



## **AVALIAÇÃO DE VARIEDADES DE TRIGO-DURO ADAPTADAS À IRREGULARIDADE DO CLIMA MEDITERRÂNICO: RENDIMENTO E QUALIDADE**

O trigo-duro é uma cultura resiliente que consegue duplicar as suas produções em anos agrícolas bons e responder de forma satisfatória em anos agrícolas menos favoráveis, desde que se recorra a pequenos suplementos de rega em períodos-chave do seu desenvolvimento.

Ana Sofia Bagulho<sup>1,2</sup>, José Moreira<sup>1,2</sup>, Rita Costa<sup>1,2</sup>, Nuno Pinheiro<sup>1,2</sup>, Conceição Gomes<sup>1</sup>, Armindo Costa<sup>1</sup>, José Coutinho<sup>1,2</sup>, Benvindo Maças<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária



<sup>2</sup> GeoBioTec – Universidade Nova de Lisboa



## Enquadramento

A qualidade do trigo-duro para o fabrico de sêmolos e massas alimentícias é, tendencialmente, favorecida pelo clima moderadamente seco, com temperaturas e número de horas de sol elevadas durante o período de enchimento do grão, típico do sul de Portugal. O trigo-duro é assim uma cultura bem-adaptada ao nosso clima, muito resiliente, com enorme importância na dieta mediterrânica, pela sua versatilidade e valor nutricional.

Apesar de haver uma enorme procura pela indústria nacional, incrementada pelo cenário de guerra, crise e incerteza que se vive atualmente nos mercados, as áreas de produção de cereais em Portugal têm sofrido um drástico declínio nas últimas décadas, atingindo atualmente valores muito preocupantes. Em 2022, foram declarados 126 721 ha de cereais praganos para alimentação humana e animal, dos quais, apenas 6244 ha foram de trigo-duro (Fonte: ampromis.pt).

Numa altura em que o setor dos cereais atravessa uma das suas crises mais sérias de sempre, em que tanto se fala da questão da soberania nacional e dos reduzidíssimos níveis de autoaprovisionamento de cereais em Portugal, divulgam-se alguns dos resultados do projeto “GO Valorização do Trigo Duro de Qualidade Superior para o Fabrico de Massas Alimentícias”, com o qual se pretendeu analisar e compreender o impacto da irregularidade interanual, agravada pela questão das altera-

ções climáticas, na produtividade e qualidade do trigo-duro.

## Ensaio experimental

Durante três anos agrícolas, 2018/19, 2019/20 e 2020/21, instalaram-se nos campos experimentais do INIAV-Elvas (Figura 1) ensaios em blocos casualizados com três repetições e densidade de sementeira de 400 grãos viáveis/m<sup>2</sup>.

Avaliaram-se oito variedades de diferentes origens: portuguesas (*Celta*, *Fado*, *Vadio*), espanholas (*Don Ricardo*, *Trimulato*), francesas (*Anvergur*, *Sculptur*) e italiana (*Claudio*). Aplicaram-se 150 UN/ha de azoto fracionados ao longo do ciclo de desenvolvimento vegetativo: 25% em fundo, 25% no afilhamento, 25% no encanamento, 25% na ântese.

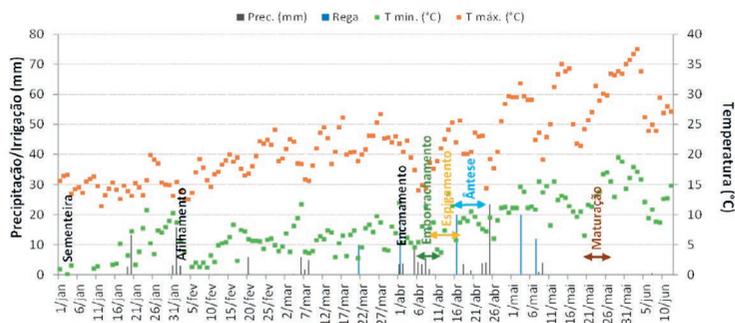
As amostras obtidas durante os três anos de ensaios foram analisadas quanto a diversos parâmetros agronómicos e qualidade tecnológica.

## Clima e consequências fenológicas

Nas figuras 2, 3 e 4 apresentam-se os valores de precipitação e temperaturas máxima e mínima, ocorridas diariamente durante o decurso dos ensaios em 2018/19, 2019/20 e 2020/21. Nas tabelas 1, 2 e 3 resume-se o número de dias em que ocorreram temperaturas máximas elevadas nas várias fases de desenvolvimento da cultura, durante os três anos agrícolas. Em 2018/19 (Figura 2), a sementeira tardia (2 de janeiro) comparativamente ao período ideal para o



Figura 1 – Vista geral do ensaio realizado em Elvas em a) 2018/19, b) 2019/20 e c) 2020/21.



**Figura 2** – Temperaturas e precipitação registadas em Elvas em 2018/19. Precipitação total: 130 mm. Indica-se o intervalo de início das fases fenológicas para o conjunto de variedades estudadas.

**Tabela 1** – Número de dias com temperatura máxima acima de 20 °C ocorridos durante as diversas fases de desenvolvimento do trigo, em 2018/19

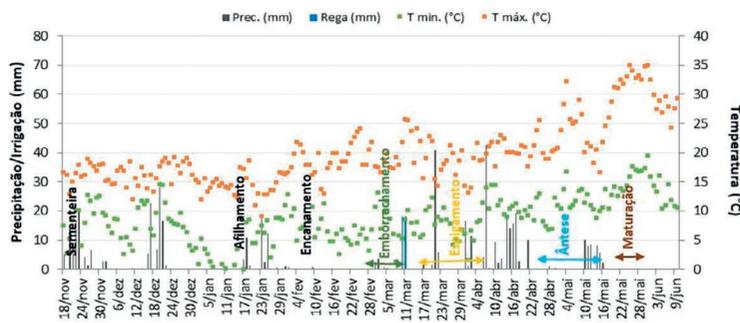
Fase	T (°C)	Dias
Vegetativa	20-25	29
	25-30	3
Reprodutiva	20-25	19
	2-30	10
	>30	6
Maturação à ceifa	20-25	3
	25-30	9
	>30	11

nosso padrão climático (1 a 10 de dezembro, Costa *et al.*, 2020), acompanhada pela ocorrência de longos períodos de temperaturas elevadas (Tabela 1), que ocorreram durante o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo do trigo, com seca severa, tiveram consequências bastante adversas no correto desenvolvimento da cultura (Figura 5). As plantas sofreram stress térmico, mas também hídrico, pois a precipitação durante o ciclo foi de apenas 130 mm e só se conseguiram realizar pequenas regas de apoio que totalizaram 82 mm.

Em 2019/20 (Figura 3), a sementeira foi antecipada em relação ao ano anterior (18 de novembro). O ano agrícola decorreu com temperaturas bastante amenas (Tabela 2), precipitação abundante

(420 mm) e bem distribuída ao longo do desenvolvimento. Estes dois aspetos estiveram na origem do grande alongamento do ciclo e do período de enchimento do grão para todas as variedades, comparativamente ao ano anterior (Figura 5).

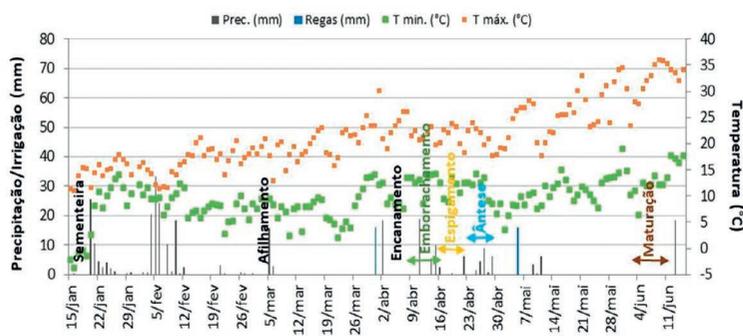
Em 2020/21, ocorreram chuvas outonais frequentes que provocaram uma sementeira desajustada do período ideal para o nosso padrão climático (15 de janeiro) (Figura 4). Como o número de dias com temperaturas elevadas ao longo do desenvolvimento da cultura foi bastante semelhante a 2018/19 (Tabela 1 e 3), verificou-se, tal como nesse ano, um encurtamento do ciclo para todas as variedades relativamente a 2019/20 (Figura 5). A precipitação mais abundante (298 mm) e algumas regas de apoio com



**Figura 3** – Temperaturas e precipitação registadas em Elvas em 2019/20. Precipitação total: 420 mm.

**Tabela 2** – Número de dias com temperatura máxima acima de 20 °C ocorridos durante as diversas fases de desenvolvimento do trigo, em 2019/20

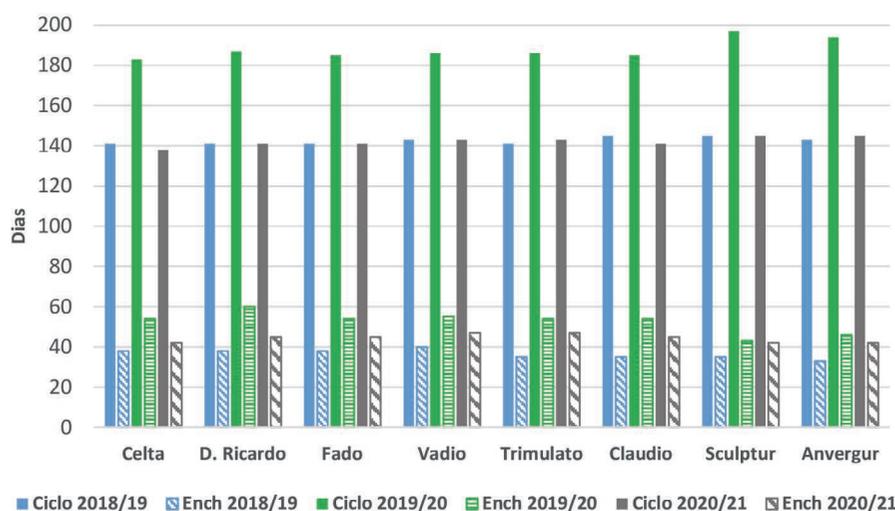
Fase	T (°C)	Dias
Vegetativa	20-25	13
	25-30	2
Reprodutiva	20-25	28
	2-30	6
	>30	1
Maturação à ceifa	20-25	3
	25-30	13
	>30	13



**Figura 4** – Temperaturas e precipitação registadas em Elvas em 2020/21. Precipitação total: 298 mm.

**Tabela 3** – Número de dias com temperatura máxima acima de 20 °C ocorridos durante as diversas fases de desenvolvimento do trigo, em 2020/21

Fase	T (°C)	Dias
Vegetativa	20–25	26
	25–30	4
Reprodutiva	20–25	20
	2–30	13
	>30	5
Maturação à ceifa	20–25	1
	25–30	2
	>30	12



**Figura 5** – Duração do ciclo e do período de enchimento do grão das variedades testadas, em 2018/19, 2019/20 e 2020/21.

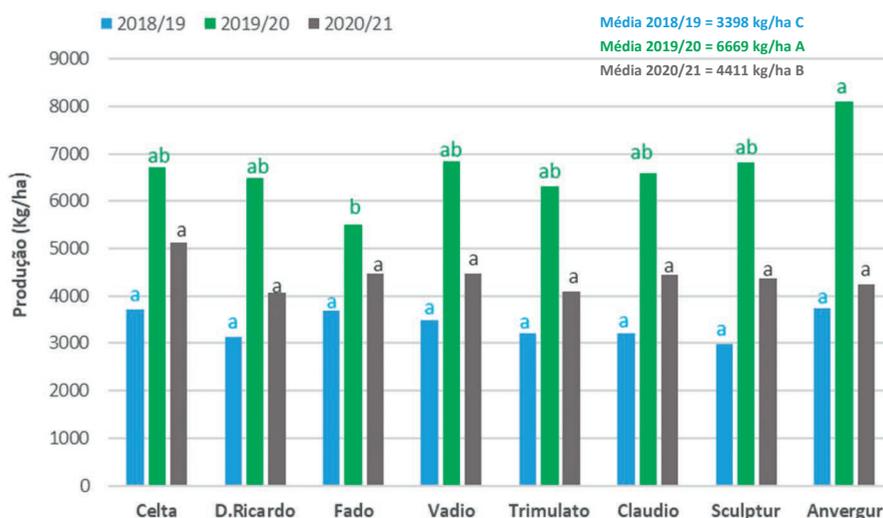
incidência na primavera terço, no entanto, contribuído para minimizar o encurtamento do período de enchimento do grão, que apresentou valores intermédios entre os de 2018/19 e os de 2019/20.

### Produção e seus componentes

O alargamento do ciclo e período de enchimento do grão ocorridos em 2019/20 refletiu-se num aumento significativo do número de grãos/m<sup>2</sup> e do peso do grão (Tabela 4), com consequências evidentes nos valores de produção (valor médio 6669 kg/ha, Figura 6). A variedade *Anvergur*, com ciclo de desenvolvimento facultativo, foi a mais

produtiva à custa do maior tamanho de espiga, maior número de espiguetas/espiga e grãos/m<sup>2</sup>, que conseguiram compensar o seu menor peso de mil grãos.

O ano agrícola 2018/19 foi o pior dos três anos em termos de produção (valor médio 3398 kg/ha, Figura 6), já que os constrangimentos climáticos em fases-chave do desenvolvimento das plantas provocaram uma significativa redução do n.º de grãos/m<sup>2</sup> e do peso do grão. Apesar de existirem diferenças acentuadas entre variedades ao nível do n.º de grãos/m<sup>2</sup> (melhor variedade *Anvergur*) e do peso de mil grãos (melhor variedade *Don Ri-*



**Figura 6** – Produção de grão reportada a 12% de humidade, para as variedades testadas nos ensaios de 2018/19, 2019/20 e 2020/21. Letras distintas indicam diferenças estatisticamente significativas de acordo com o teste de Tukey: letras minúsculas da mesma cor são diferenças entre variedades do mesmo ano agrícola; letras maiúsculas são diferenças entre anos.

**Tabela 4** – Valores médios do número de grãos/m<sup>2</sup> e peso de mil grãos (PMG) das variedades testadas nos ensaios realizados nos três anos

Variedades	2018/19		2019/20		2020/21	
	Grãos/m <sup>2</sup>	PMG (g)	Grãos/m <sup>2</sup>	PMG (g)	Grãos/m <sup>2</sup>	PMG (g)
Celta	8689 <sup>ab</sup>	41,7 <sup>ab</sup>	14 083 <sup>bc</sup>	51,8 <sup>abc</sup>	11 309 <sup>a</sup>	45,2 <sup>a</sup>
D. Ricardo	6744 <sup>b</sup>	45,4 <sup>a</sup>	13 227 <sup>bc</sup>	53,1 <sup>ab</sup>	8079 <sup>a</sup>	50,0 <sup>a</sup>
Fado	7535 <sup>ab</sup>	41,2 <sup>ab</sup>	11 720 <sup>c</sup>	50,6 <sup>abc</sup>	10 180 <sup>a</sup>	43,1 <sup>ab</sup>
Vadio	8227 <sup>ab</sup>	41,5 <sup>ab</sup>	14 972 <sup>abc</sup>	49,6 <sup>abc</sup>	9766 <sup>a</sup>	45,2 <sup>a</sup>
Trimulato	7535 <sup>ab</sup>	39,4 <sup>bc</sup>	12 551 <sup>c</sup>	54,8 <sup>a</sup>	9415 <sup>a</sup>	43,2 <sup>ab</sup>
Claudio	8016 <sup>ab</sup>	39,1 <sup>bc</sup>	13 841 <sup>bc</sup>	51,7 <sup>abc</sup>	9678 <sup>a</sup>	45,7 <sup>a</sup>
Sculptur	8272 <sup>ab</sup>	35,5 <sup>c</sup>	16 537 <sup>ab</sup>	44,7 <sup>c</sup>	12 218 <sup>a</sup>	35,7 <sup>b</sup>
Anvergur	9965 <sup>a</sup>	36,7 <sup>c</sup>	18 822 <sup>a</sup>	46,9 <sup>bc</sup>	9805 <sup>a</sup>	42,5 <sup>ab</sup>
<b>Total</b>	<b>8188<sup>C</sup></b>	<b>40,1<sup>C</sup></b>	<b>14 469<sup>A</sup></b>	<b>50,4<sup>A</sup></b>	<b>10 056<sup>B</sup></b>	<b>43,8<sup>B</sup></b>

Letras distintas indicam diferenças estatisticamente significativas de acordo com o teste de Tukey: letras minúsculas da mesma cor são diferenças entre variedades do mesmo ano agrícola; letras maiúsculas são diferenças entre anos.

cardo), estas não se refletiram de modo diferencial no rendimento das diversas variedades (Tabela 4 e Figura 6).

Em 2020/21, ano com melhor produção que 2018/19 (valor médio 4411 kg/ha, Figura 6), ocorreram ganhos ao nível do n.º de grãos/m<sup>2</sup> e do peso do grão devido à precipitação mais frequente no inverno e primavera. Entre variedades, apenas houve di-

ferenças significativas no parâmetro peso de mil grãos: Don Ricardo, Claudio, Celta e Vadio foram as variedades que mais se destacaram (Tabela 4).

### Rendimento em sêmolos

Os maiores rendimentos na moagem são obtidos com trigos de elevado peso do hectolitro, elevada vitreosidade e, adicionalmente, reduzido teor de

**Tabela 5 – Valores médios dos parâmetros indicadores do rendimento em sêmolas, para as variedades testadas nos ensaios realizados nos três anos: Hec – peso do hectolitro, Vitreo – vitreosidade, Cinzas – teor de cinzas do grão**

Variedades	2018/19			2019/20			2020/21		
	Hec (kg/hl)	Vitreo (%)	Cinza (%)	Hec (kg/hl)	Vitreo (%)	Cinza (%)	Hec (kg/hl)	Vitreo (%)	Cinzas (%)
<b>Celta</b>	84,3 <sup>ab</sup>	92 <sup>b</sup>	1,76 <sup>b</sup>	84,3 <sup>ab</sup>	91 <sup>ab</sup>	1,97 <sup>a</sup>	80,4 <sup>ab</sup>	95 <sup>a</sup>	1,72 <sup>a</sup>
<b>D. Ricardo</b>	84,6 <sup>ab</sup>	99 <sup>a</sup>	1,77 <sup>b</sup>	83,4 <sup>abc</sup>	96 <sup>ab</sup>	1,86 <sup>a</sup>	80,6 <sup>ab</sup>	94 <sup>a</sup>	1,88 <sup>a</sup>
<b>Fado</b>	83,1 <sup>b</sup>	98 <sup>a</sup>	1,83 <sup>ab</sup>	80,3 <sup>c</sup>	94 <sup>ab</sup>	1,87 <sup>a</sup>	78,9 <sup>b</sup>	90 <sup>a</sup>	1,94 <sup>a</sup>
<b>Vadio</b>	85,6 <sup>a</sup>	98 <sup>ab</sup>	1,85 <sup>ab</sup>	83,9 <sup>ab</sup>	97 <sup>a</sup>	1,95 <sup>a</sup>	81,2 <sup>ab</sup>	90 <sup>a</sup>	2,00 <sup>a</sup>
<b>Trimulato</b>	83,1 <sup>b</sup>	96 <sup>ab</sup>	1,81 <sup>ab</sup>	83,0 <sup>abc</sup>	92 <sup>ab</sup>	1,72 <sup>a</sup>	79,5 <sup>ab</sup>	99 <sup>a</sup>	1,82 <sup>a</sup>
<b>Claudio</b>	85,0 <sup>a</sup>	98 <sup>a</sup>	1,93 <sup>a</sup>	85,1 <sup>a</sup>	73 <sup>c</sup>	1,79 <sup>a</sup>	82,2 <sup>a</sup>	90 <sup>a</sup>	2,04 <sup>a</sup>
<b>Sculptur</b>	80,4 <sup>c</sup>	96 <sup>ab</sup>	1,84 <sup>ab</sup>	81,0 <sup>bc</sup>	85 <sup>bc</sup>	1,97 <sup>a</sup>	75,5 <sup>c</sup>	92 <sup>a</sup>	2,05 <sup>a</sup>
<b>Anvergur</b>	79,9 <sup>c</sup>	97 <sup>ab</sup>	1,90 <sup>ab</sup>	80,1 <sup>c</sup>	95 <sup>ab</sup>	1,95 <sup>a</sup>	75,4 <sup>c</sup>	98 <sup>a</sup>	2,10 <sup>a</sup>
<b>Total</b>	<b>83,2<sup>A</sup></b>	<b>97<sup>A</sup></b>	<b>1,84<sup>B</sup></b>	<b>82,6<sup>A</sup></b>	<b>90<sup>C</sup></b>	<b>1,88<sup>AB</sup></b>	<b>79,2<sup>B</sup></b>	<b>93<sup>B</sup></b>	<b>1,94<sup>A</sup></b>

Letras distintas indicam diferenças estatisticamente significativas de acordo com o teste de Tukey; letras minúsculas da mesma cor são diferenças entre variedades do mesmo ano agrícola; letras maiúsculas são diferenças entre anos.

cinzas. Na Tabela 5 apresentam-se os parâmetros indicadores do rendimento em sêmolas, estimados nas amostras provenientes dos ensaios dos três anos.

Ao nível da qualidade, as diferenças não foram tão acentuadas como ao nível da produção, embora, mais uma vez, se verifique existir uma relação inversa entre produção e qualidade: o pior ano de produção (2018/19) foi o melhor ano para os três parâmetros analisados.

A variedade *Claudio* destacou-se sempre pelo seu peso do hectolitro, quando comparada com as variedades *Anvergur* e *Sculptur* que possuíram menores valores, sobretudo no ano agrícola de 2020/21. A vitreosidade não foi um parâmetro crítico em 2018/19 e 2020/21, pois não ocorreu precipitação durante a maturação do grão e os teores proteicos elevados tiveram um efeito protetor contra a perda desta característica (Bagulho *et al.*, 2022). Em 2019/20, o clima temperado e a precipitação primaveril terão contribuído para uma ligeira redução da vitreosidade em variedades mais suscetíveis como *Claudio* e *Sculptur*, cujo teor proteico também foi mais reduzido.

O teor de cinzas foi sempre um parâmetro problemático, pois esteve muito próximo ou acima do li-

mite máximo exigido pela indústria (1,9% m.s.). As diferenças entre variedades só foram significativas em 2018/19, destacando-se *Celta* e *Don Ricardo* pelos seus menores valores de cinzas (variedades com maior peso de grão) (Tabela 4). Nesse ano, a ocorrência de stresses durante o enchimento do grão terá tido um papel preponderante na deposição do amido e, conseqüentemente, no peso do grão e concentração dos restantes elementos (proteína e minerais).

### Qualidade proteica

Para o fabrico de massas alimentícias pretendem-se trigos com elevado teor proteico, em particular das proteínas que formam glúten, tendo essas proteínas de possuir propriedades de agregação adequadas à viscoelasticidade da massa crua e integridade culinária das massas alimentícias. Na tabela 6 apresentam-se os parâmetros indicadores da qualidade proteica obtidos nas amostras provenientes dos ensaios dos três anos.

O pior ano de produção (2018/19) foi o melhor ano para a acumulação de proteínas no grão, pelo facto de o azoto disponível na planta ser translocado para um menor número de grãos. Nos três anos, a variedade *Trimulato* destacou-se consistente-

**Tabela 6 – Valores médios dos parâmetros de qualidade proteica, para as variedades testadas, nos ensaios realizados nos três anos: Prot – teor proteico do grão, Glúten – teor de glúten húmido, IG – índice de glúten**

Variedades	2018/19			2019/20			2020/21		
	Prot (%)	Glúten (%)	IG	Prot (%)	Glúten (%)	IG	Prot (%)	Glúten (%)	IG
<b>Celta</b>	15,9 <sup>ab</sup>	33,4 <sup>ab</sup>	37 <sup>c</sup>	13,5 <sup>ab</sup>	31,2 <sup>ab</sup>	43 <sup>c</sup>	15,2 <sup>ab</sup>	36,0 <sup>a</sup>	64 <sup>d</sup>
<b>D. Ricardo</b>	15,8 <sup>ab</sup>	30,1 <sup>ab</sup>	85 <sup>ab</sup>	13,8 <sup>ab</sup>	29,3 <sup>ab</sup>	90 <sup>a</sup>	15,2 <sup>ab</sup>	28,2 <sup>d</sup>	89 <sup>abc</sup>
<b>Fado</b>	15,2 <sup>b</sup>	31,6 <sup>ab</sup>	84 <sup>ab</sup>	14,7 <sup>a</sup>	31,7 <sup>ab</sup>	84 <sup>ab</sup>	14,8 <sup>ab</sup>	33,3 <sup>ab</sup>	87 <sup>bc</sup>
<b>Vadio</b>	15,1 <sup>b</sup>	28,7 <sup>b</sup>	94 <sup>a</sup>	13,7 <sup>ab</sup>	30,1 <sup>ab</sup>	87 <sup>ab</sup>	14,4 <sup>b</sup>	30,6 <sup>bcd</sup>	92 <sup>ab</sup>
<b>Trimulato</b>	16,6 <sup>a</sup>	36,4 <sup>a</sup>	88 <sup>a</sup>	14,6 <sup>a</sup>	33,9 <sup>a</sup>	76 <sup>ab</sup>	16,0 <sup>a</sup>	35,4 <sup>a</sup>	85 <sup>c</sup>
<b>Claudio</b>	16,1 <sup>ab</sup>	32,9 <sup>ab</sup>	88 <sup>a</sup>	12,9 <sup>c</sup>	27,4 <sup>b</sup>	88 <sup>a</sup>	14,9 <sup>ab</sup>	31,5 <sup>bc</sup>	95 <sup>a</sup>
<b>Sculptur</b>	16,0 <sup>ab</sup>	32,5 <sup>ab</sup>	68 <sup>b</sup>	12,6 <sup>c</sup>	26,6 <sup>b</sup>	73 <sup>b</sup>	14,7 <sup>ab</sup>	30,1 <sup>cd</sup>	91 <sup>abc</sup>
<b>Anvergur</b>	15,2 <sup>b</sup>	32,0 <sup>ab</sup>	90 <sup>a</sup>	12,8 <sup>c</sup>	28,1 <sup>b</sup>	86 <sup>ab</sup>	15,1 <sup>ab</sup>	32,0 <sup>bc</sup>	94 <sup>a</sup>
<b>Total</b>	15,7 <sup>A</sup>	32,2 <sup>A</sup>	79 <sup>B</sup>	13,6 <sup>C</sup>	29,8 <sup>B</sup>	78 <sup>B</sup>	15,0 <sup>B</sup>	32,1 <sup>A</sup>	87 <sup>A</sup>

Letras distintas indicam diferenças estatisticamente significativas de acordo com o teste de Tukey: letras minúsculas da mesma cor são diferenças entre variedades do mesmo ano agrícola; letras maiúsculas são diferenças entre anos.

mente por ter um maior teor proteico e de glúten. O índice de glúten é, de todos os parâmetros estudados, o que possui maior influência genética (varietal). No entanto, a interação do genótipo com o ambiente foi muito significativa (dados não apresentados) demonstrando que algumas variedades tiveram valores de índice de glúten (IG) diferente nos três anos. De modo consistente, *Celta* foi a variedade com pior índice de glúten, seguindo-se a *Sculptur* (apenas em 2018/19 e 2019/20). As restantes variedades apresentaram bons valores, destacando-se a *Claudio* nos três anos e a *Anvergur* em 2018/19 e 2020/21.

### Nota final

Com base na experiência de três anos de ensaios no âmbito deste projeto, onde se analisou um grupo de variedades com diferentes bases genéticas e proveniências, foi possível verificar que o trigo-duro é uma cultura resiliente que consegue duplicar as suas produções em anos agrícolas bons (2019/20) e responder de forma satisfatória em anos agrícolas menos favoráveis (2020/21), desde que se recorra a pequenos suplementos de rega em períodos-chave do seu desenvolvimento. Já as qualidades semoleira e das massas alimentícias foram menos afetadas por estes constrangimentos

climáticos extremos, tendo uma relação inversa com a produção, que não compensa a perda de rendimento. 🌀

### Bibliografia

- Bagulho, A.S.; Moreira, J.; Costa, R.; Pinheiro, N.; Gomes, C.; Almeida, A.S.; Costa, A.; Coutinho, J.; Dôres, J.; Costa, N.; Rosa, E.; Patanita, M.; Maças, B. (2022). Fatores que influenciam a vitreosidade do trigo-duro num ambiente mediterrânico. *Vida Rural*, **1875**:78–82.
- Costa, R.; Pinheiro, N.; Gomes, C.; Coutinho, J.; Almeida, A.S.; Bagulho, A.S.; Costa, A.; Moreira, J.; Bourgoïn, C.; Jézéquel, S.; Maças, B. (2020). Uma nova abordagem para a fenotipagem em cereais: – Adaptação às alterações climáticas; – Ideótipo de planta em trigo duro. *Vida Rural*, **1863**:38–43.

### Agradecimentos

Este estudo foi suportado pelo projeto Valorização do Trigo Duro de Qualidade Superior para o Fabrico de Massas Alimentícias, Ação 1.1 - Grupos Operacionais, PDR2020.

