, Campbell GM. 2004. Effects of kernel hardness and moisture content on wheat breakage in the single kernel characterization system. *Innovative food science and emerging technologies* 5(1): 119-125.
- Osborne BG, Anderssen RS. 2003. Single-kernel characterization principles and applications. *Cereal chemistry* 80(5): 613-622. (Review).
- Osborne BG, Kotwal Z, Blakeney AB, O'Brien L, Shah S, Fearn T. 1997. Application of the single-kernel characterization system to wheat receiving testing and quality prediction. *Cereal chemistry* 74(4): 467-470.
- Pauly A, Pareyt B, Fierens E, Delcour JA. 2013. Wheat (*Triticum aestivum* L. and *T. turgidum* L. ssp. *durum*) kernel hardness: I. Current view on the role of puroindolines and polar lipids. *Comprehensive reviews in food science and food safety* (12): 413-426.
- Pasha I, Anjum FM, Morris CF. 2010. Grain hardness: a major determinant of wheat quality. *Food science and technology international* 16(6): 511-522.
- Pearson TC, Braber DL, Hulya H. 2009. Improved discrimination of soft and hard white wheat using SKCS and imaging parameters. *Sensory and instrumental food quality* (3): 89-99.
- Peña RJ. 2002. Wheat for bread and other foods. In: Curtis, BC, Rajaram, S; Gomez Macpherson, H. (Eds.). *Bread Wheat: Improvement and Production*. Rome: FAO. Consultado 6 outubro 2011. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/006/y4011e/y4011e04.htm>.
- Perten Instruments. SKCS 4100. (s.d., sem data) Single Kernel Characterization System (Lecture and Manual Operation; File supplied by Perten: SKCS 4100 introduction.ppt).
- Pšotka J. 1999. Single kernel characterization system (beyond wheat classification). *Technical Bulletin, American Institute of Baking Research Department* 21(4): 7 pp.
- Scalco M, Miranda MZ, Guarienti EM. 2006. Avaliação de qualidade de trigo. 1. Correlações entre parâmetro; 2. Influência do nível de umidade no ID dos grãos. In: *Anais do XX Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Curitiba-PR, Brasil, 2006.
- Wiley PR, Tosi P, Jones HD, Shewry PR. 2004. The molecular basis for grain texture in wheat. In: Fischer, RA (Edit). *Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Crop Science Congress: New directions for a diverse planet*. Brisbane, Australia. Consultado 8 agosto 2014. Disponível em: [http://www.regional.org.au/au/asa/2004/poster/3/2/1/598\\_wileypr.htm?print=1](http://www.regional.org.au/au/asa/2004/poster/3/2/1/598_wileypr.htm?print=1)