

INSTITUTO POLITÉCNICO DE BEJA

Escola Superior Agrária

Mestrado em Agronomia

**Estratégias de rega na cultura do trigo mole (*Triticum aestivum*
L.) cv. 'Antequera' em ambiente Mediterrânico no Baixo
Alentejo: efeito sobre a qualidade tecnológica do grão**

Tiago José Soares Palminha

Beja, Outubro 2021

INSTITUTO POLITÉCNICO DE BEJA

Escola Superior Agrária

Mestrado em Agronomia

**Estratégias de rega na cultura do trigo mole (*Triticum aestivum*
L.) cv. 'Antequera' em ambiente Mediterrânico no Baixo
Alentejo: efeito sobre a qualidade tecnológica do grão**

**Dissertação de mestrado apresentada na Escola Superior Agrária, do Instituto
Politécnico Beja para obtenção do grau de Mestre em Agronomia**

Tiago José Soares Palminha

Orientadores:

Professor Doutor Manuel Joaquim Marques Patanita

Professora Doutora Alexandra Trincalhetas Tomaz

Beja, Outubro 2021

Resumo

O Alentejo, Sul de Portugal, é a principal área geográfica de produção de trigo em Portugal. Sendo uma zona de clima mediterrânico, a produtividade e a qualidade tecnológica do trigo pode ser afetada devido à irregularidade da distribuição da precipitação e a sua eventual ausência em fases do ciclo determinantes para a cultura.

A cultura do trigo possui uma relativa tolerância à deficiência hídrica quando comparada a outras culturas, mas a produção do trigo aumenta consideravelmente quando recebe rega complementar à precipitação, especialmente em zonas de clima mediterrânico.

No âmbito do projeto INTERATRIGO instalou-se no ano agrícola 2018/2019 um ensaio de campo com dois fatores de variação: estratégia de rega e fertilização azotada, num desenho experimental de blocos casualizados com parcelas subdivididas («split-plot»). Com estratégia de rega, as modalidades R0 (sequeiro), R1 (rega a 100% de ET_c ao longo do ciclo da cultura) e R2 (rega a 100% de ET_c nos estádios críticos, início do encanamento, emborrachamento, início da floração e enchimento do grão). A fertilização azotada incluiu oito tratamentos com diferentes tipos de fertilizantes (clássicos, com inibidores de nitrificação, de libertação controlada e com inibidores da urease).

A qualidade tecnológica do grão foi, em geral, influenciada pelos fatores de estudo (estratégia de rega e fertilização azotada) nos diversos parâmetros avaliados. De destacar, para o teor de proteína do grão e para os parâmetros alveográficos (força – W e equilíbrio da massa – P/L), vantagem das estratégias de rega R1 e R2 e dos fracionamentos da fertilização azotada com aplicação de azoto ao emborrachamento, independentemente do tipo de fertilizante. Saliente-se ainda a interessante relação negativa entres os valores W e da relação P/L muito valorizada pela indústria.

A eficiência de uso da água de rega (IWUE) foi idêntica em R1 e R2, o que significa que a rega realizada apenas nas fases de início do encanamento, emborrachamento, ântese e enchimento do grão é usada de forma igualmente eficiente pela cultura, apesar de recorrer a dotações de rega menores.

A produção de grão, apesar de influenciada pelos dois fatores de variação, o efeito da estratégia de rega foi mais evidente com valores estatisticamente diferentes para R1 (5570 kg/ha), R2 (4956 kg/ha) e R0 (2609 kg/ha).

Palavras-chave: Trigo mole, Rega, Fertilização azotada, Qualidade tecnológica, Eficiência de uso da água.

Abstract

Alentejo, in southern Portugal, is the main geographical area for wheat production in Portugal. Being an area with a Mediterranean climate, the productivity and technological quality of wheat can be affected due to the irregularity of the distribution of rainfall and its possible absence in phases of the cycle that are determinant for the crop.

Wheat crops have a relative tolerance to water deficit when compared to other crops, but wheat production increases considerably when it receives complementary irrigation to rainfall, especially in Mediterranean climate zones.

In the context of the INTERATRIGO project, in the agricultural year 2018/2019, a field trial with two variation factors was installed: irrigation strategy and nitrogen fertilization, in an experimental design of randomized blocks with split-plots. With irrigation strategy, the modalities R0 (dry land), R1 (watering at 100% ET_c throughout the crop cycle) and R2 (watering at 100% ET_c at critical stages, beginning of plumping, rubbering, beginning of flowering and grain filling). Nitrogen fertilization included eight treatments with different types of fertilizers (classic, with nitrification inhibitors, controlled release and with urease inhibitors).

The technological quality of the grain was, in general, influenced by the study factors (watering strategy and nitrogen fertilization) in the various parameters evaluated. Of note, for the protein content of the grain and for the alveographic parameters (strength - W and mass balance - P/L), advantage of the R1 and R2 irrigation strategies and the fractionation of nitrogen fertilization with application of nitrogen to the rubbering, regardless of the type of fertilizer. It is also worth to highlight the interesting negative relationship between W values and the P/E ratio, which is highly valued by the industry. The efficiency of use of irrigation water (IWUE) was identical in R1 and R2, which means that irrigation carried out only in the phases of beginning of plumping, rubbering, anthesis and grain filling is used equally efficiently by the crop, despite resorting to smaller irrigation allocations.

In the grain production, despite being influenced by the two variation factors, the effect of the irrigation strategy was more evident with statistically different values for R1 (5570 kg/ha), R2 (4956 kg/ha) and R0 (2609 kg/ha).

Keywords: Soft wheat, Irrigation, Nitrogen fertilization, Technological quality, Water use efficiency.

Índice Geral

Resumo	iii
Abstract	v
Índice Geral	v
Índice de Figuras	x
Índice de Tabelas	xii
Lista de Abreviaturas	xiii
I. INTRODUÇÃO	1
II. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	5
1. Produção de trigo mole	5
1.1. Principais países produtores	5
1.2. Situação em Portugal.....	7
2. Principais aspetos da cultura	9
2.2. Fenologia	10
2.3. Fertilização azotada.....	14
2.4. Rendimento em grão e suas componentes.....	15
2.5. Grão de trigo	16
2.5.1. Estrutura e principais constituintes do grão de trigo.....	16
2.5.2. Composição química da cariopse do trigo	17
2.6. Avaliação da qualidade do trigo.....	20
2.6.1. Critérios e especificações	20
2.6.2. Métodos reológicos	22
2.6.2.1. Alveógrafo de Chopin	22
2.6.2.2. Índice de Queda.....	23
2.6.2.3. Teor de Glúten	24
2.6.3. Métodos físico-químicos.....	24

2.6.3.1. Teor de Humidade	24
2.6.3.2. Massa hectolitro	25
2.6.3.3. Peso de mil grãos	25
2.6.3.4. Proteína	26
2.7. Constrangimentos climáticos	26
2.7.1. Caracterização do clima Mediterrânico	26
2.8. O clima mediterrânico do Sul de Portugal	27
III. MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1. Localização	31
3.2. Caracterização edafo-climática	31
3.2.1. Solo	31
3.2.2. Clima	31
3.3. Delineamento experimental	34
3.4. Itinerário técnico	36
3.5. Monitorização do teor de humidade do solo e uso da água de rega	37
3.6. Variáveis estudadas.....	40
3.6.1 Força e equilíbrio da massa	40
3.6.2 Teor de glúten	40
.....	41
3.6.3 Teor de proteína	41
3.6.4 Índice de queda	42
3.6.5 Massa do hectolitro	42
3.6.6 Produção de grão e componentes da produção.....	42
IV RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
4.1. Fenologia	44
4.2. Evolução do teor de humidade ao longo do ciclo	45
4.3. Qualidade tecnológica do grão	49
4.3.1. Força (W) e Equilíbrio da massa (P/L)	49

4.3.2. Teor de Proteína e de Glúten.....	53
4.3.3. Massa por hectolitro e Índice de Queda.....	57
4.4. Produção e componentes de produção.....	60
V. CONCLUSÕES.....	62
BIBLIOGRAFIA.....	67
WEBGRAFIA.....	72
ANEXO I.....	74
ANEXO II.....	75

Índice de Figuras

Figura 1- Produção mundial de trigo 2017.....	5
Figura 2- Produtividade total dos países europeus (T) 2018.	6
Figura 3-Superfície das principais culturas agrícolas 2017.	7
Figura 4- Escala de Zadoks abreviado.	10
Figura 5-Diagrama esquemático do ciclo de desenvolvimento do trigo.....	11
Figura 6- Diferentes etapas do desenvolvimento do grão de trigo.	13
Figura 7- Esquema dos componentes que traduzem o rendimento final em grão.	15
Figura 8- Estrutura interna da cariopse.	16
Figura 9- Representação esquemática dos parâmetros do Alveograma de Chopin, adaptado de Souza (2013).....	23
Figura 10- Classificação climática Köppen.	27
Figura 11- Precipitação e temperatura média de 1971 a 2000 em Beja.....	28
Figura 12- Localização do ensaio (Fonte: Google Maps).....	31
Figura 13- Dados meteorológicos Beja 2019.	32
Figura 14- Ensaio de campo.....	35
Figura 15- Sondas capacitivas.	38
Figura 16- Instalação de sondas capacitivas.	39
Figura 17- Alveografo de Chopin.....	40
Figura 18- Glutork 2020.	41
Figura 19- NIT-Espectrofotometria de Transmitância no Infravermelho Próximo.	41
Figura 20- «Falling-number 1400» e «Shakematic 1090».....	42
Figura 21- Contador eletrônico de grãos «Numigral».....	43
Figura 22- Dados diários de temperatura mínima, temperatura máxima e precipitação. Calendário de regas. Principais fases fenológicas em 2019.....	44
Figura 23- Registos da sonda R1.	45
Figura 24- Registos da sonda R2.	46
Figura 25- Registos da sonda R0.	46
Figura 26- Rendimentos das três estratégias de rega.....	47
Figura 27- Eficiência no uso da água evapotranspirada.....	48
Figura 28- Eficiência no uso da água de rega (IWUE) nas diferentes modalidades de rega.	48
Figura 29- Equilíbrio da massa (P/L) por estratégia de rega × fertilização azotada.....	50
Figura 30- W (10^{-4} joules) por estratégia de rega × fertilização azotada.	52

Figura 31- Proteína (% MS) por estratégia de rega × fertilização azotada.....	55
Figura 32- Glúten húmido (% MS) por estratégia de rega × fertilização azotada.....	55
Figura 33- Glúten seco (% MS) por estratégia de rega × fertilização azotada.	56
Figura 34- Massa do hectolitro (kg/hl) por estratégia de rega × fertilização azotada.	59
Figura 35-Índice de queda por estratégia de rega × fertilização azotada.....	59

Índice de Tabelas

Tabela 1- Produção e superfície dos cereais para grão	8
Tabela 2- Produção e superfície da cultura do trigo	8
Tabela 3- Taxonomia trigo	9
Tabela 4- Intervalo de variação da concentração dos principais componentes do trigo.	17
Tabela 5- Classificação das proteínas do trigo.	19
Tabela 6- Valores de referências dos diversos parâmetros de qualidade para a classificação das variedades de trigo mole como “Melhorador” e como “Semi-corretor”, no âmbito da Lista de Variedades Recomendadas (LVR), adaptado de ANPOC (2018).	22
Tabela 7- Valores de temperatura média máxima, temperatura média mínima e precipitação do ano agrícola 2018/2019 e no período 1971 a 2000.	33
Tabela 8- Tipo de adubo e fracionamento (%) em cada tratamento de fertilização azotada. ...	35
Tabela 9- Itinerário técnico dos ensaios de campo do Projeto Interatrigo (Beja - Campo da Feira, 2018/19).	36
Tabela 11- Valores mensais Evapotranspiração cultural, precipitação efetiva e dotação útil de rega em Beja – Campo da Feira, 2018/19.	Erro! Marcador não definido.
Tabela 12- Estados fenológicos, colheita e respetivas datas nos diferentes tratamentos de rega, nos ensaios	44
Tabela 13- ANOVA da Força da massa – W (10^{-4} joules) e Equilíbrio da massa P/L.....	49
Tabela 14- Médias de equilíbrio da massa (P/L) por estratégia de rega e tratamento de fertilização azotada.	50
Tabela 15- Médias da força da massa – W (10-4J) por estratégia de rega e tratamento de fertilização azotada.	51
Tabela 16- ANOVA do teor de proteína (% MS), do glúten húmido (% MS) e do glúten seco (% MS).	53
Tabela 17- Médias de teor de proteína do grão (%) por estratégia de rega e tratamento de fertilização azotada.	54
Tabela 18- ANOVA da massa do hectolitro (kg/hl) e índice de queda (seg).	57
Tabela 19- Médias de massa do hectolitro (kg/hl) por estratégia de rega e tratamento de fertilização azotada.	58
Tabela 20- ANOVA da produção de grão (kg/ha) corrigida para 12% de humidade, peso de 1000 grãos (g) e nº de grãos/m ²	60

Lista de Abreviaturas

A	Afilhamento
Ant	Ântese
C	Colheita
Dp	Quantidade de água que sofreu depleção na região radicular no final de cada dia
EB	Emborrachamento
EC	Encanamento
EG	Início do enchimento do grão
Em	Emergência
Esp	Espigamento
ETc	Evapotranspiração cultural
ET₀	Evapotranspiração de referência
IPF	Iniciação dos primórdios florais
IRWUE	Eficiência uso da água de rega (IRWUE)
IW	Volume total de água de rega aplicado durante esse ciclo
Kc	Coeficiente cultural
Ks	Coeficiente de stress
MPF	Morte dos primórdios florais
RFU	Reserva facilmente utilizável
R0	Sequeiro
RU	Reserva utilizável
R1	Dotação de rega que satisfaz a 100 % ETc ao longo do ciclo
R2	Dotação de rega que satisfaz com 100 % ETc nas fases identificada como críticas no oque respeita à sensibilidade ao déficit hídrico
S	Sementeira
WUE	Eficiência de uso da água
Y	Rendimento em grão

I. INTRODUÇÃO

O trigo é um cereal cultivado em vários continentes, devido ao elevado número de cultivares com características diversas que possibilitam a adaptação a diferentes condições edafoclimáticas. É uma das culturas mais importantes do mundo ao nível de áreas ocupadas e de produção total. Devido às suas propriedades reológicas¹, o grão e as suas moendas são utilizadas em vários alimentos, como é o caso do pão e das massas, e na confeitaria.

Para perspetivar uma boa produtividade da cultura e uma boa qualidade da produção, as condições edafoclimáticas são determinantes, sendo igualmente importante elegermos uma cultivar que se adapte às condições locais. Esta adaptação depende da interação entre as características genéticas da cultivar e o ambiente, resultando num conjunto complexo de combinações morfológicas e fisiológicas.

Entre os fatores abióticos com impacto na qualidade, assumem particular relevância a temperatura, a precipitação e a radiação solar, quer no crescimento, quer no desenvolvimento, adaptação e qualidade tecnológica do trigo (Miralles e Slafer, 2000).

O trigo mole cultivado nas regiões mediterrânicas, nomeadamente no Sul de Portugal, está sujeito ao calor e à seca no final do seu ciclo de desenvolvimento, fase em que ocorre a formação da semente e os fotoassimilados são translocados para esse órgão em crescimento (Carvalho & Nakagawa, 2012). Nesse período, que vai da floração (ântese) até à maturação fisiológica (enchimento do grão), podem ocorrer, de forma persistente, temperaturas elevadas cujos valores se encontram acima da temperatura ótima para o crescimento máximo do grão. Adicionalmente, ocorrem com frequência períodos curtos de temperaturas extremamente elevadas (32°C-35°C) que se traduzem em condições de choque térmico, e podem ter efeitos marcados no desenvolvimento do grão (Almeida, 2007). O recurso à rega neste período é decisivo para o aumento da

¹ Permite avaliar o comportamento durante a fermentação, atividade enzimática, força da rede de glúten.

² O termo variedade, embora corresponda a uma categoria taxonómica, é o termo habitualmente usado para designar uma variedade cultivada ou cultivar.

produtividade, sendo os consumos reduzidos (1500 a 2000 m³/ha) e a eficiência de utilização da água elevada (2 a 5 kg/m³) (Tomaz *et al.*, 2020).

Além da influência direta destes fatores, a produtividade do trigo depende da tolerância dos genótipos aos fatores adversos. Embora a composição qualitativa do grão seja determinada geneticamente, a composição quantitativa é significativamente alterada pelas condições ambientais (Oliveira, 2012). Nestas condições ambientais, em sentido lato, assumem particular importância as técnicas culturais, nomeadamente a fertilização azotada (tipo, dose e época de aplicação/fracionamento), pelo efeito decisivo que exerce na produção e na qualidade tecnológica do grão (López-Bellido & Fuentes, 1989; Costa *et al.*, 2017).

Desde há seis anos que existem ensaios para a elaboração de uma Lista de Variedades Recomendadas (LVR) para trigos moles de qualidade, na qual o Instituto Politécnico de Beja e o INIAV-Elvas, em parceria com a ANPOC (Associação Nacional de Produtores de Oleaginosas e Cereais), e com a indústria (Ceres/Germen e Cerealis), têm como objetivo classificar as cultivares/variedades² de trigo mais adequadas aos interesses da indústria e da produção nacional. São efetuadas avaliações fenológicas, agronómicas e de qualidade tecnológica, a partir das quais as cultivares de trigo mole podem ser classificadas como trigos “melhoradores” ou “semi-corretores”.

Os trigos “melhoradores” são usados, principalmente, para corrigir lotes de trigo com teores de proteína mais baixos, com massas fracas, ou para produção de farinhas especiais.

De acordo com as especificações da LVR, um trigo classificado na classe “melhorador” significa que durante o período mínimo de três anos de ensaios obteve comportamento de “melhorador” em pelo menos dois dos três anos, sendo que no outro ano deverá ter tido no mínimo comportamento de “semi-corretor”. A cultivar ‘Antequera’ está classificada como “melhoradora”.

São considerados trigos “semi-corretores”, os trigos que tiveram comportamento de “semi-corretor” em todos os anos ou na maioria dos anos de avaliação.

A farinha de trigo mole é utilizada numa vasta gama de produtos (panificação, bolachas e biscoitos, pastelaria diversa, massas alimentícias tipo “noodles”, etc.) pelo que se torna

difícil definir os seus critérios de qualidade. A panificação traduz a sua principal utilização e requer farinhas fortes de elevado teor proteico, que possuam a capacidade de reter o dióxido de carbono libertado durante a fermentação, o que se traduz num pão com maior volume. Já para o fabrico de bolachas, são desejáveis farinhas que produzam massas muito extensíveis, com baixo teor nos constituintes da farinha que absorvem água (proteínas, amido danificado, pentosanas insolúveis) (Brites, 2000; Bagulho, 2008). Nos países da Ásia Oriental o trigo mole é amplamente consumido não na forma de pão, mas na forma de massas alimentícias do tipo “noodles”.

Através deste trabalho, pretende-se analisar a qualidade tecnológica do grão da cultivar ‘Antequera’, quando cultivada sob três estratégias de rega, (R0) sem rega suplementar (sequeiro), (R1) que correspondeu ao conforto hídrico, com rega a 100% da evapotranspiração cultural (ETc) ao longo do ciclo da cultura (regadio) e (R2) com dotação de rega que satisfaz com 100 % ETc nas fases identificadas como críticas no que respeita à sensibilidade ao défice hídrico (rega suplementar). Ou seja, o efeito do regime hídrico sobre a qualidade do grão foi avaliado através de uma modalidade de sequeiro e duas modalidades correspondentes a uma estratégia de rega de conforto hídrico e outra do tipo “deficitária”, em que o fornecimento da rega se efetua apenas em fases críticas do ciclo.

Dado que nos ambientes mediterrânicos a produção de trigo aumenta consideravelmente quando se efetuam regas, principalmente nas fases fundamentais da cultura, e que há uma crescente preocupação mundial sobre a necessidade de preservação dos recursos hídricos, importa apostar em culturas que aumentam o seu rendimento com baixos consumos de água de rega e que a gestão desta se realize de forma eficiente.

Deste modo, o objetivo principal deste trabalho, para além do efeito na produção, é avaliar o efeito na qualidade tecnologia do grão e a eficiência do uso da água do trigo, variedade ‘Antequera’, sujeito a três estratégias de rega e a diferentes tratamentos de fertilização azotada, com variação do tipo e do fracionamento do fertilizante azotado.

A presente dissertação está organizada em capítulos. O primeiro capítulo é a Introdução. Segue-se uma Pesquisa bibliográfica, onde se apresenta o estado da arte sobre os temas

objeto de estudo. No capítulo seguinte, Materiais e Métodos, descrevem-se os materiais utilizados e as metodologias adotadas. No capítulo quarto, Resultados e Discussão, descrevem-se e analisam-se os resultados obtidos. Por último, apresentam-se as principais conclusões do estudo.

Este estudo realizou-se no âmbito do projeto «INTERATRIGO – Avaliação do rendimento e qualidade em trigo mole em função das interações água-azoto» (POCI-01-0145-FEDER-023262; LISBOA-01-0145-FEDER-023262; SAICT-POL/23262/2016), financiado pelo FEDER através do COMPETE2020 e PORLisboa e pela FCT/MCTES, através de fundos Nacionais (PIDDAC), coordenado pelo Professor Doutor Manuel Patanita.



II. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

1. Produção de trigo mole

1.1. Principais países produtores

Quando se efetua uma análise dos principais países produtores de trigo (Figura 1), verifica-se que a China é o maior produtor mundial com 17% do total, desempenhando um papel importante na formação da dinâmica do mercado de grãos em todo o mundo. Os dados do ano de 2017 mostram que a China produz cerca de 126 milhões de toneladas por ano, numa área de 24 milhões de ha.

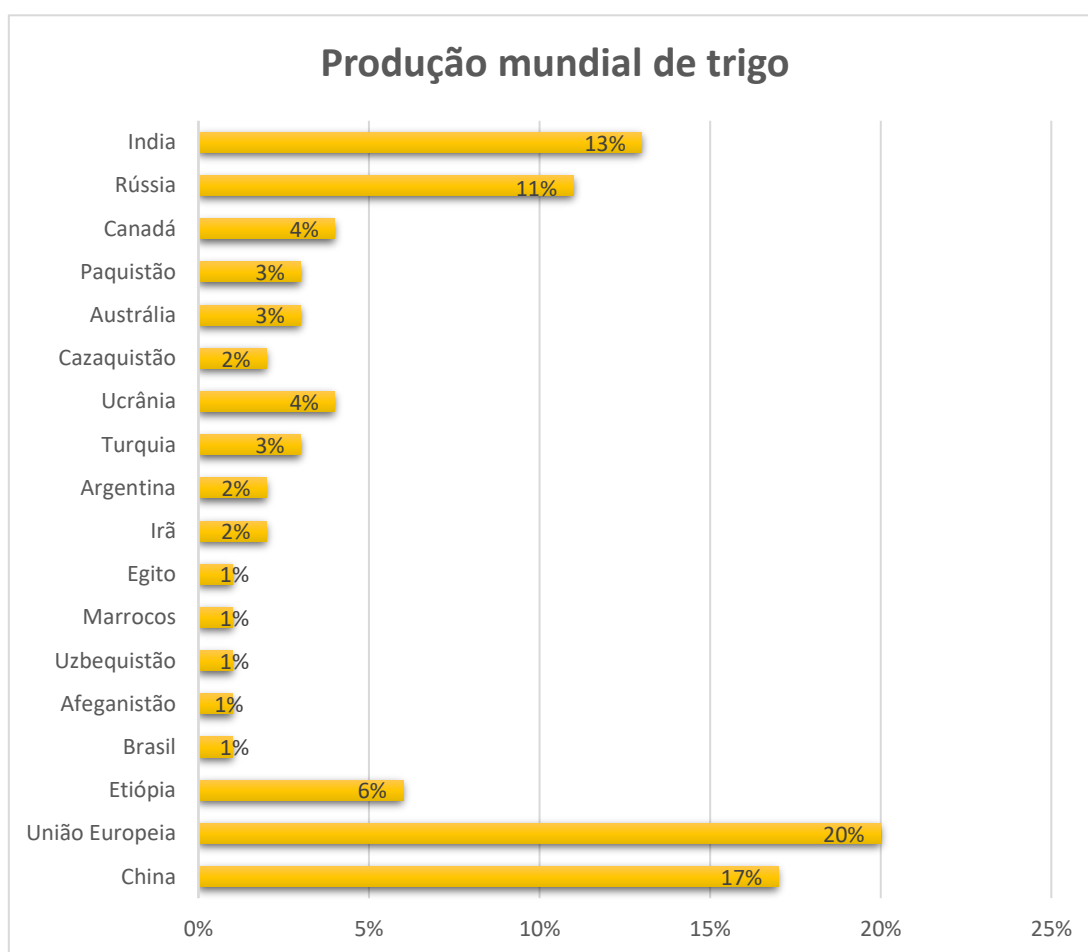


Figura 1- Produção mundial de trigo 2017.

Fonte: USDA (2017)

Nos países Europeus, a França é o maior produtor e exportador de trigo (Figura 2). Verifica-se que em 2018 a produtividade foi de 35 milhões de toneladas. O trigo é o cereal mais cultivado em França – cerca de 5 milhões de hectares – sendo que o trigo mole representa quase 50% da área de superfície dos restantes cereais. As principais regiões de produção são a Bacia de Paris, Nord-Pas de Calais, Centro, Poitou-Charentes e Borgonha.

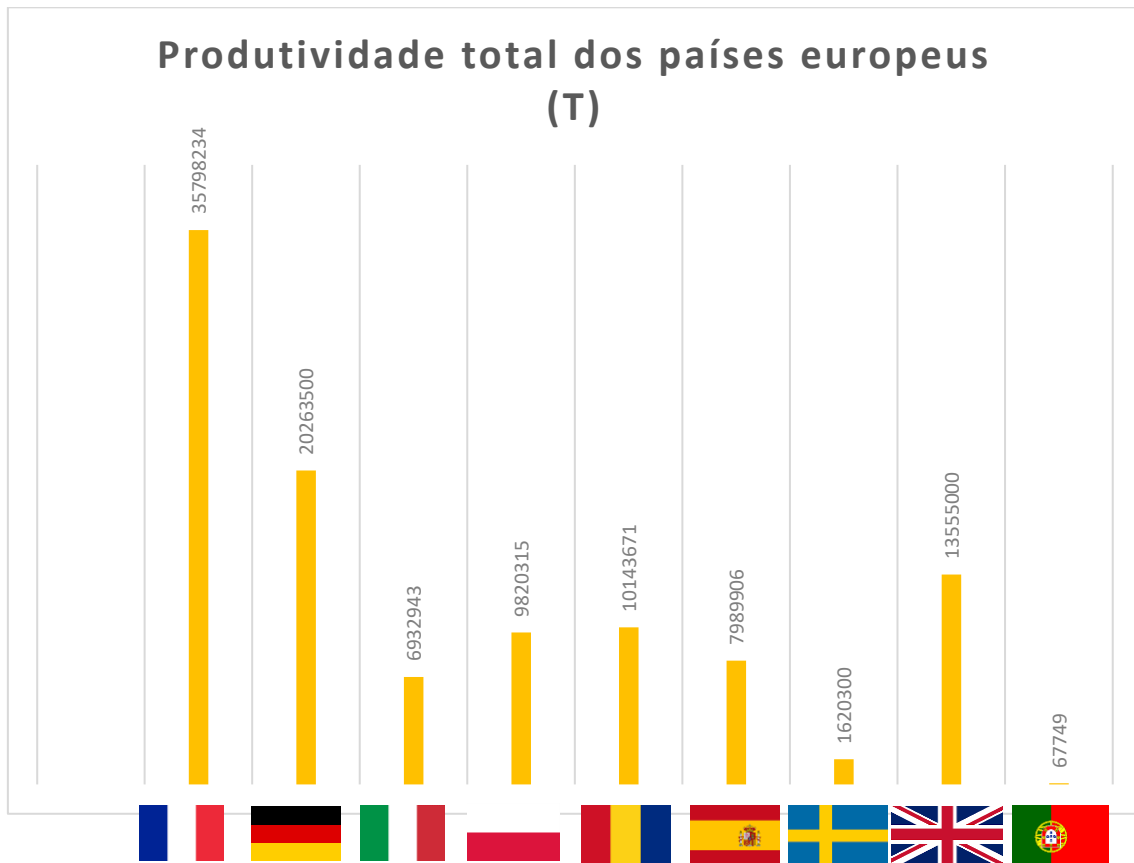


Figura 2- Produtividade total dos países europeus (T) 2018.

Fonte: Adaptado de FAO (2018)

1.2. Situação em Portugal

Em Portugal, os cereais pertencem ao grupo das culturas anuais que mais área ocupam no território nacional. No entanto, como se pode observar na Figura 3, verifica-se que o olival é a cultura que ocupa maior superfície. Em 2017 a área ocupada por cereais para grão era de 236551 ha, valor que tem vindo a diminuir.

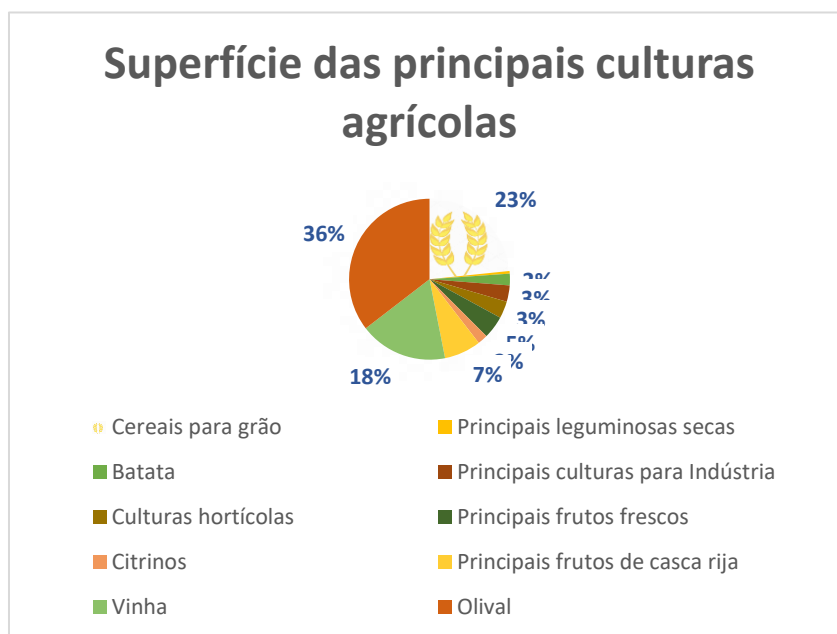


Figura 3-Superfície das principais culturas agrícolas 2017.

Fonte: PORDATA (2017)

Relativamente ao trigo (mole e duro), as importações são de 95%, o que significa que a taxa de auto-provisionamento de trigo em Portugal é de apenas 5% (Palha, 2018). Dados do FAOSTAT cit in Tomaz et al., (2018), mostram que Portugal contribui apenas 0,05% da produção (em 0,13% de área) de trigo da União Europeia. As áreas ocupadas com a cultura do trigo, nomeadamente com trigo mole, têm vindo a diminuir e, conseqüentemente, as quantidades produzidas (Tabela 1).

Tabela 1- Produção e superfície dos cereais para grão

	Superfície (ha)			Produção (t)		
	2015	2016	2017	2015	2016	2017
Milho	97 911	88 614	86 520	827 544	710 634	745 123
Arroz	29 142	29 149	28 944	184 918	169 289	179 777
Trigo mole	37 015	33 511	24 885	74 490	77 299	50 264
Trigo duro	2 721	4 688	4 134	5 903	12 718	9 346
Centeio	18 099	17 268	16 249	15 494	15 588	14 439
Triticale	22 734	21 085	17 185	38 481	40 168	25 840
Aveia	40 415	42 411	35 435	48 971	65 774	45 856
Cevada	21 170	20 622	23 200	44 402	46 615	47 862

Fonte: INE (2017)

Em Portugal, o Alentejo é a região do país onde a área e a produção de trigo, particularmente de trigo mole, é maior face às restantes regiões, tal como se mostra na Tabela 2.

Tabela 2- Produção e superfície da cultura do trigo

	Trigo		Trigo Mole	
	Superfície (ha)	Produção (t)	Superfície (ha)	Produção (t)
Norte	3 440	3 872	3 440	3 872
Centro	2 536	4 261	2 487	4 138
Área de Lisboa	395	1 092	379	1056
Alentejo	21 929	49 351	18 000	40 380
Algarve	681	959	543	744

Fonte: INE 2017

2. Principais aspetos da cultura

2.1. Taxonomia

O género *Triticum* spp. pertence à ordem *Glumifloras*, família *Gramineae/Poaceae* (gramíneas). Neste género estão incluídas cerca de 14 espécies. Contudo, as que têm interesse agronómico mais importante são: *Triticum aestivum* (trigo mole) e *Triticum durum* (trigo duro).

A espécie *Triticum aestivum* é um hexaplóide ($2n = 42$ cromossomas), e é utilizado na conceção de farinhas para a panificação.

Na Tabela 3 podemos verificar a taxonomia do trigo mole.

Tabela 3- Taxonomia trigo

Divisão	Fanerogâmicas
Sub-Divisão	Angiospérmicas
Classe	Monocotiledóneas
Ordem	Glumifloras
Família	<i>Gramineae/Poaceae</i>
Género	<i>Triticum</i>
Espécie	<i>Triticum aestivum</i> L. (hexaplóide $2n=42$ cromossomas)

Fonte: Patanita, 2017

2.2. Fenologia

O desenvolvimento vegetal pode-se definir como a sequência de acontecimentos fenológicos, controlados por fatores genéticos e ambientais, que determinam as modificações morfológicas e funcionais da planta e que conduzem à acumulação de biomassa e à formação dos componentes do rendimento (Pinheiro, 2017). Para caracterizar o desenvolvimento do trigo podem utilizar-se várias escalas ou códigos de desenvolvimento, as quais descrevem as diferentes fases de desenvolvimento visíveis sem que seja necessário dissecar a planta. Dentro destas escalas encontram-se: a escala de Haun (Haun, 1973), amplamente utilizada na definição das diferentes etapas de desenvolvimento vegetativo; a escala de Feeks (Large, 1954) e a escala de Zadoks (Figura 4) (Zadoks et al., 1974) que contém uma boa descrição das fases vegetativa e reprodutiva do trigo. A Figura 5 descreve a totalidade dos estádios do ciclo de desenvolvimento do trigo.

Escala de Zadoks (GS)	Descrição	Escala de Zadoks	Descrição
00	Germinação Semente seca	41	Emborrachamento Extensão da bainha da folha bandeira
05	Emergência da radícula	47	Abertura da bainha da folha bandeira
07	Emergência do coleoptilo	49	Primeiras aristas visíveis
09	Ponta da folha visível		Espigamento
	Crescimento da plantula	50	Primeira espiguetta visível
11	Primeira folha desenvolvida	53	¼ de espiga visível
13	Três folhas desenvolvidas	59	Espigamento completo
14	Quatro folhas desenvolvidas		Ântese
19	Nove ou mais folhas desenvolvidas	60	Início da ântese (deiscência do pólen)
	Afilhamento	69	Ântese completa
20	Colmo principal		Desenvolvimento e enchimento do grão
21	Colmo principal com um filho	70-77	Grão leitoso
24	Colmo principal com 4 filhos	80-87	Grão pastoso
	Alongamento dos caules	90-94	Maturação
31	1º nó detectável	95	Semente
33	3º nó detectável		
37	Folha bandeira visível		
39	Ligula da folha bandeira visível		

Figura 4- Escala de Zadoks abreviado.

Fonte: Adaptado de Escala de Zadoks (1974).

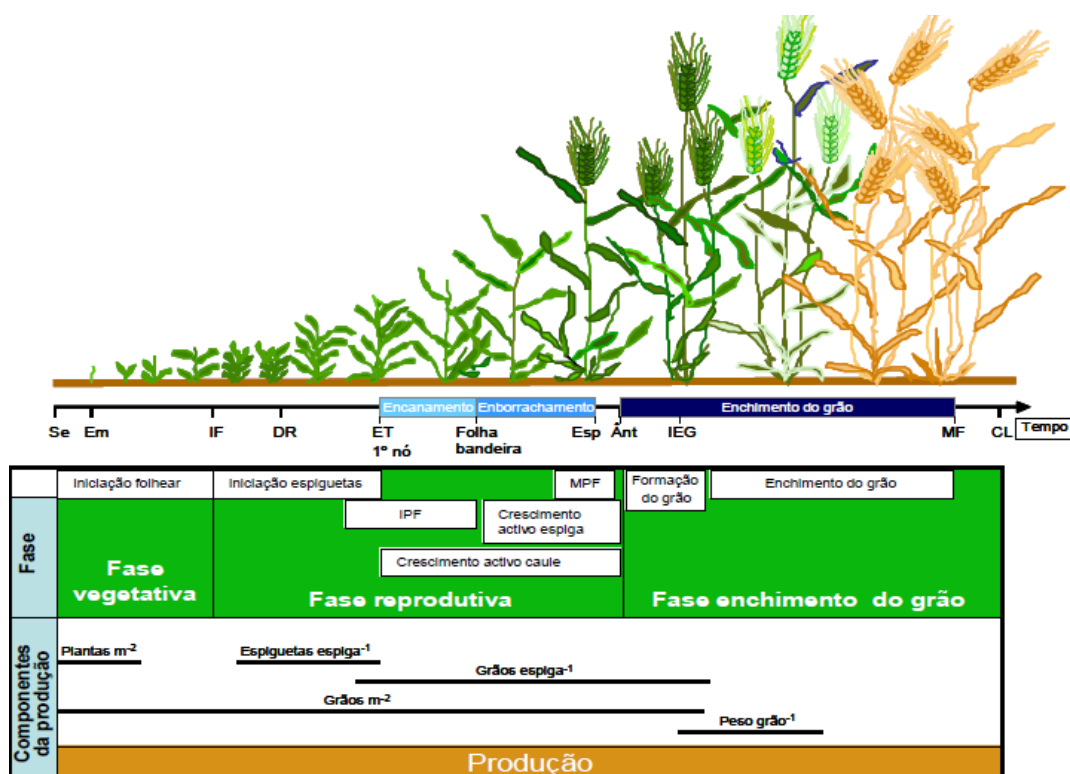


Figura 5-Diagrama esquemático do ciclo de desenvolvimento do trigo.

Fonte: Adaptado de Slafer e Rawson (1994).

O diagrama identifica as fases, sementeira (**Se**), emergência (**Em**), iniciação floral (**IF**), aresta dupla - «Double ridge» (**DR**), formação da espiguetas terminal (**ET**), espigamento (**Esp**), ântese (**Ant**), início do enchimento do grão (**EG**), maturação fisiológica (**MF**) e colheita (**C**). As caixas representam os períodos de diferenciação de alguns órgãos durante as fases vegetativa, reprodutiva ou de enchimento do grão (**IPF**- iniciação dos primórdios florais); **MPF**- morte dos primórdios florais). As linhas representam os momentos no tempo em que os diferentes componentes do rendimento se formam.

Os estádios de desenvolvimento do trigo reconhecidos como os mais importantes são a germinação, a emergência, a iniciação floral ou aresta dupla, a espiguetas terminal (primeiro nó ou início do alongamento do caule – encanamento), aparecimento da folha da bandeira (início da fase do emborrachamento), espigamento, ântese e maturação fisiológica (Acevedo et *al.*, 2002).

A fase vegetativa compreende desde a germinação até ao início da diferenciação das espiguetas (estadio de aresta dupla) do inglês «double ridge» (Figura 5), compreendendo as fases GS 0, GS 1, e GS 2 da escala de Zadoks et al. (1974). A fase reprodutiva (GS 3 a GS 5) começa com a formação dos primeiros primórdios das espiguetas no ápice meristemático e termina na ântese, com a polinização dos ovários nas espiguetas com flores férteis. Durante esta fase, ocorre a morte de alguns filhos produtivos. A extensão e o tempo desse processo dependem do grau de competição entre as plantas e/ou das condições de stress a que estas poderão estar sujeitas (Kirby e Appleyard, 1987).

Quando a formação da espiguetas terminal é concluída, inicia-se o encanamento e a espiga começa a crescer, o crescimento da espiga ocorre entre o aparecimento da penúltima folha (folha anterior à folha da bandeira) e os dez dias que antecedem a ântese (Kirby e Appleyard, 1984). Quando ocorre a ântese, o número de espigas/planta e, conseqüentemente o número de espigas/m² já se encontra definido e cessa o crescimento dos caules.

A espiga de trigo contém apenas uma espiguetas por cada nó da ráquis. Cada espiguetas tem entre 3 e 5 flores potencialmente férteis (Kirby e Appleyard, 1984), as quais serão autopolinizadas em 96% dos casos (Martin et *al.*, 1976). A ântese tem início na parte central da espiga e continua depois nas zonas basal e apical durante 3 a 5 dias sucessivos (Almeida, 2007). A fase do enchimento do grão, começa 5 dias depois da ântese e é o período durante o qual ocorre a formação e maturação fisiológica do grão. A maturação fisiológica do grão é normalmente definida como a fase em que a folha da bandeira e as espigas se tornam amarelas (Hanft e Wych, 1982). Segundo Loss e Siddique (1994), o desenvolvimento do grão está dividido em três fases: na primeira fase ocorre um crescimento exponencial rápido, durante o qual as células do endosperma se dividem rapidamente e o tamanho potencial do grão fica determinado; na segunda fase ocorre

um desenvolvimento constante com acumulação de amido no endosperma; a terceira fase começa com a deposição de lípidos no grão e acaba com uma redução da taxa de crescimento até ao peso máximo do grão ser atingido (Figura 6) .



Figura 6- Diferentes etapas do desenvolvimento do grão de trigo.

Fonte: Pinheiro,2017.

2.3. Fertilização azotada

Os solos por norma possuem níveis de azoto muito baixos, a carência de azoto é um fator limitante no crescimento vegetal. Na produção de trigo o azoto (N) é um elemento chave na obtenção de altos rendimentos e o teor de N é amplamente considerado como principal fator que pode afectar directamente o armazenamento de proteína de grão, bem como a sua qualidade tecnológica. A disponibilidade de N durante o emborrachamento pode contribuir para um maior conteúdo em proteína do grão, uma qualidade desejável em trigos para panificação (Blandino *et al*, 2015; Costa e Patanita, 2015).

Durante o ciclo vegetativo das plantas as carências e necessidades em azoto variam, desta forma a aplicação é feita com base no estágio fenológico em que se encontra a planta, Tomaz *et al.*, *Cit.in* Oliveira (2018), visto que o objetivo da aplicação é aumentar o desempenho geral do sistema de cultivo.

Através da aplicação fracionada de azoto ao longo do ciclo vegetativo da cultura é possível reduzir as perdas por lixiviação e volatilização, proporcionando uma maior eficiência (Patanita *et al.*, 2018).

Contudo existem também os fertilizantes de eficiência aumentada (EEF) – ou seja a sua libertação é controlada ou de libertação lenta, e inibidores de nitrificação - podem melhorar a eficiência do azoto aplicado. Assim, os adubos específicos, aqueles que cedem os nutrientes de forma gradual, ao longo do ciclo da cultura, procuram aproximar-se da «solução ideal». Trenkel *cit. in* Patanita *et al.*, (2018), classifica estes adubos da seguinte forma:

Libertação lenta - produtos de degradação microbiana;

Libertação controlada - produtos protegidos, revestidos por películas de enxofre;

Estabilizados - introdução de inibidores da nitrificação ou da hidrólise da ureia;

Através dos fertilizantes EEF, é possível uma maior distribuição de nutrientes para a planta, diminuir as taxas de aplicação e reduzir as perdas de azoto para o ambiente.

2.4. Rendimento em grão e suas componentes

O rendimento em grão representa o produto final da interação de fatores relacionados com o genótipo e com o ambiente, cujos efeitos individuais são difíceis de precisar. No entanto, pode-se expressar em função dos seus componentes sendo os principais: número de espigas por unidade de superfície, número de grãos por espiga e peso final do grão (Maçãs et al., 2000; Almeida, 2007). Os componentes principais do rendimento determinam-se sequencialmente ao longo do desenvolvimento das plantas, durante o período anterior à ântese (espigas/m²), durante a ântese (nº de grãos/espiga) e entre a ântese e a maturação fisiológica (peso do grão) (Molina Cano, 1989). Esta determinação sequencial permite compensar os efeitos exercidos sobre os primeiros componentes, provocados por condições temporais adversas, assegurando assim a estabilidade do rendimento perante uma grande adversidade de ambientes e circunstâncias (Royo et al., 2006). Deste modo, a produção final de grão de uma cultivar resulta da combinação de todos os componentes anteriormente mencionados (Figura 7). Estes componentes dividem-se em dois níveis diferentes: um nível populacional (nº de espigas/m²) e um nível individual (nº de espiguetas/espiga, nº de grãos/espiga e peso do grão) (Gomes, 1999; Almeida, 2007; Coco, 2013).

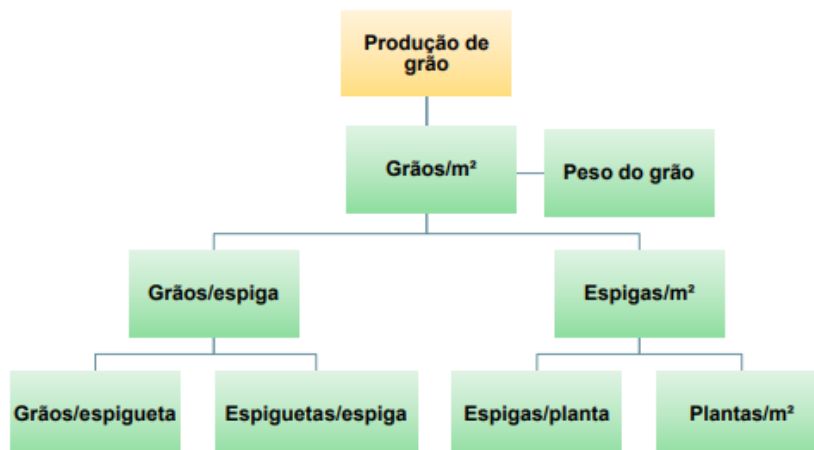


Figura 7- Esquema dos componentes que traduzem o rendimento final em grão.

Fonte: Gomes, 1999; Almeida, 2007; Coco, 2013.

2.5. Grão de trigo

2.5.1. Estrutura e principais constituintes do grão de trigo

Enquanto os frutos da maioria das plantas contêm uma ou mais sementes que no estado de maturação são facilmente removidos dos restantes tecidos dos frutos, na família *Gramineae* (Poaceae) a parede do fruto e a semente estão unidas, daí que a semente e o fruto não possam ser separados. Este tipo de fruto, característico de todas as gramíneas (incluídos os cereais), tem a designação de cariopse (Šramková et al., 2009).

O grão de trigo tem geralmente forma oval, embora diferentes espécies e/ou cultivares tenham grãos de forma ligeiramente diferente. O grão varia entre 5- 9 mm de comprimento, com um peso compreendido entre 35- 50 mg e possui um vinco no lado que foi originalmente ligado à inflorescência (Šramková et al., 2009). Em termos gerais, o grão de trigo é constituído pelo embrião (2-3%), o endosperma (80-85%) e os tegumentos (12-18%), sendo o endosperma da maior importância por dar origem à farinha, depois de separado dos restantes componentes (Bagulho, 2008). Na Figura 8 podemos observar a estrutura interna do grão de trigo (cariopse) e os seus constituintes.

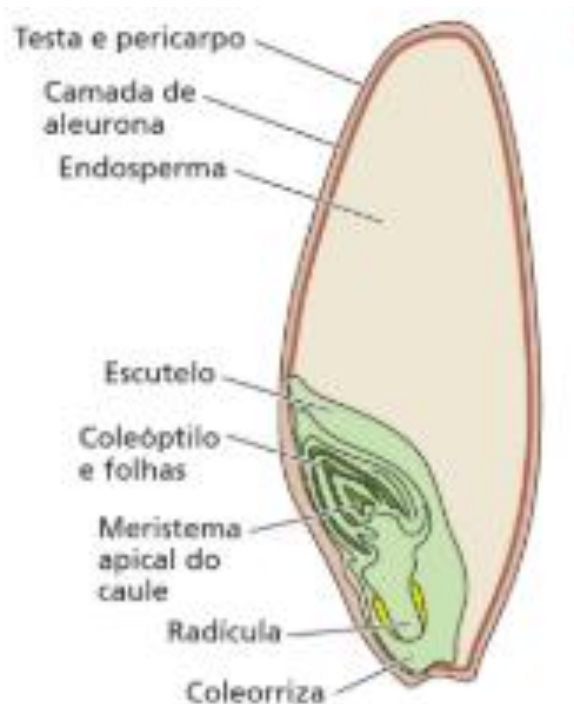


Figura 8- Estrutura interna da cariopse.

Fonte: <https://pt.slideshare.net/dervoz/tecnologia-de-cereais>

Do ponto de vista estrutural as células do endosperma contêm os seguintes componentes: paredes celulares, grânulos de amido, matriz e corpos proteicos. As paredes celulares possuem um elevado teor de fibra (celulose, β - glucanas e pentosanas) e encerram os restantes constituintes. Os grânulos de amido (Carrillo et *al.*, 2006) ocupam a maior parte do espaço celular, estando rodeados pela matriz proteica e pelos corpos proteicos (maioritariamente incrustados nos grânulos de amido). As células do endosperma fornecem as reservas necessárias ao desenvolvimento da semente quando ocorre a germinação do embrião, nomeadamente os glícidos (principalmente amido), as proteínas e os componentes minoritários lípidos e minerais. De acordo com a genética, existem duas espécies de trigo mais comuns: *Triticum aestivum* - trigo mole, utilizado nos produtos de padaria, pastelaria e fabrico de bolachas; e o *Triticum durum* - trigo duro, usado no fabrico de massas alimentícias (Remelgado, 2016). O trigo mole produz farinha muito fina com coloração branca, possui teor proteico variável com a variedade e a fertilização azotada, o qual está fortemente correlacionado com o teor de glúten e a força da massa. O trigo duro, ao contrário do mole, é difícil reduzi-lo a farinha. No entanto, a sêmola produzida tem aspeto arenoso e com maior granulometria e, em geral, com teor de glúten forte (Remelgado, 2016).

2.5.2. Composição química da cariopse do trigo

A composição química do grão de trigo pode variar com a região, as técnicas culturais e o ano agrícola. A Tabela 4 mostra os intervalos típicos da composição química do trigo.

Tabela 4- Intervalo de variação da concentração dos principais componentes do trigo.

Componentes	Mínimo (%)	Máximo (%)
Humidade	8	18
Amido	60	68
Proteína	7	18
Lípidos	1,5	2
Fibra	2	2,5
Cinzas	1,5	2

Fonte: Pallarés et *al.*, 2007.





Quimicamente as células do endosperma fornecem as reservas necessárias ao desenvolvimento da semente quando ocorre a germinação do embrião: os hidratos de carbono (principalmente amido), as proteínas e os componentes minoritários, lípidos e minerais (Bagulho, 2008).

O amido e as proteínas têm sido os componentes mais estudados ao longo dos tempos, não só por serem os componentes mais abundantes do endosperma, mas também por serem os principais responsáveis pelas propriedades tecnológicas e funcionais das farinhas (Bagulho, 2008).

As proteínas do trigo podem ser classificadas em quatro grupos, de acordo com as respetivas solubilidades (Bushuk, 1986). Na Tabela 5 apresentam-se os diferentes tipos e suas características.

As albuminas e as globulinas são proteínas minoritárias que desempenham atividades enzimáticas, enquanto as gluteninas e gliadinas, apesar de representarem cerca de 80 % das proteínas totais, apenas constituem reservas de nutrientes para o desenvolvimento da semente (Shewwry e Tathan, 1990; Bagulho, 2008). Do ponto de vista tecnológico as gluteninas e as gliadinas são as mais importantes, pois são as responsáveis pela formação do glúten. As gluteninas são proteínas poliméricas formadas por várias cadeias de polipéptidos unidas entre si por pontes bissulfeto. Quando são tratadas com agentes redutores dividem-se em dois grandes grupos de acordo com a sua mobilidade em géis de electroforese SDS-PAGE: gluteninas de alta massa molecular (HMW-GS) e gluteninas de baixa massa molecular (LMWGS).

Tabela 5- Classificação das proteínas do trigo.

Grupos	Solubilidade	Estrutura	Propriedades	(%)	Origem
Albuminas	Água		Enzimáticas	5-20	Citoplasmática
Globulinas	Solução salina neutra		Emulsionante, produtor de espuma		Citoplasmática
Gliadinas	Etanol a 70%		Extensibilidade	40	Reserva
Gluteninas	Ácidos, bases e agentes redutores		Elasticidade, tenacidade	40	Reserva

Fonte: Moreno, 2011.

As HMW-GS são determinantes na elasticidade do glúten e são codificadas por genes localizados nos braços longos dos cromossomas do grupo 1. O trigo mole possui 3 *loci* que codificam estas proteínas (Glu-A1, Glu-B1 Glu-D1), enquanto o trigo duro apenas possui 2 ao não ter o genoma D (Shewry et *al.*, 1992).

As proteínas são assim os componentes que mais influenciam a qualidade dos trigos, quer pela sua quantidade (teor proteico), quer pelo tipo de proteínas (características das proteínas individuais). Estes dois aspetos são os principais determinantes da viscoelasticidade do glúten, pois condicionam o tamanho dos polímeros e as suas propriedades agregativas (Bagulho, 2008). Alguns autores têm estabelecido uma relação entre a presença/ausência de determinado tipo de gluteninas e a força do glúten chegando mesmo a propor sistemas de pontuação de qualidade para os diferentes tipos de gluteninas (Carrillo et *al.*, 2006). Em relação ao trigo mole aceita-se que as gluteninas HMW-GS são as que mais influenciam a qualidade enquanto que a composição no locus Glu-D1 tem o maior efeito na força do glúten. Verifica-se neste *locus* que as subunidades 5+10 conferem melhor qualidade ao glúten que as restantes, pois possuem um resíduo de cisteína adicional que lhes permite formar um maior número de ligações intermoleculares (Bagulho, 2008). A qualidade no trigo duro está muito relacionada com as gluteninas LMW-GS, mais concretamente as controladas pelos genes do *locus* Glu-B3. (Payne et *al.*, 1984), estabeleceram inicialmente dois tipos de modelos de gluteninas

LMW-GS (LMW-1 e LMW-2) em trigo duro. As gluteninas do tipo LMW-2 conferem um caráter mais forte ao glúten do que as gluteninas do tipo LMW-1. É frequente utilizarem-se as γ -gliadinas 42 e 45 como marcadores genéticos que descrevem a força do glúten como forte e fraco, respetivamente, porque estão associadas geneticamente às gluteninas do tipo LMW-1 e LMW-2, respetivamente (Edward et al., 2007).

As subunidades HMW-GS também são importantes para a qualidade no trigo duro (embora em menor extensão quando comparadas com as LMW-GS). É importante referir que a interferência na força do glúten das gluteninas HMW-GS controladas pelo locus Glu-B1 está ainda pouco esclarecida (Peña, 2000).

Os cereais armazenam energia na forma de amido que representa cerca de 65-70% da farinha de trigo. Este acumula-se na forma de grânulos que se formam dentro de amiloplastos e são essencialmente de dois tipos: grânulos do tipo B (mais pequenos e esféricos) e do tipo A (maiores e lenticulares). São constituídos por dois tipos de polissacáridos amilose e amilopectina. A amilose é essencialmente uma molécula linear enquanto a amilopectina é um polímero muito ramificado e com massa molecular superior a 108 (Pallarés et al., 2007). Os grânulos de amido, devido ao seu estado nativo parcialmente cristalino, experimentam quando são submetidos a tratamento térmico, diferentes transições de fase, sendo de destacar a gelatinização e a retrogradação. Estas transições influenciam o volume final dos produtos cozidos e a sua tendência ao endurecimento que depende, entre outros fatores, da proporção amilose/amilopectina (Pallarés et al., 2007). O endosperma do grão de trigo também contem uma pequena proporção de outros polissacáridos, que nutricionalmente se incluem no grupo das fibras: arabinosilanos, Dglucanos e celulose (Pallarés et al., 2007).

2.6. Avaliação da qualidade do trigo

2.6.1. Critérios e especificações

Os critérios de qualidade do trigo têm evoluído continuamente em resposta aos avanços tecnológicos quer na moagem do trigo quer no seu processamento secundário (Marchylo et al., 2001). O processo de moagem nos últimos anos sofreu poucas

alterações tecnológicas. Contudo, no mesmo período de tempo, os critérios para produzir uma farinha/sêmola de qualidade modificaram-se consideravelmente. A moagem propriamente dita não é um processo que origine qualidade no sentido de melhorar ou acrescentar qualidade ao trigo, mas pode tender a diminuir a qualidade do trigo quando processada incorretamente.

Na indústria alimentar, nomeadamente na produção de massas e pão, a qualidade do trigo é determinada durante o processamento alimentar através das características do produto final. Porém, esta prática utiliza grandes quantidades de matéria-prima (farinha e sêmola) sendo também muito demorada. Alternativamente, a indústria adotou novos métodos reológicos, menos dispendiosos e demorados que prevêm o comportamento da massa e do pão na panificação. Destaca-se o mixógrafo, o farinógrafo e o alveógrafo para determinar as propriedades viscoelásticas (força e extensibilidade) das proteínas do glúten. Estas propriedades correlacionam-se com a firmeza e elasticidade quer da massa cozida, quer com o volume do pão e estrutura do miolo. A maioria dos testes reológicos e sensoriais utilizados na indústria para avaliar a qualidade do trigo não são adequados para as centenas de linhas experimentais que estão nos primeiros estágios avançados de desenvolvimento dos programas de melhoramento, devido à quantidade limitada de amostra e tempo de teste. Nestas situações utilizam-se micro-testes indiretos para selecionar germoplasma que estão fortemente associados à qualidade reológica. Estes incluem o conteúdo em proteínas, o teor e índice de glúten, o índice de queda, o teste de sedimentação com Dodecil Sulfato de Sódio (SDS) entre outros (Peña, 2000).

A classificação das variedades de trigo mole na LVR é realizada com recurso à determinação de vários parâmetros, existindo valores de referência para as diversas classes tecnológicas (Tabela 6).

Os diferentes parâmetros da qualidade têm diferentes prioridades consoante o produto final a que se destinam, sendo a sua análise e conhecimento complementar. No entanto, o elevado teor proteico bem como a qualidade associada a estas proteínas, são imprescindíveis quer para o fabrico das massas alimentícias quer para o fabrico de pão, pois ambos afetam diretamente o processamento alimentar. No caso do pão, as proteínas são as responsáveis pela manutenção das suas propriedades (Peña, 2000).

Tabela 6- Valores de referências dos diversos parâmetros de qualidade para a classificação das variedades de trigo mole como “Melhorador” e como “Semi-corretor”, no âmbito da Lista de Variedades Recomendadas (LVR), adaptado de ANPOC (2018).

Parâmetros considerados	CLASSES TECNOLÓGICAS	
	MELHORADOR	SEMI CORRECTOR
Proteína m.s. (%)	Min 14	Min 12,5
Índice de Queda/Hagberg (s)	Min 260	Min 260
Peso específico (kg/hl)	Min 79	Min 78
Glúten húmido* (%)	Min 32	Min 28
Glúten seco* (%)	Min 12	Min 11
P/L	Entre 0,5 e 1	Máx 1,2
W (E ⁻⁴ J)	Min 300	Min 220
Humidade (%)	Máx 13	Máx 13

2.6.2. Métodos reológicos

2.6.2.1. Alveógrafo de Chopin

O ensaio alveográfico (Figura 9) simula o comportamento da massa durante a fermentação e avalia as características viscoelásticas da farinha de trigo. Baseia-se na medição da pressão do ar necessária para insuflar uma bolha de massa. Para isso são colocados num misturador farinha e uma solução de cloreto de sódio com o objetivo de formar um disco de massa. Em seguida, a resistência à deformação e extensibilidade do referido disco de massa é medida insuflando ar sobre ele, formando-se uma bolha de massa que então se rompe.

Os principais parâmetros avaliados neste teste são tenacidade, a extensibilidade e o trabalho de deformação ou força de glúten. A tenacidade (**P**) corresponde ao impacto necessário para levar um material à rutura e a extensibilidade (**L**) é a propriedade da massa esticar e não voltar à forma de origem. A relação entre **P** e **L** deve ter preferencialmente um valor inferior a um, pois assim indica que a massa é mais extensível que tenaz (Gutkoski, 2009). O trabalho de deformação da massa ou força de glúten (**W**) indica a qualidade panificável da farinha, este teste corresponde ao trabalho mecânico necessário para expandir a bolha até a rutura, expressa em 10⁻⁴ J.

A interpretação dos gráficos obtidos (alveogramas) é feita da seguinte forma segundo Souza, (2013):

Força alveográfica (W) – energia (expressa em 10^4J) necessária para deformar a massa até à sua rotura;

Tenacidade (P) – pressão máxima necessária à deformação da massa (expressa em mm), que está relacionada com a resistência da massa à deformação;

Extensibilidade (L) – a abscissa correspondente ao ponto de rotura (expressa em mm) que corresponde à elasticidade da massa.

Relação de equilíbrio (P/L) – relação entre a tenacidade e a extensibilidade, que indica de uma forma numérica a configuração da curva, expressando o equilíbrio da massa.

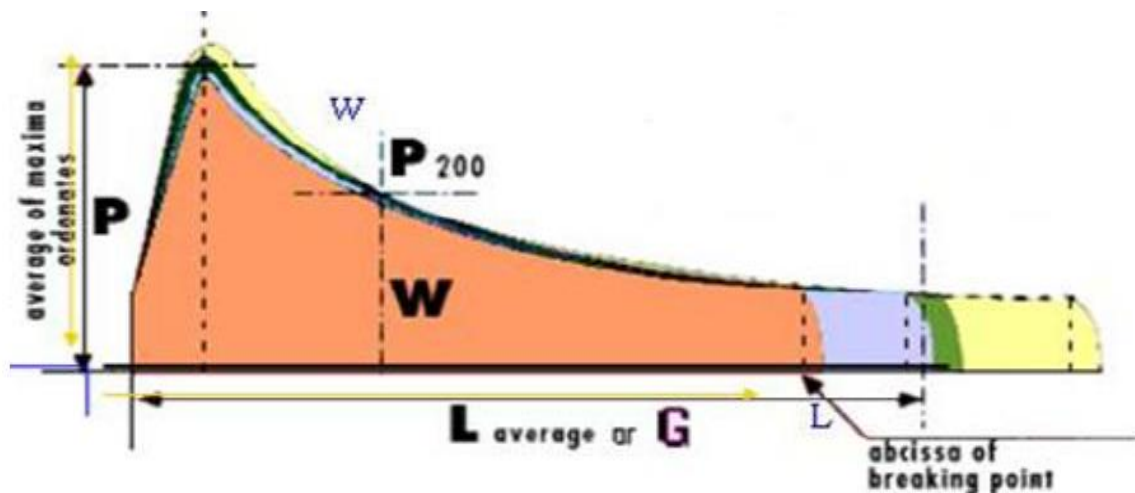


Figura 9- Representação esquemática dos parâmetros do Alveograma de Chopin, adaptado de Souza (2013).

2.6.2.2. Índice de Queda

Esta análise baseia-se na rápida gelatinização de uma suspensão de farinha e água e na medida de degradação do amido por ação da amílase em condições similares às de cocção de um pão (Quaglia, 1991), já que esta enzima tem a função de hidrolisar o amido promovendo a consequente libertação de açúcares durante a fermentação (Faroni et al., 2002). A verificação da atividade α -amilásica em grãos ou em farinhas tem como objetivos detetar danos causados por pré-germinação, otimizar os níveis de atividade enzimática e garantir a sanidade do grão (Léon, 2007). O aparelho Falling Number tem como princípio a determinação indireta da atividade enzimática, na qual o amido

gelificado é liquefeito pela α - amilase (Aquarone et *al.*, 2001). Este aparelho é composto por duas divisões, uma elétrica e outra mecânica, com funções de fornecimento de calor para ocorrer a gelatinização do amido e, ao mesmo tempo, misturar a suspensão de água e farinha de trigo. A atividade da enzima α - amilase inicia com a geleificação do amido (55-65°C) e finaliza após sua desnaturação, a uma temperatura próxima dos 80°C (Carvalho, 1999).

2.6.2.3. Teor de Glúten

A determinação do glúten em farinhas é uma análise importante que serve para medir o teor de glúten húmido e, a partir da secagem, possibilitar o cálculo do índice de glúten seco de determinada amostra (Montenegro e Ormenese, 2008). O princípio do método consiste em fazer uma massa com farinha de trigo e água que, em seguida, deve ser lavada para remoção do amido e dos constituintes hidrossolúveis do glúten, obtendo-se então o glúten húmido, que é posteriormente seco e pesado (Popper et *al.*, 2006). A determinação da quantidade e na farinha é uma das melhores ferramentas para se conhecer suas potencialidades (Léon, 2007), já que o glúten é responsável pela retenção de gás na massa, o que confere leveza aos produtos fermentados, estando então relacionado com a qualidade final dos produtos no que diz respeito à textura, forma e expansão (Amemiya e Menjivar, 1992).

2.6.3. Métodos físico-químicos

2.6.3.1. Teor de Humidade

Segundo Germani (2008), o teor de humidade é um fator que afeta bastante as características do grão e da farinha, interferindo de maneira direta na qualidade. O teor de humidade define o momento propício da colheita, o tempo e a temperatura adequados para se promover a secagem e o condicionamento do grão de trigo para posteriormente ser moído (Miranda et *al.*, 2010) Assim, os limites de humidade são aspetos imprescindíveis para a conservação do grão e da farinha e a sua respetiva comercialização (Miranda et *al.*, 2008).

2.6.3.2. Massa hectolitro

O peso do hectolitro é uma análise física do grão, e consiste na massa de 100L de trigo expressa em kg/hL. Este parâmetro é influenciado pela uniformidade, forma, densidade e tamanho do grão, mas também pelo teor de matérias estranhas e grãos quebrados na amostra (Miranda et al., 2008). Esta determinação contribui para a avaliação da qualidade do grão de trigo, sendo utilizado como medida tradicional de comercialização em vários países e reflete indiretamente atributos de qualidade relacionados especialmente com a moagem (Munstock, 1999). Segundo Schmidt e Tschardtke (2005), foi constatado que o peso por hectolitro não tem correlação com outras análises realizadas ao trigo (teor de proteína no grão, teor de proteína na farinha, índice de sedimentação, ensaio alveográfico, entre outros). Isto demonstra que apesar da avaliação do peso do hectolitro ser bastante rápida, simples e comumente utilizada em programas de melhoramento, não será eficiente quando empregada na seleção de constituições genéticas superiores para a qualidade de panificação.

2.6.3.3. Peso de mil grãos

O peso de mil grãos é parâmetro que está relacionado com a produtividade e com a qualidade dos grãos. É um dos parâmetros utilizados em ensaios agronômicos para a avaliação de genótipos, a sua pesagem é feita através de um contador de sementes. Através deste índice, é possível caracterizar um genótipo e evidenciar desequilíbrios ocorridos no processo de formação dos grãos, bem como estudar a influência das condições climáticas e das práticas culturais durante o desenvolvimento da cultura (Mandarino, 1993).

2.6.3.4. Proteína

As proteínas são os componentes que mais influenciam a qualidade dos trigos, quer pela sua quantidade (teor proteico), quer pelo tipo de proteínas (características das proteínas individuais). Estes dois aspetos são os principais determinantes da viscoelasticidade do glúten, pois condicionam o tamanho dos polímeros e as suas propriedades agregativas (Bagulho, 2008). A quantidade e qualidade de proteína são características que avaliam o potencial da farinha ou sêmola em relação ao seu uso ou destino final, esta avaliação é feita através de um equipamento NIT-Espectrofotometria de Transmitância no Infravermelho Próximo (Infratec™ 1241). Delas dependem as propriedades plásticas ou reológicas das massas. A sua quantidade está relacionada com o azoto total e é um fator mais relacionado com o ambiente e com as condições de cultivo do que a cultivar (González e Rojo, 2005).

2.7. Constrangimentos climáticos

2.7.1. Caracterização do clima Mediterrânico

Os diferentes tipos de clima existentes no mundo são definidos pela variação anual conjunta da temperatura e da precipitação (UNESCO-FAO, 1963). A classificação climática definida por W. Köppen em 1931 (Köttek et al., 2006), indica que todo o sudoeste de Portugal e Espanha estão enquadrados em climas temperados, na subdivisão mediterrânica ou subtropical seca, clima temperado húmido com verão seco e quente (Csa) no sul e clima temperado húmido com verão seco e temperado (Csb) no Norte. No entanto existe uma pequena região do Baixo Alentejo, no distrito de Beja, encontra-se Clima Árido – Tipo B, Subtipo BS (clima de estepe), cultivar BSk (clima de estepe fria da latitude média) (IPMA, 2019). Este clima caracteriza-se por invernos temperados e chuvosos e verões secos e quentes, com outonos e primaveras variáveis tanto em temperaturas como em precipitação. O seu nome tem origem no mar Mediterrâneo, zona de onde é típico este clima e adquire maior extensão geográfica, embora também esteja presente em outras zonas do planeta com variações quanto à distribuição de temperaturas (Figura 10) (Almeida, 2007).

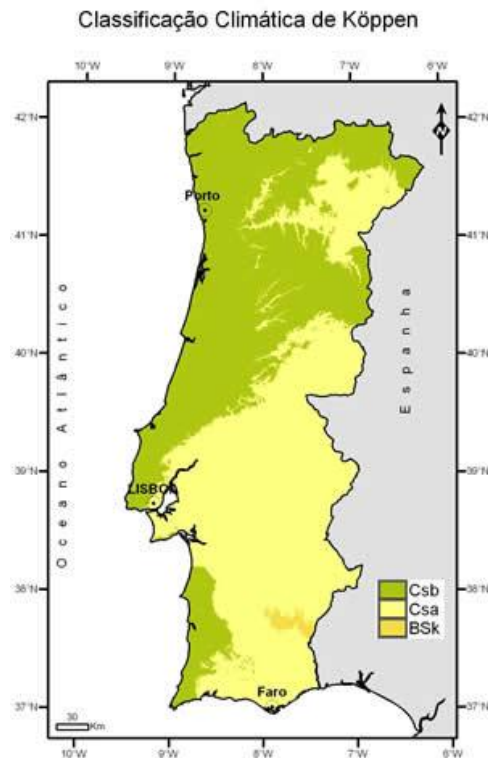


Figura 10- Classificação climática Köppen.

Fonte: IPMA, 2019.

2.8. O clima mediterrânico do Sul de Portugal

O tipo de clima que afeta o sul de Portugal confere características ambientais muito específicas a esta região. Através da Figura 11 podemos verificar a irregularidade da precipitação e da temperatura ao longo do ano. Segundo Sertório do Monte Pereira, ao analisar alguns indicadores sobre a produção agrícola em Portugal, considerou que “a irregularidade desconcertante do nosso clima” era uma limitação importante para a atividade agrícola (Carvalho, 1994).

Nas espécies cultivadas de sementeira outono-invernal, tal como o trigo mole, o desenvolvimento das plantas enfrenta situações climatéricas muito distintas e imprevisíveis, que condicionam o resultado das colheitas nas regiões de clima mediterrânico como as do Sul de Portugal. O clima é assim o principal fator limitante da cultura no nosso país, devido à sua irregularidade inter e intra-anual durante o ciclo cultural das plantas, com uma concentração das chuvas nos meses de Inverno e com frequente défice hídrico na Primavera e Verão. O excesso de chuvas até à fase de

encanamento condiciona profundamente as produções, mas são as condições climáticas da fase final do ciclo cultural das plantas que mais se refletem na qualidade, por estarem diretamente relacionadas com a formação do grão.

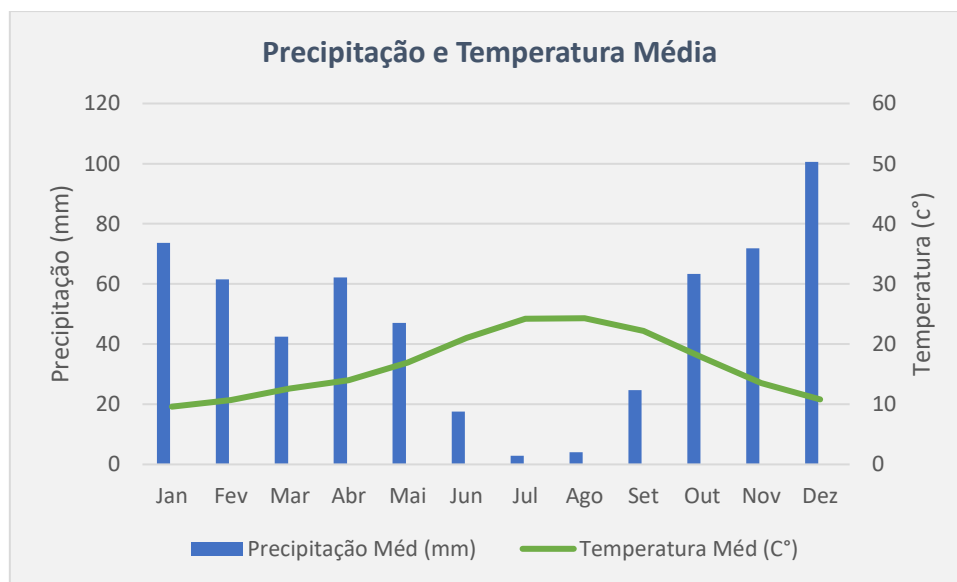


Figura 11- Precipitação e temperatura média de 1971 a 2000 em Beja.

Fonte: IPMA, 2019.

Patanita (2019), indica como principais estrangulamentos das culturas de sementeira outono-invernal, os seguintes:

- irregularidade do início da estação das chuvas, que condiciona a adoção da data ótima de sementeira e a escolha da variedade;
- encharcamento de Inverno, que limita o crescimento do sistema radicular, podendo acentuar a deficiência hídrica em fases posteriores devido a um menor volume de solo explorados pelas raízes, com efeito negativo sobre o número de plantas e de espigas;
- geadas tardias na Primavera, condicionando o espigamento precoce e a floração;
- deficiência hídrica durante a fase final do ciclo (Abril-Maio), limitando a formação e enchimento do grão e, conseqüentemente a produtividade e qualidade do grão;

- elevadas temperaturas no final da Primavera (Abril-Maio), stress térmico que afeta a floração, fecundação, formação e enchimento do grão, com efeito negativo no número de grãos, massa do hectolitro e composição do grão.

Podemos destacar os dois últimos estrangulamentos, que por ocorrem no final do ciclo da cultura, podem afetar componentes da produção, nomeadamente o peso do grão, que já não têm possibilidade de compensação. Assim, uma dotação de rega ajustada durante as fases críticas da cultura (encanamento, emborrachamento, floração e enchimento do grão), proporciona melhores condições para a síntese e translocação de hidratos de carbono, melhorando o rendimento da cultura, assim como influencia o tamanho e a qualidade do grão (Boteta, 2013; Alghory e Yazar, 2018; Tomaz *et al* 2016). Importa referir que a rega nestas culturas é um suplemento da precipitação, uma vez que esta cobre uma parte significativa das necessidades hídricas totais. A eficiência do uso da água de rega nos cereais praganosos é elevada, significando que reduzidos volumes conduzem a elevados acréscimos de produtividade. Em artigo publicado na *Agrotec 20*, Tomaz *et al.* (2016) indicaram eficiências de uso da água de rega na cevada dística, na região de Beja, de 5,1 kg/m³ no ano agrícola de 2012/13 e de 7,4 e 12,4 kg/m³ no ano agrícola de 2013/14, respectivamente com as dotações de rega de 1000, 660 e 340 mm. Contudo, a dotação de água de rega dos cereais praganosos é fortemente influenciada pela forma com decorre o ano agrícola, nomeadamente no que se refere à precipitação .

As exigências hídricas da cultura do trigo, dadas pelo coeficiente cultural (Kc), resultado da relação da evapotranspiração da cultura (ETc) sob a evapotranspiração em condições padrão (ET0), aumentam até a cultura alcançar o seu máximo desenvolvimento e mantêm-se estáveis até a cultura entrar na fase de maturação. A partir da fase de maturação a evapotranspiração da cultura, é logicamente mais reduzida e o coeficiente cultural começa a ser mais baixo.

O aumento da temperatura nos meses de abril e maio, típico do clima mediterrânico do Sul de Portugal (Figura 11), acelera o ritmo de crescimento e desenvolvimento das plantas, fazendo com que as culturas completem o seu ciclo mais rapidamente, podendo comprometer a produtividade em particular pela redução da fase de enchimento do grão (Braga e Pinto, 2009). Como consequência, ocorre uma redução na síntese de

amido e na sua deposição nos grãos, afetando negativamente a produtividade (Harding et al., 1990).

Os efeitos do stress dependem do momento em que este ocorreu e da respectiva duração (Corbellini et al., 1997,1998). Quanto mais tarde ocorre o stresse por calor, maior será a quantidade de matéria seca acumulada (Panozzo et al., 1998).

O trigo é uma espécie originária de clima frio, e por esta razão o seu desempenho produtivo é melhor em regiões com temperaturas mais amenas (Oliveira et al., 2011). Para cada fase de desenvolvimento da planta de trigo existe uma faixa de temperatura ótima (McMaster, 1997). Segundo Dupont e Altenbach (2003), a temperatura ótima para alcançar o máximo rendimento do grão de trigo deve oscilar entre 15 a 20°C durante o crescimento dos grãos.

A breve exposição das plantas a altas temperaturas durante o enchimento das sementes pode acelerar a senescência, diminuir a produção e o peso das sementes, e reduzir o rendimento. Nestas condições, a fotossíntese é limitada, havendo na planta menos recursos disponíveis para o desenvolvimento reprodutivo (Siddique et al., 1999).

Sob o efeito de temperaturas muito elevadas podem verificar-se em poucos minutos danos celulares e/ou até mesmo morte celular, situação que tem sido atribuída a um colapso “catastrófico” na organização celular (Schoffl et al., 1999). Acresce ainda que mesmo um breve período de exposição a temperaturas ambientais elevadas (> 35°C) pode ser prejudicial ao grão (Hawker e Jenner, 1993; Stone e Nicolas, 1994).

Em geral, é evidente que a alta temperatura afeta consideravelmente as estruturas anatómicas no tecido, mas compromete também estruturas ao nível celular e subcelular. O efeito acumulado de todas essas mudanças ocorridas sob stresse térmico pode resultar num baixo crescimento da planta e produtividade dos grãos.

III.MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização

O ensaio foi realizado numa parcela pertencente à Associação de Criadores de Ovinos do Sul, próximo da cidade de Beja, designado Campo da Feira (Figura 12) (coordenadas:38°00'09.4"N 7°51'30.2"W).



Figura 12- Localização do ensaio (Fonte: Google Maps).

3.2. Caracterização edafo-climática

3.2.1. Solo

O ensaio foi instalado em solos Barros Pretos Calcários – Bpc (SROA, 1966; Cardoso, 1974), Vertissolos segundo classificação FAO.

3.2.2. Clima

O clima da região é tipicamente mediterrâneo, com a concentração das chuvas no inverno e verão quente e seco.

A temperatura durante a fase reprodutiva e do enchimento do grão junto com a ocorrência de choques térmicos e períodos de exposição do trigo a temperaturas

superiores a 32°C durante a fase de enchimento do grão, podem traduzir-se na principal combinação de fatores climáticos que limitam a expressão do potencial de produção de trigo (Yang *et al.*, 2002).

Na Figura 13 e Tabela 7, é possível observar a evolução mensal de temperaturas, precipitação e evapotranspiração cultural durante o ano agrícola 2018/19.

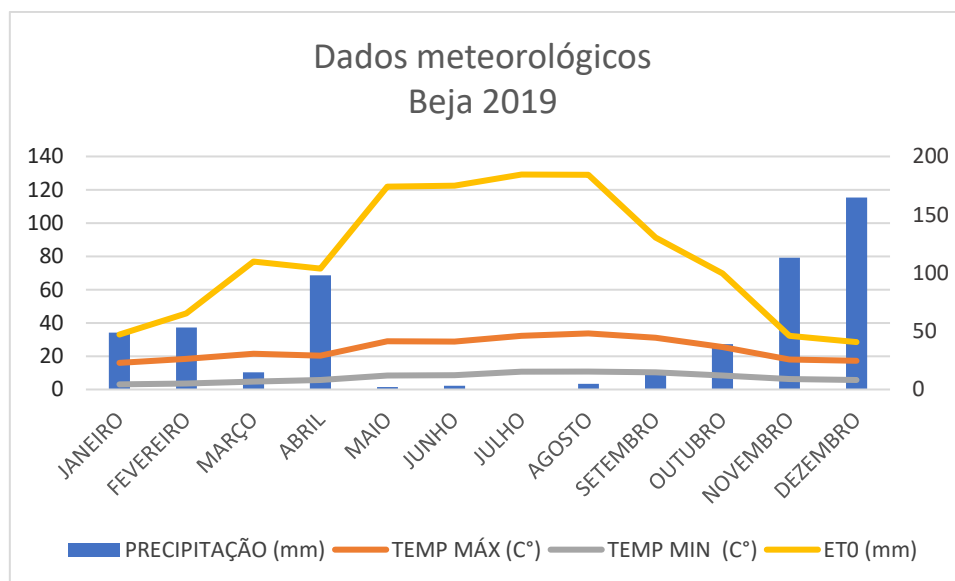


Figura 13- Dados meteorológicos Beja 2019.

Fonte: Adaptado, EDIA 2019.

Tabela 7- Valores de temperatura média máxima, temperatura média mínima e precipitação do ano agrícola 2018/2019 e no período 1971 a 2000.

Meses	T.Méd.Máx (°C)		T.Méd.Mín (°C)		Precipitação (mm)	
	1971/2000	2018/2019	1971/2000	2018/2019	1971/2000	2018/2019
Setembro	31,2	31,1	15,1	14,7	24,7	9,9
Outubro	29,8	25,6	12,3	11,9	63,3	27,2
Novembro	21,7	18,1	8,9	9,1	71,8	79,2
Dezembro	15,9	17,2	6,8	8,2	100,6	115,4
Janeiro	14,9	16	5,3	4,4	73,7	34,1
Fevereiro	16,0	18,4	6,0	5,2	61,5	37,7
Março	16,1	21,4	7,0	6,9	42,5	10,3
Abril	19,4	20,3	8,2	8,1	62,2	68,6
Maiο	23,6	29	10,4	12	47,0	1,4
Junho	28,0	28,8	13,4	12,2	17,6	2,2
Julho	30,5	32,3	15,6	15,3	2,9	0
Agosto	36,6	33,7	15,9	15,4	4,0	3,5
Totais	23,64	24,3	10,4	10,3	571,8	389,5

Fonte: Adaptado, EDIA 2019.

O clima é tipicamente mediterrâneo, com a concentração das chuvas no inverno e verão quente e seco. No ano agrícola em que decorreram os estudos (2018/19), durante o ciclo cultural, a média das temperaturas máximas foi mais elevada nos meses de inverno, principalmente nos meses de dezembro e janeiro, fevereiro e março em relação ao período de 1971-2000.

Quanto à precipitação, verificou-se um menor volume mensal nos meses de inverno no ano agrícola 2018/19, em relação ao período 1971-2000 (Tabela 7), apenas em novembro e dezembro, os valores de precipitação foram superiores, facto que não terá influenciado o desenvolvimento das plantas. Verificamos que no mês de março ocorreu pouca precipitação (10,3 mm), sendo necessário compensar com rega (41 mm). Nos meses de abril e maio, também foi necessário aplicar regas que totalizaram 51 mm em R1 e 37 mm em R2, visto que a precipitação registada não foi suficiente para satisfazer as necessidades da cultura.

3.3. Delineamento experimental

Os ensaios de campo (Figura 14) instalaram-se de modo a avaliar o efeito de dois fatores de estudo:

- ⌘ estratégias de rega (modalidades de rega);
- ⌘ fertilização azotada (fertilizantes e fracionamento).

O desenho experimental adotado foi parcelas subdivididas («split-plot») com quatro repetições. As modalidades de rega nas parcelas principais e os tratamentos de fertilização azotada nas parcelas secundárias. Cada uma destas parcelas ocupou uma área de 9,6 m² (8,0m x 1,2m), com seis linhas de sementeira (Anexo I).



Figura 14- Ensaios de campo.

Foram avaliadas três modalidades/estratégias de rega e oito tratamentos de fertilização azotada. As modalidades de rega (Figura 20) foram: R0 - Sequeiro; R1 - Rega a 100% da ETc ao longo do ciclo da cultura; R2 - Rega a 100% da ETc nas fases identificadas como críticas, nomeadamente, início do encanamento, emborrachamento, espigamento e enchimento do grão. Os tratamentos de fertilização azotada com 180 kg N / ha foram: F1 e F2 – fertilizante clássico (Foskamónio 12-24-12); F3 e F4 - fertilizante com inibidor da nitrificação (Entec 20-10-10); F5 e F6 - fertilizante de libertação controlada (Nergetic 20-8-10); F7 e F8 - fertilizante com inibidor da urease (Duramon 20-5-5). A distinção entre os quatro tipos de fertilizantes foi o fracionamento e as datas de aplicação (Tabela 8).

Tabela 8- Tipo de fertilizante e fracionamento (%) em cada tratamento de fertilização azotada.

Tratamento de fertilização azotada	Fertilizante	Sementeira	Afilhamento	Encanamento	Emborrachamento
F1	Foskamónio	25	50		25
F2	12-24-12	25	25	25	25
F3	Entec	100			
F4	20-10-10	50			50
F5	Nergetic	100			
F6	20-08-10	50			50
F7	Duramon	100			
F8	20-05-05	50			50
Fertilizante de cobertura		Ureia		Nitroamoniacal	

3.4. Itinerário técnico

Na Tabela 9 pode-se observar o itinerário técnico do ensaio desde a instalação até à colheita do mesmo.

Tabela 9- Itinerário técnico dos ensaios de campo do Projeto Interatrigo (Beja - Campo da Feira, 2018/19).

Operação	Data	Produto / Máquina	Dose
Precedente cultural		Pousio	
Preparação de solo	28/12/2018	Herbicida total + Chisel + rototerra	
Sementeira	30/12/2018	Semeador de ensaios (Wintersteiger)	400 Sementes germináveis/m ²
Fertilização fosfopotássica à sementeira*	30/12/2018	Lanço	a)
Aplicação de herbicida	25/02/2019	<ul style="list-style-type: none"> 6,20 (p/p) piroxadena + 1,5 (p/p) cloquintocetimerilo + grânulos solúveis 50% (p/p) de tiberão metilo Barra de herbicida 	900 ml/ha 30g/ha Calda: 250l/ha
Fertilização de cobertura	22 de fevereiro 14 de março 26-30 de março	De acordo com o definido para os vários tratamentos	Tabela 6
Rega	De 19 março a 27 maio	Cobertura total	R1 = 253 mm R2 = 230 mm
Aplicação de fungicida	18/03/2019	22,52% (p/p) picoxistrobina	1l/ha Calda: 300l/ha
Colheita	26/06/2019	Ceifeira de ensaios (Hege 125c)	

a) a adubação fosfopotássica foi ajustada, com recurso ao adubo Amicote CV 44G 0-20-17, nos diferentes tratamentos, para 90 kg/ha de P₂O₅ e de K₂O, uma vez que estas foram as quantidades incorporadas com a aplicação à sementeira da totalidade do adubo ternário do tratamento 3 (ENTEC 20-10-10).

3.5. Monitorização do teor de humidade do solo e uso da água de rega

Para a monitorização do teor de humidade do solo utilizaram-se sondas capacitivas (Figura 15). Os dados meteorológicos e de evapotranspiração cultural (ETc) foram obtidos a partir dos registos da estação meteorológica automática do Centro Operativo e de Tecnologias do Regadio (COTR) na Quinta da Saúde, Beja. Estes registos foram utilizados de forma a realizar a determinação das dotações e a oportunidade de rega.

O uso da água, mais concretamente a eficiência do uso da água evapotranspirada (WUE), e a eficiência uso da água de rega (IWUE) foram estudados, utilizando as seguintes relações:

$$WUE = \frac{Y}{ETc}$$

$$IWUE = \frac{Y}{IW}$$

Onde:

Y - traduz-se no rendimento em grão (expresso em kg/ha) e **ETc** refere-se à evapotranspiração da cultura ao longo de um ciclo (expressa em m³/ha) e, para cada modelo de rega utilizado, obtiveram-se diariamente os valores de **ETc** através do modelo MOGRA (COTR, 2019), em que:

$$ETc = ET_0 \cdot Kc \cdot Ks$$

Onde:

ET₀ - refere-se à evapotranspiração de referência (expressa em m³/ha);

Kc - é o coeficiente cultural (Allen et al. 1998);

Ks - é o coeficiente de stress, calculado através da fórmula

$$Ks = \frac{RU - Dp}{RU - RFU}$$

que varia entre 0 e 1. Se $K_s = 1$, significa que a totalidade das necessidades hídricas da cultura foi satisfeita; se $K_s < 1$, significa que estamos perante situações em que se verifica a existência de déficit hídrico. Na fórmula do cálculo de K_s ,

RU - é a reserva utilizável (diferença entre a capacidade de campo e o ponto de emurchecimento permanente (em mm));

RFU - é a reserva facilmente utilizável (diferença entre a capacidade de campo e o teor crítico cultural (em mm));

Dp - refere-se à quantidade de água que sofreu depleção na região radicular no final de cada dia, (em mm).

IW - traduz-se no volume total de água de rega aplicado durante esse ciclo (em m^3/ha).



Figura 15- Sondas capacitivas.

Ao observar Tabela 10, verificamos que os valores da precipitação foram baixos durante o inverno e primavera, aumentando as necessidades hídricas durante o ciclo da cultura. No que respeita às dotações de rega, em R1 e R2 verifica-se que iniciaram em março, visto que os valores de precipitação foram quase nulos. Durante o mês de maio verificamos que existiu um aumento da dotação de rega em R1 e R2 para evitar stress hídrico na cultura. Através da Tabela 8, verificamos que durante o ciclo da cultura a precipitação efetiva (precipitação que se infiltra e fica disponível para a planta, obtida através da metodologia da FAO; Allen et *al.*, 1998) acumulada foi baixa, cerca de 5 vezes inferior à evapotranspiração da cultura acumulada.

Tabela 10- Valores mensais Evapotranspiração cultural, precipitação efetiva e dotação útil de rega em Beja – Campo da Feira, 2018/19.

	Etc mensal	Pe mensal	R1 mensal	R2 mensal
Dez	0.6	0.0	0.0	0.0
Jan	10.9	26.3	0.0	0.0
Fev	41.7	28.6	0.0	0.0
Mar	34.5	6.6	41.0	41.0
Abr	103.4	53.5	51.0	37.0
Mai	199.5	0.0	161.0	152.0
Jun	171.1	1.6	0.0	0.0
Ciclo	562	117	253	230

As sondas capacitivas instaladas para a monitorização da humidade do solo são de registo contínuo, com 80 cm de profundidade possuem vários sensores que fazem leituras de 10 em 10cm de profundidade (Figura 16) e transmitem os dados recolhidos através de um servidor que permite que os dados sejam disponibilizados online numa plataforma que permite conhecer a disponibilidade e capacidade de armazenamento de água pelo solo, fornece informação agrometeorológica e sobre a evolução do teor de humidade a vários níveis de profundidade do solo.



Figura 16- Instalação de sondas capacitivas.

3.6. Variáveis estudadas

3.6.1 Força e equilíbrio da massa

Utilizou-se o alveógrafo Chopin MA87 (Figura 17), provido de uma amassadeira de 250g e calculadora RCV4 que permitiu a medição e registo automático dos dados. A farinha (250g) foi hidratada com uma solução de cloreto de sódio a 2,5% de acordo com a sua humidade, e foi amassada durante 7 minutos, da qual se fizeram- de 5 discos de massa, que após 28 minutos foram testados. Seguidamente insuflou-se ar em condições parametrizadas sobre uma lâmina de massa que formam um balão, até à sua rutura. As variações de pressão são registadas graficamente através de uma curva, designada por alveograma. A partir desta análise determina-se a força da massa - W em 10^{-4} J e equilíbrio da massa dada pela relação entre tenacidade (P) e a extensibilidade (L), ambas em mm.



Figura 17- Alveógrafo de Chopin.

3.6.2 Teor de glúten

O teor de glúten, húmido e seco, foi determinado através do «Glutomatic», tendo-se realizado o método de extração mecânica segundo a norma ISO 21415-2:2006. O glúten húmido foi extraído, a partir da farinha, por lavagens com uma solução de cloreto de sódio (2% p/v), e conseqüente centrifugação. Pesou-se o resíduo obtido, calculando-se

a percentagem de glúten húmido na farinha. O glúten seco foi obtido, segundo a norma ISO 21415-4:2006, pelo equipamento «Glutork 2020» (Figura 18). Este equipamento faz a secagem da farinha, depois da qual se pesa a quantidade de glúten seco na farinha, obtendo-se a percentagem de glúten seco na farinha.



Figura 18- Glutork 2020.

Fonte: Annual IAOM Mideast & Africa.

3.6.3 Teor de proteína

O teor proteínas totais do grão (%) foi determinado no NIT Espectrofotometria de Transmitância no Infravermelho (Figura 19).



Figura 19- NIT-Espectrofotometria de Transmitância no Infravermelho Próximo.

3.6.4 Índice de queda

A determinação do índice de queda fez-se, segundo a norma ISO 3093:2009, através da seguinte ordem de procedimentos nos seguintes equipamentos: 1º moinho «Laboratory Mill 3100», 2ª agitador «Shakematic 1090», 3º banho «Falling number 1400» (Figura 20).



Figura 20- «Falling-number 1400» e «Shakematic 1090».

3.6.5 Massa do hectolitro

Equivale ao peso específico do grão e é expressa em kg/hl, foi determinada num sitómetro de acordo com Norma Portuguesa 988 (2000). Colocou-se a semente recolhida pelo sitómetro num recipiente e pesou-se em seguida na balança de precisão.

3.6.6 Produção de grão e componentes da produção

A produção de grão (kg/ha) foi obtida a partir de cada uma das parcelas secundárias (9,6 m²), corrigida para 12% de humidade e extrapolada para o hectare.

As componentes da produção avaliadas foram o peso de 1000 grãos e o número de grãos/m². O peso de 1000 grãos (g) obteve-se através de quatro contagens eletrónicas de cem grãos pelo contador de grãos «Numigral» (Figura 21), segundo a norma ISSO 520:1977. Pesaram-se as quatro contagens e a sua média foi multiplicada por dez para obter o peso de mil grãos.



Figura 21- Contador eletrônico de grãos «Numigral».

3.7. Tratamento dos dados

A análise estatística dos dados foi realizada com recurso ao programa Analytical Software Statistix 8.0, tendo-se realizado a análise de variância (ANOVA) para as diversas variáveis em estudo, de acordo com o delineamento experimental bifatorial em «split-plot». Para comparar as médias utilizou-se o teste de Tukey para $p < 0,05$.

IV RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Fenologia

Na Tabela 11 estão representados os vários estados fenológicos da cultura estudada, bem como os momentos em que foram realizados os diferentes tratamentos de rega – R0, R1 e R2.

Tabela 11- Estados fenológicos, colheita e respetivas datas nos diferentes tratamentos de rega, nos ensaios .

Estado fenológico	Tratamento R0	Tratamento R1	Tratamento R2
Emergência		17 janeiro	
Afilhamento		22 de fevereiro	
Encanamento		14 de março	
Emborrachamento	26 de março	30 de março	30 de março
Espigamento	13 de abril	15 de abril	15 de abril
Ântese	17 de abril	20 de abril	20 de abril
Maturação	29 de maio	6 de junho	6 de junho
Colheita		26 de junho	

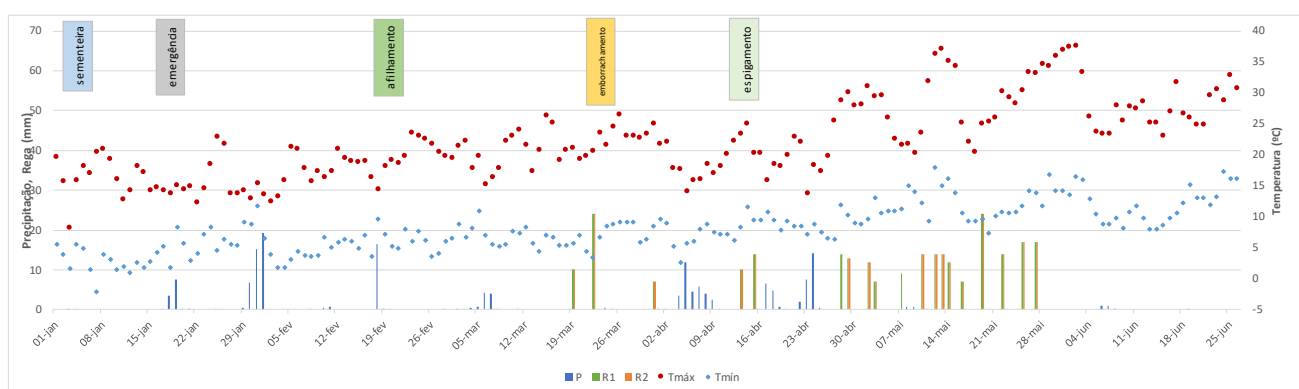


Figura 22- Dados diários de temperatura mínima, temperatura máxima e precipitação. Calendário de regas. Principais fases fenológicas em 2019.

Através da Tabela 11, é possível verificar que desde o estado de emergência até ao encanamento, não existiu qualquer alteração em termos de período, no entanto a partir do emborrachamento até á maturação R1 e R2 foram ligeiramente mais precoces, podemos concluir que existiu um efeito da rega nestes estados fenológicos.

4.2. Evolução do teor de humidade ao longo do ciclo

Através da Figura 23 é possível verificar que R1 (conforto hídrico) se manteve em conforto hídrico na maioria do ciclo da cultura, exceção para o período de 22 de março e 3 de abril, datas em que se iniciou a rega.

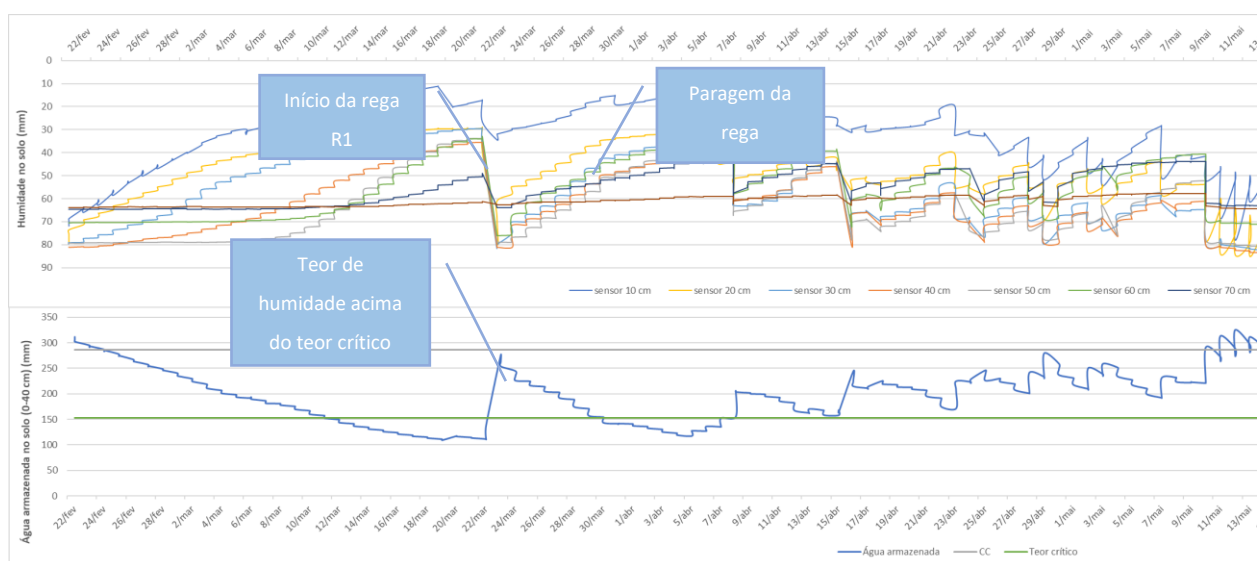


Figura 23- Registos da sonda R1.

Na Figura 24, é possível verificar que houve déficit hídrico na modalidade R2, no início de maio, o que se deveu ao facto de não se terem realizado regas neste período, estando os valores de humidade abaixo do teor crítico (teor abaixo do qual a extração hídrica da cultura é feita com maior dificuldade, logo em condição de stress hídrico, de acordo com os conceitos e metodologia apresentados em Allen *et al.*, 1998).

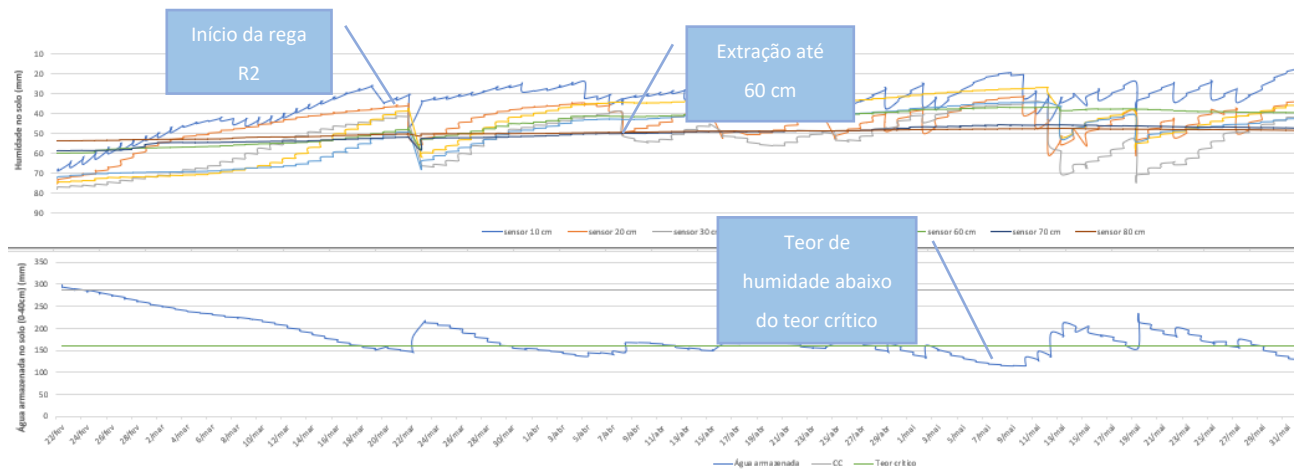


Figura 24- Registos da sonda R2.

Na modalidade R0 (Figura 25), a cultura em esteve em déficit hídrico a partir de meados de março, visto que os valores da precipitação não foram suficientes para colocar a humidade acima do valor crítico.

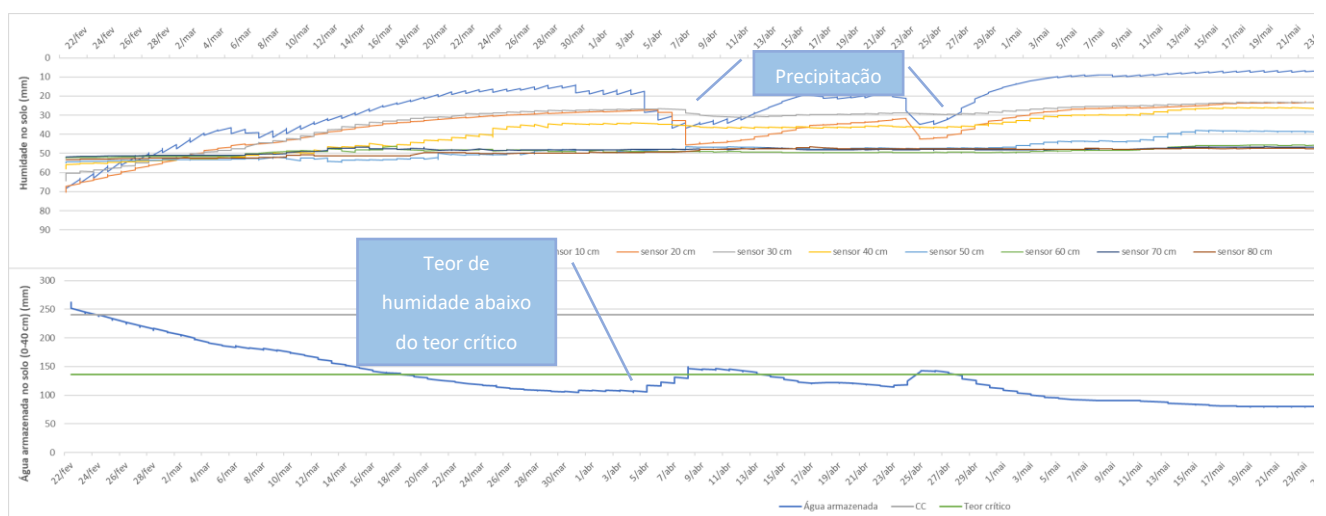


Figura 25- Registos da sonda R0.

A Figura 26 representa os resultados da produção de grão, durante ano agrícola 2018/2019, verificamos que ocorreu efeito da rega na produção, com diferenças estatisticamente significativas entre as três modalidades de regime hídrico sendo a modalidade R1 a apresentar os valores mais altos de rendimento (5 570 kg/ha), seguida das modalidades R2 (4 956 kg/ha) e R0 (2 609 kg/ ha).

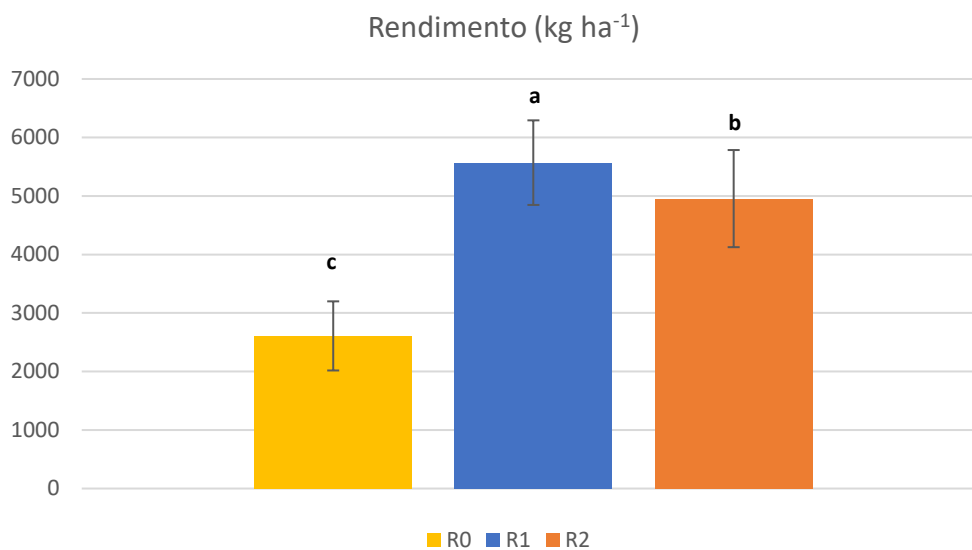


Figura 26- Rendimentos das três estratégias de rega.

De acordo com a Figura 27, verificamos que os resultados mostram que as plantas não regadas foram aquelas que utilizam com maior eficiência a água ($1,86 \text{ kg m}^{-3}$).

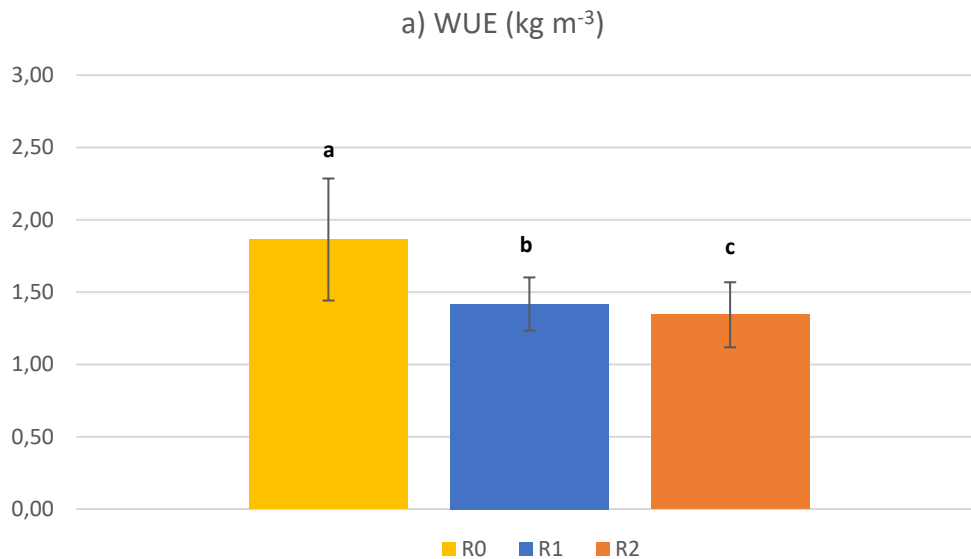


Figura 27- Eficiência no uso da água evapotranspirada.

Através da Figura 28, verifica-se que as diferenças entre R1 e R2 não têm significado estatístico, uma confirmação de que a rega realizada apenas nas fases de início do encanamento, emborrachamento, ântese e enchimento do grão é usada de forma igualmente eficiente pela cultura, este comportamento também se verificou no ensaio feito em 2017/2018, pela mesma equipa de investigação.

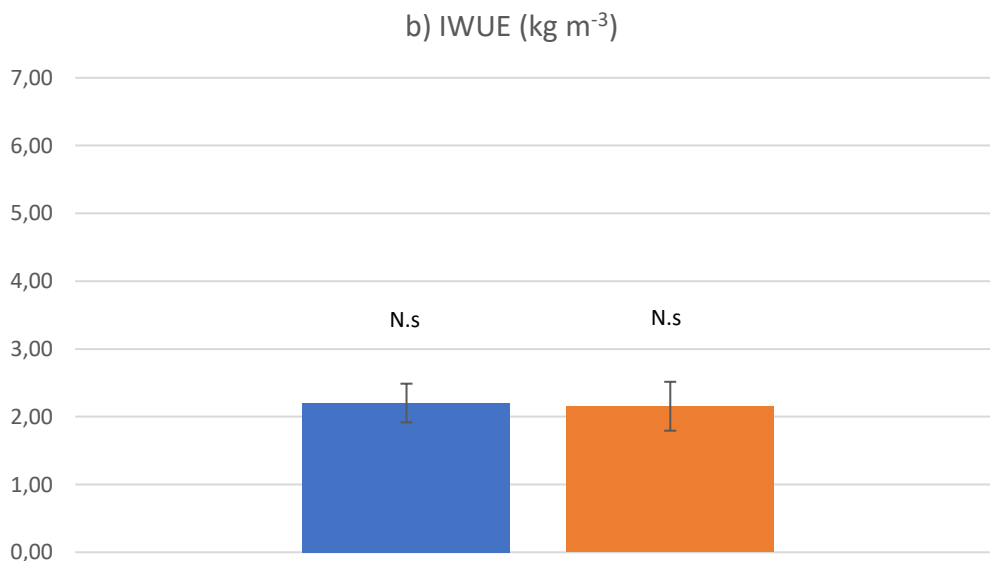


Figura 28- Eficiência no uso da água de rega (IWUE) nas diferentes modalidades de rega.

4.3. Qualidade tecnológica do grão

4.3.1. Força (W) e Equilíbrio da massa (P/L)

A análise de variância (ANOVA) da força (W) e equilíbrio da massa (P/L) mostra, para ambos os parâmetros, efeito altamente significativo do fator fertilização azotada, enquanto que o fator estratégia de rega apenas influenciou o equilíbrio da massa (Tabela 12). Quanto à interação entre fatores, foi altamente significativa para os dois parâmetros, ou seja, o efeito da fertilização azotada dependeu da estratégia de rega.

Tabela 12- ANOVA da Força da massa – W (10^{-4} joules) e Equilíbrio da massa P/L.

Origem da Variação	GL ^a	Força da massa - W (10^{-4} Joules)		Equilíbrio da massa (P/L)	
		QM ^b	F cal ^c	QM ^b	F cal ^c
Estratégia de Rega (R)	2	3398,17	4,67	5,42	62,03***
Fertilização azotada (F)	7	9853,96	16,81***	0,65938	16,76***
R×F	14	1873,08	3,20***	0,19759	5,02***
Coef. Variação (CV)		7,17		14,61	

^aGraus de Liberdade; ^bQuadrados Médios; ^cF calculado

*, **, *** significativo para 0,05; 0,01 e 0,001 respectivamente

A estratégia de rega R1 foi a que conduziu ao valor de equilíbrio da massa (P/L) mais baixo (1,04), embora estatisticamente semelhante a 1,21, registrado em R2 (Tabela 13). Estes valores situam-se dentro dos valores de referência indicados pela indústria (Tabela 6) para a classificação das variedades de trigo mole como “Melhorador” e “Semi-corretor”, respectivamente.

Quanto à influência da fertilização azotada no equilíbrio da massa (P/L), são evidentes os valores mais baixos nos tratamentos com fertilização azotada fracionada, independentemente do tipo de fertilizante, nomeadamente F2, F4, F6 e F8, respectivamente, 1,17, 1,14, 1,24 e 1,20 (Tabela 13).

Tabela 13- Médias de equilíbrio da massa (P/L) por estratégia de rega e tratamento de fertilização azotada.

Tratamentos	Médias / Tuckey $\leq 0,05$
Estratégia Rega	***
R0	1,82 a
R1	1,04 b
R2	1,21 b
Fert Azotada	***
F1	1,21 b
F2	1,17 b
F3	1,69 a
F4	1,14 b
F5	1,58 a
F6	1,24 b
F7	1,64 a
F8	1,20 b
Interação R x F	***
Média	1,36
CV (%)	14,61

*, **, *** - significativo para $p < 0,05$, $p < 0,01$ e $p < 0,001$, respectivamente; n.s. - não significativo. Letras minúsculas diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas para $p < 0,05$, entre os níveis de cada fator de estudo, de acordo com o teste Tukey.

A Figura 29 mostra a interação estratégia de rega \times fertilização azotada, sendo de destacar o comportamento diverso dos tratamentos F3, F4 e F7 em função da estratégia de rega.

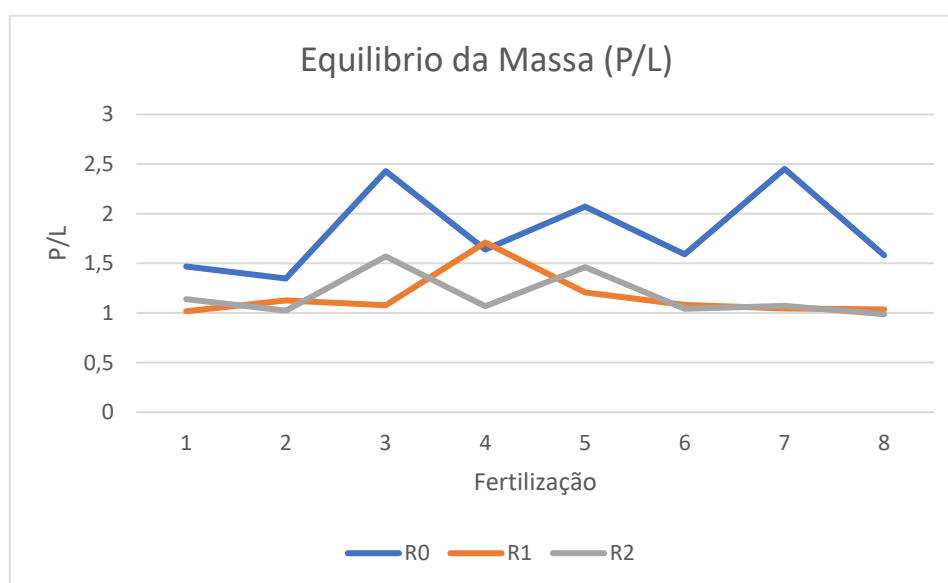


Figura 29- Equilíbrio da massa (P/L) por estratégia de rega \times fertilização azotada.

Em relação à força da massa (W), no que respeita ao efeito da fertilização, tal como para a relação P/L, também se obteve vantagem (valores mais elevados) dos tratamentos com fertilização azotada fracionada, F2, F4, F6 e F8, respetivamente, 349, 370, 375 e 350 10^{-4} Joules. Estes resultados, para além de salientarem a importância do fracionamento da fertilização azotada com aplicação de azoto ao emborrachamento, indica relação entre estes parâmetros alveográficos expressa na significativa correlação negativa entre estes si ($r=-0,519$; $p<0,001$), no Anexo II. Os resultados obtidos no ano agrícola 2017/2018, referidos por Ramos (2019), já tinham evidenciado a vantagem dos valores da força da massa obtidos nos tratamentos com a aplicação fracionada de azoto, na fase do emborrachamento.

Tabela 14- Médias da força da massa – W (10-4J) por estratégia de rega e tratamento de fertilização azotada.

Tratamentos	Médias / Tuckey $\leq 0,05$
Estratégia Rega	n.s
R0	328 a
R1	336 a
R2	349 a
Fert Azotada	***
F1	340 bc
F2	349 ab
F3	305 d
F4	370 ab
F5	314 cd
F6	375 a
F7	300 d
F8	350 ab
Interação R x F	***
Média	338
CV (%)	7,17

, **, * - significativo para $p < 0,05$, $p < 0,01$ e $p < 0,001$, respetivamente; n.s. - não significativo. Letras minúsculas diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas para $p < 0,05$, entre os níveis de cada fator de estudo, de acordo com o teste Tukey.*

A Figura 30 mostra a interação estratégia de rega × fertilização azotada para a força da massa, sendo de destacar o comportamento diverso, principalmente dos tratamentos F1 e F2, em R0.

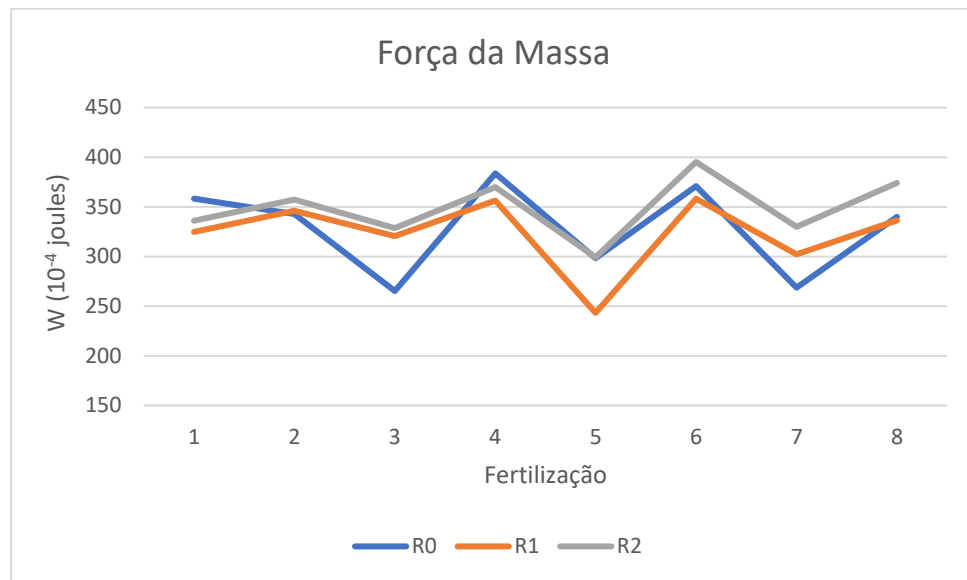


Figura 30- W (10⁻⁴ joules) por estratégia de rega × fertilização azotada.

4.3.2. Teor de Proteína e de Glúten

A ANOVA realizada para teor de proteína do grão, glúten húmido e glúten seco mostra efeito significativo, com diferentes níveis, dos dois fatores de estudos (estratégia de rega e fertilização azotada), bem como da interação entre eles (Tabela 15). Em comparação com os resultados obtidos por Ramos (2019) em 2017/2018, verificou-se que naquele ano agrícola apenas a fertilização azotada influenciou estes parâmetros.

Tabela 15- ANOVA do teor de proteína (% MS), do glúten húmido (% MS) e do glúten seco (% MS).

Origem da Variação	GL ^a	Proteína (% MS)		Glúten Húmido (%MS)		Glúten seco (%MS)	
		QM ^b	F cal ^c	QM ^b	F cal ^c	QM ^b	F cal ^c
Estratégia de Rega (R)	2	5,46569	9,20*	48,3151	19,42**	2,27929	6,29*
Fertilização azotada (F)	7	6,73560	32,40***	75,6109	66,21***	7,79989	58,11***
R×F	14	0,22591	1,09	4,7916	4,20***	0,44607	3,32***
Cofe. Variação (CV)		3,17		3,48		3,44	

^aGraus de Liberdade; ^bQuadrados Médios; ^cF calculado

*, **, *** significativo para 0,05; 0,01 e 0,001 respetivamente

O teor de proteína do grão foi mais elevado em R1 (14,8%), embora com valor estatisticamente semelhante a R2 (14,4%), o qual corresponde à média do ensaio (Tabela 16).

A fertilização azotada, tal como em 2017/2018, conduziu a valores de proteína do grão mais elevados nos tratamentos com fracionamento do azoto, F2, F4, F6 e F8, respetivamente, 14,7, 15,1, 15,1, e 15,0% (Tabela 16).

O teor de proteína do grão foi principalmente influenciado pelo fator fertilização azotada e apresentou estreita e significativa correlação com outros parâmetros, nomeadamente, glúten húmido ($r=0,878$; $p<0,001$), glúten seco ($r=0,852$; $p<0,001$), e força da massa ($r=0,663$; $p<0,001$), no Anexo II. Estes resultados salientam a extrema importância do teor de proteína do grão para as propriedades reológicas do grão/farinha e o idêntico comportamento, particularmente dos teores glúten, em relação ao teor de proteína (Tabela 16).

Tabela 16- Médias de teor de proteína do grão (%), teor de glúten húmido (%) e teor de glúten seco (%) por estratégia de rega e tratamento de fertilização azotada.

Tratamentos	Médias / Tuckey $\leq 0,05$		
	Teor de proteína do grão (%MS)	Teor de glúten húmido (%MS)	Teor de glúten seco (%MS)
Estratégia Rega	*	**	*
R0	14,0 b	29,5 c	10,4 b
R1	14,8 a	31,9 a	10,9 a
R2	14,4 ab	30,7 b	10,7 ab
Fert Azotada	***	***	***
F1	14,6 a	31,2 b	10,8 c
F2	14,7 a	31,5 b	10,9 c
F3	13,5 b	27,9 c	9,8 d
F4	15,1 a	33,7 a	11,6 a
F5	13,6 b	28,2 c	9,8 d
F6	15,1 a	32,4 ab	11,2 bc
F7	13,4 b	27,6 c	9,6 d
F8	15,0 a	33,3 a	11,5 ab
Interação RxF	n.s	***	***
Média	14,4	30,7	10,6
CV (%)	3,17	3,48	3,44

*, **, *** - significativo para $p < 0,05$, $p < 0,01$ e $p < 0,001$, respetivamente; n.s. - não significativo. Letras minúsculas diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas para $p < 0,05$, entre os níveis de cada fator de estudo, de acordo com o teste Tukey.

A Figura 31 mostra a interação estratégia de rega × fertilização azotada para o teor de proteína do grão, a qual não se revelou estatisticamente significativa, como se pode observar pelo comportamento idêntico dos tratamentos de fertilização azotada, independentemente da estratégia de rega.

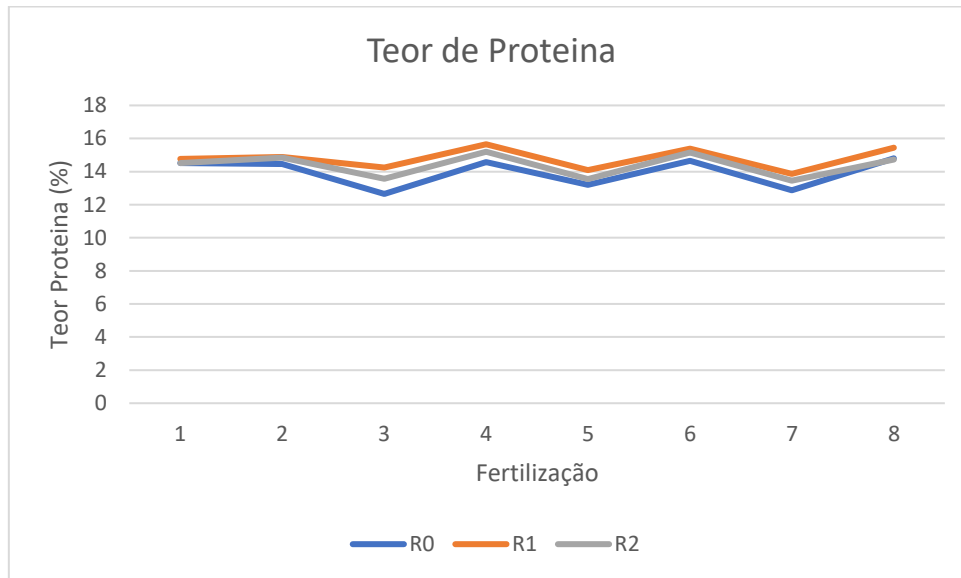


Figura 31- Proteína (% MS) por estratégia de rega × fertilização azotada.

A Figura 32 mostra a interação estratégia de rega × fertilização azotada para o teor de glúten húmido, sendo de destacar que o comportamento dos tratamentos com fertilizantes azotados clássicos (F1 e F2) não foi influenciado pela estratégia de rega, apresentando valores estatisticamente semelhantes independentemente deste fator.

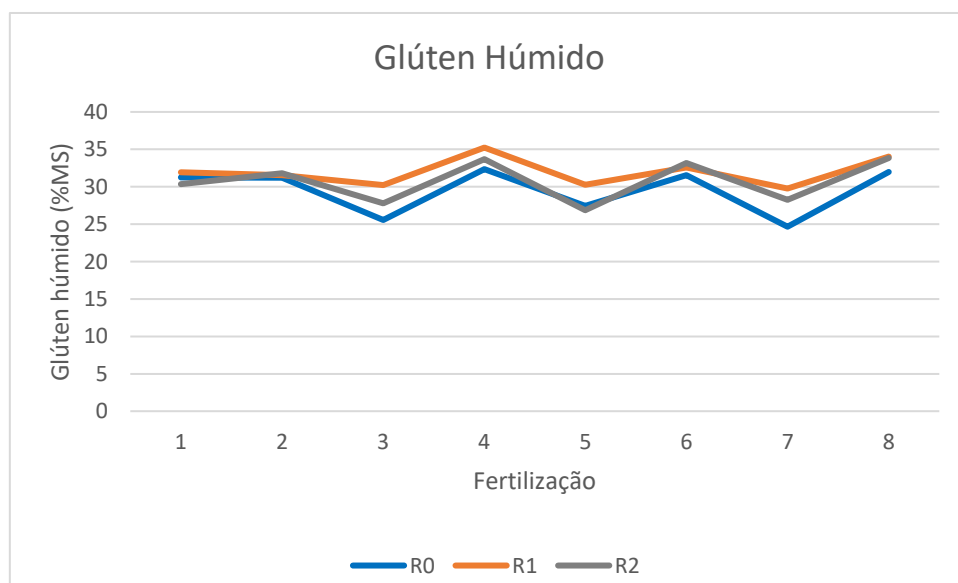


Figura 32- Glúten húmido (% MS) por estratégia de rega × fertilização azotada.

Tal como para o teor de glúten húmido, salienta-se que o teor de glúten seco nos tratamentos com fertilizantes azotados clássicos (F1 e F2) não foi influenciado pela estratégia de rega, apresentando valores estatisticamente semelhantes independentemente deste fator (Figura 33). Este idêntico comportamento vai de acordo com a significativa correlação positiva entre estes parâmetros ($r=0,973$; $p<0,001$), em Anexo II.

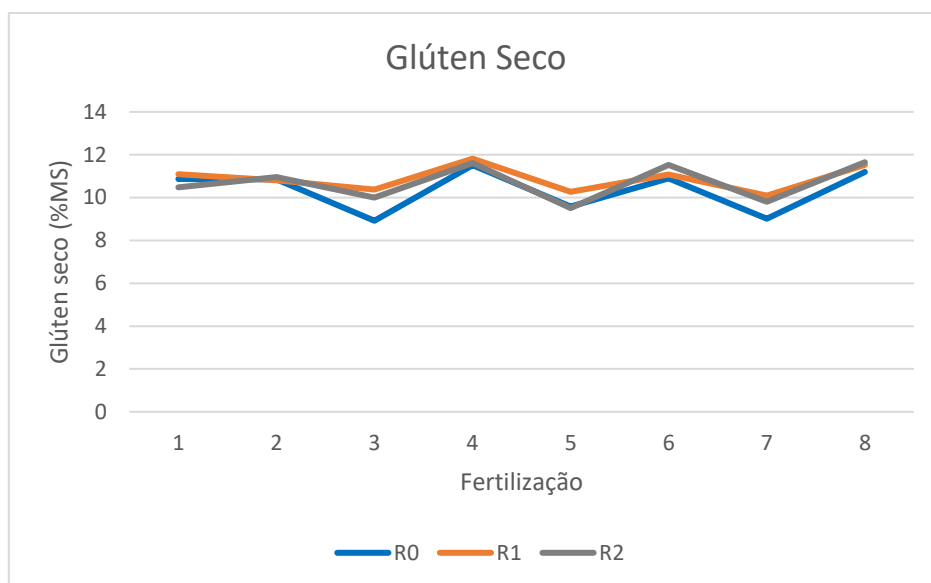


Figura 33- Glúten seco (% MS) por estratégia de rega × fertilização azotada.

4.3.3. Massa por hectolitro e Índice de Queda

A ANOVA da massa do hectolitro (kg/hl) e do índice de queda (seg.) mostra efeito distinto dos fatores de estudo. A estratégia de rega influenciou significativamente a massa do hectolitro, enquanto que a fertilização azotada mostrou efeito apenas no índice de queda (Tabela 17).

Tabela 17- ANOVA da massa do hectolitro (kg/hl) e índice de queda (seg).

Origem da Variação	GL ^a	Massa hectolitro (kg/hl)		Índice de Queda (seg)	
		QM ^b	F cal ^c	QM ^b	F cal ^c
Estratégia de Rega (R)	2	118,593	63,28***	959,823	4,02
Fertilização azotada (F)	7	3,98	2,01	335,963	2,27*
R×F	14	2,819	1,42	131,632	0,89
Coef. Variação (CV)		1,75		3,31	

^aGraus de Liberdade; ^bQuadrados Médios; ^cF calculado

*, **, *** significativo para 0,05; 0,01 e 0,001 respetivamente

Comparando os valores da massa do hectolitro obtidos para as estratégias de rega, R0 registou valores estatisticamente superiores a R1 e R2 (Tabela 18). O menor número de grãos por planta e por unidade de área em R0 terá favorecido este parâmetro devido a uma menor competição no período do enchimento do grão.

A fertilização azotada não influenciou significativamente a massa do hectolitro, tendo-se registado valores entre 79,2 e 81,2 kg/hl, respetivamente em F7 e F4 (Tabela 18). Curiosamente, também no ano de 2017/2018 o tratamento F4 foi onde se obteve o valor mais elevado, também com 81,2 kg/hl.

O índice de queda, parâmetro que avalia a atividade da alfa-amilase, e que pode ser afetado pela humidade/chuva após a formação do grão, não revelou influência da estratégia de rega e o efeito da fertilização azotada não é relevante, dado que todos os valores estão muita acima do valor mínimo de 260 segundos indicado nas especificações da LVR.

Tabela 18-Médias de massa do hectolitro (kg/hl) e do índice de queda (seg.) por estratégia de rega e tratamento de fertilização azotada.

Tratamentos	Médias / Tuckey $\leq 0,05$	
	Massa do hectolitro (g/hl)	Índice de queda (seg.)
Estratégia Rega	***	ns
R0	82,4 a	374
R1	79,1 b	364
R2	79,1 b	367
Fert Azotada	ns	*
F1	80,3	371 ab
F2	80,4	370 ab
F3	80,1	362 ab
F4	81,2	368 ab
F5	79,2	372 ab
F6	80,6	370 ab
F7	79,9	360 b
F8	80,1	375 a
Interação RxF	ns	ns
Média	80,2	368
CV (%)	1,75	3,31

*, **, *** - significativo para $p < 0,05$, $p < 0,01$ e $p < 0,001$, respectivamente; n.s. - não significativo. Letras minúsculas diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas para $p < 0,05$, entre os níveis de cada fator de estudo, de acordo com o teste Tukey.

A interação estratégia de rega × fertilização azotada para a massa do hectolitro (Figura 34), tal como para o índice de queda (Figura 35), não se revelou estatisticamente significativa. Os valores obtidos pelos tratamentos de fertilização azotada não foram influenciados pela estratégia de rega.

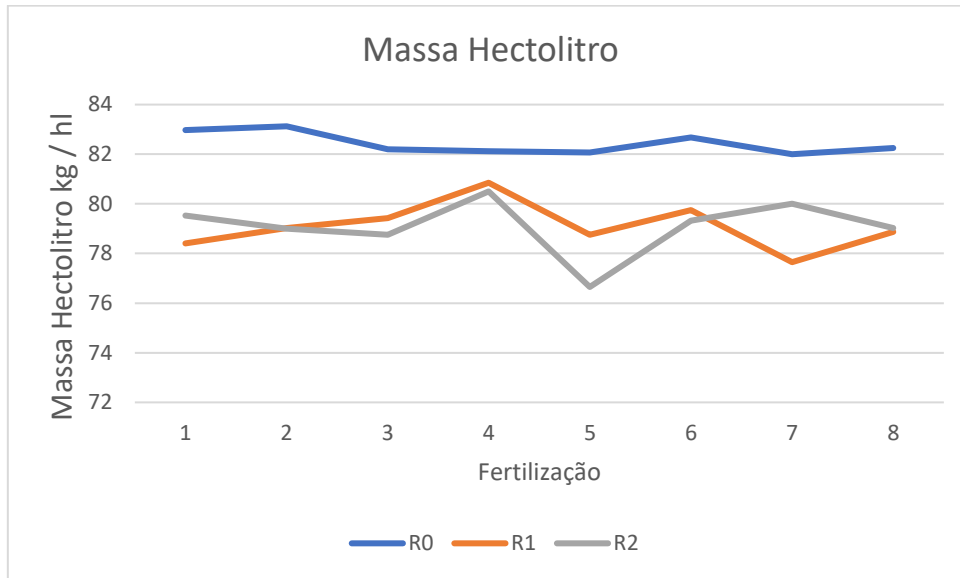


Figura 34- Massa do hectolitro (kg/hl) por estratégia de rega × fertilização azotada.

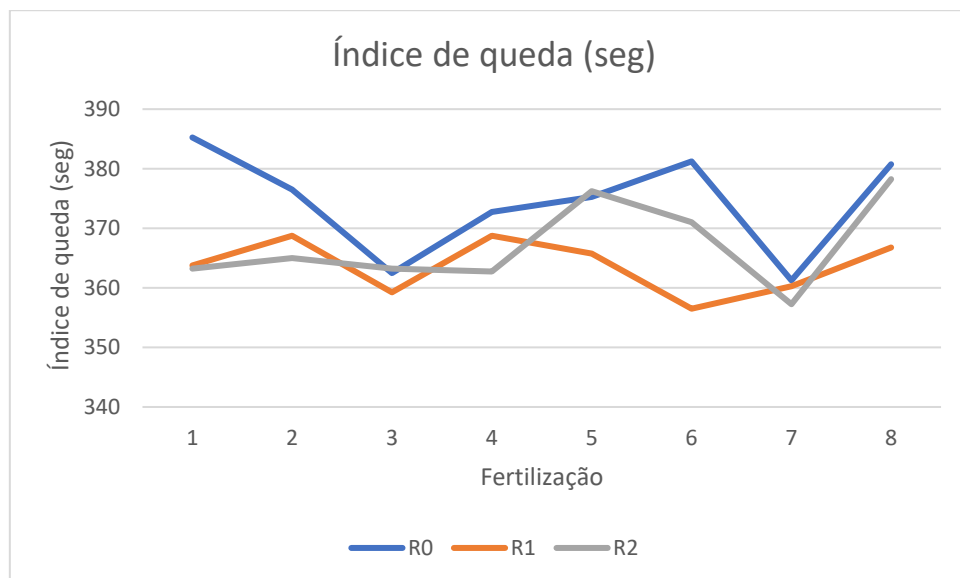


Figura 35-Índice de queda por estratégia de rega × fertilização azotada.

4.4. Produção e componentes de produção

A estratégia de rega influenciou significativamente a produção de grão corrigida para 12% de humidade e o número de grãos /m², enquanto que a fertilização azotada mostra efeito na produção de grão e nas suas componentes (peso de 100 grãos e número de grãos /m²) (Tabela 19).

Tabela 19- ANOVA da produção de grão (kg/ha) corrigida para 12% de humidade, peso de 1000 grãos (g) e nº de grãos/m².

Origem da Variação	GL ^a	Produção de grão 12%H (kg/ha)		Peso 1000 grãos (g)		Nº grãos/m ²	
		QM ^b	F cal ^c	QM ^b	F cal ^c	QM ^b	F cal ^c
Estratégia de Rega (R)	2	7,81*10 ⁷	317,21***	67.8591	2,14	4,591*10 ⁸	144.69***
Fertilização azotada (F)	7	824941	3,05**	26,9141	5,97***	4957783	2,50*
R×F	14	6680303	1,77	5,73	1,27	3266035	1,64
Coef. Variação (CV)		11,87		5,24		13,01	

^aGraus de Liberdade; ^bQuadrados Médios; ^cF calculado

*, **, *** significativo para 0,05; 0,01 e 0,001 respetivamente

Como se referiu em 4.2, a estratégia de rega R1 (rega a 100% das necessidades hídricas ao longo do ciclo) conduziu aos valores mais elevados de produção de grão (5 570 kg/ha), seguida das estratégias R2 (4 956 kg/ha) e R0 (2 609 kg/ha), valores estatisticamente diferentes entre si. Este efeito significativo da estratégia de rega não é concordante com a ausência deste efeito nos resultados obtidos por Ramos (2019) no ano agrícola de 2017/2018, já que neste ano o volume e distribuição da precipitação na primavera foi particularmente e anormalmente interessante na região.

Os tratamentos com fertilização azotada fracionada (F2, F4, F6 e F8) e a aplicação única de fertilizante com inibidor da urease - Duramon 20-05-05 (F7) proporcionaram os valores de produção de grão mais elevados. No ano de 2017/2018, embora também se tenham obtido valores de produção mais elevados nos tratamentos F2, F4, F6 e F8, apenas os valores de F5 e F7 foram estatística e significativamente mais baixos (Ramos, 2019). A diferença dos resultados obtidos nos dois anos agrícolas evidencia a

importância e efeito determinante do ano agrícola nas condições mediterrânicas, mesmo em regime de regadio dada a sua irregularidade climática interanual.

A componente da produção, número de grãos/m², é a que melhor se ajusta ao comportamento da produção de grão, atestada pela significativa correlação positiva entre si ($r=0,968$; $p<0,001$), no Anexo II, tal como se verificou no ano 2017/2018 ($r=0,824$; $p<0,001$), indicado por Ramos (2019).

Tabela 20-Médias da produção de grão 12%H (kg/ha), peso 1000 grãos (g) e número de grãos/m² por estratégia de rega e tratamento de fertilização azotada.

Tratamentos	Médias / Tuckey $\leq 0,05$		
	Produção de grão 12%H (kg/ha)	Peso 1000 grãos (g)	Nº grãos /m ²
Estratégia Rega	***	ns	***
R0	2609 c	40,33 a	6480 b
R1	5570 a	42,07 a	13338 a
R2	4956 b	39,18 a	12695 a
Fert Azotada	**	***	*
F1	4226 b	38,95 c	10959 ab
F2	4333 ab	38,52 c	11435 ab
F3	4230 b	40,42 abc	10427 ab
F4	4587 ab	42,61 a	10817 ab
F5	4039 b	39,52 bc	10183 b
F6	4313 ab	42,02 ab	10254 b
F7	4899 a	40,38 abc	12065 a
F8	4399 ab	41,77 ab	10561 ab
Interação RxF	ns	ns	ns
Média	4378	40,52	10837
CV (%)	11,87	5,24	13,01

V. CONCLUSÕES

Os resultados mostram que as plantas não regadas são aquelas que utilizam com maior eficiência a água. Em sequeiro, a WUE foi significativamente superior à das modalidades R2 (rega realizada nas fases críticas da cultura) e R1 (rega a 100% das necessidades hídricas ao longo do ciclo), que mostraram valores de eficiência de uso da água para produção de grão sem diferenças estatísticas significativas entre elas.

De acordo valores obtidos de IWUE, entre R1 e R2 não se verificaram diferenças significativas, o que significa que a rega realizada apenas nas fases de início do encanamento, emborrachamento, ântese e enchimento do grão é usada de forma igualmente eficiente pela cultura, apesar recorrer a dotações de rega menores.

Os resultados indicam que na cultura do trigo, cultivar 'Antequera', nomeadamente nas fases críticas como no início do encanamento, emborrachamento, ântese e enchimento do grão, aplicar uma estratégia de rega onde se privilegie o fornecimento de água apenas nesses momentos, faz com que haja um uso eficiente da água por parte da cultura, mesmo que os volumes de rega sejam pequenos.

No que respeita à qualidade tecnológica do grão, verificou-se, em geral, efeito dos fatores de estudo (estratégia de rega e fertilização azotada) nos diversos parâmetros avaliados. Adicionalmente, os valores obtidos encontram-se para além dos referidos como limites mínimos para a classificação das variedades como "Melhorador" ou "Semi-corretor" no âmbito da Lista de Variedades Recomendada (LVR), o que indica resultados de qualidade particularmente interessantes, aos quais não será alheio o uso da variedade 'Antequera' classificada como "Melhoradora" na LVR.

De destacar para os parâmetros alveográficos (força – W e equilíbrio da massa – P/L) valores concordantes, ou seja, aos valores mais interessantes (elevados) de força da massa (W) corresponderam os valores mais adequados (baixos) da relação P/L. Esta relação está comprovada pela significativa correlação negativa entre estes parâmetros ($r=-0,519$; $p<0,001$). Os tratamentos com fertilização azotada fracionada, F2, F4, F6 e F8 conduziram aos valores mais interessantes de W e de P/L, respetivamente, 349, 370, 375 e $350 \cdot 10^{-4}$ Joules e de 1,17, 1,14, 1,24 e 1,20. Estes resultados, voltam a evidenciar, tal como no ano agrícola 2017/2018, a importância do fracionamento da fertilização

azotada com aplicação de azoto ao emborrachamento, independentemente do tipo de fertilizante. A estratégia de rega, pese embora sem efeito na força da massa, proporcionou valores de P/L mais interessantes em R1 (1,04), estatisticamente semelhantes aos obtidos em R2 (1,21).

O teor de proteína do grão foi principalmente influenciado pelo fator fertilização azotada e apresentou estreita e significativa correlação com outros parâmetros, nomeadamente, glúten húmido ($r=-0,878$; $p<0,001$), glúten seco ($r=-0,852$; $p<0,001$), e força da massa ($r=-0,663$; $p<0,001$). Estes resultados salientam a extrema importância do teor de proteína do grão para as propriedades reológicas do grão/farinha. De salientar, para além da estratégia de rega, com vantagem para R1 e R2 em relação a R0, a fertilização azotada, nomeadamente o fracionamento com aplicação de azoto ao emborrachamento.

A massa do hectolitro e o índice de queda, aquela influenciada pela estratégia de rega e este pela fertilização azotada, não mostraram resultados que justifiquem destaque.

A produção de grão, apesar de influenciada pelos dois fatores de variação, o efeito da estratégia de rega foi mais evidente com valores estatisticamente diferentes para R1 (5570 kg/ha), R2 (4956 kg/ha) e R0 (2609 kg/ha). O efeito da fertilização azotada foi no mesmo sentido de que o referido para as maior parte características de qualidade, nomeadamente para a vantagem dos tratamentos com fracionamento e aplicação de azoto ao emborrachamento (F2, F4, F6 e F8), com exceção de F7 (aplicação única de fertilizante com inibidor da urease – Duramon 20-5-5). A componente da produção que mais afetou a produção de grão foi o número de grãos/m², comprovada pela significativa correlação positiva entre ambos ($r=0,968$; $p<0,001$).

Quanto à interação entre fatores, estratégia de rega × fertilização azotada, mostrou-se significativa para vários parâmetros, nomeadamente força e equilíbrio da massa e teor de glúten húmido e seco, indicando que o efeito da fertilização azotada foi influenciado pela estratégia de rega. Assim há a salientar para a força da massa (W), tal como para o glúten húmido e seco, o comportamento diverso, principalmente dos tratamentos F1 e F2, em R0, enquanto que para o equilíbrio da massa (P/L) se destaca o comportamento diverso dos tratamentos F3, F4 e F7 em função da estratégia de rega.

Os resultados obtidos neste ano agrícola de 2018/2019 vêm evidenciar a importância da rega, particularmente em anos com primaveras com pouca chuva e mal distribuída (habituais em climas mediterrânicos), corroborar e dar maior robustez aos obtidos em 2017/2018, nomeadamente no que diz respeito à vantagem do fracionamento da aplicação de fertilizantes azotado com cobertura ao emborrachamento.

O regime hídrico não influenciou a produção de grão nem as características de qualidade tecnológica avaliadas, com destaque para o teor de proteína, teor de glúten, equilíbrio e força da massa (relação P/L e W).

A produção de grão registou valores de 7286, 7083 e 6932 kg/ha, respectivamente, em R1, R0 (sequeiro) e R2. Para estes valores o contributo do número de grãos/m² foi claramente superior ao do peso do grão, ambas as componentes influenciadas pelo regime hídrico. Em R0 obteve-se o maior número de grãos/m² (16182) e o menor peso do grão (43,82 g), enquanto que em R2 se registou o menor número de grãos/m² (14583) e o maior peso do grão (47,57 g), o que está de acordo com a relação compensatória entre as componentes da produção, corroborada pela negativa e significativa correlação entre elas ($r=-0,648$; $p\leq 0,001$).

As características de qualidade, embora não influenciadas pelo regime hídrico, tiveram comportamento distinto quando comparamos os valores obtidos com as especificações dos trigos de qualidade no âmbito da LVR. O teor de proteína do grão, que variou entre 13,18% e 12,41%, respectivamente em R0 e R1, ficou aquém dos valores de referência para trigos «Melhoradores» (14%). Também o teor de glúten húmido e glúten seco não atingiu os valores indicados para trigos “Melhoradores e “Semi-corretores”. No entanto, o equilíbrio (P/L) e a força da massa (W), respectivamente, com valores de 0,95 (R0) a 1,08 (R2) e de 279×10^{-4} J (R1) a 302×10^{-4} J (R0), atingiram ou aproximaram-se dos valores de referência (0,5 a 1,0 para P/L e mínimo de 300×10^{-4} J para W).

A fertilização azotada foi o fator que influenciou significativamente a maioria das características analisadas, nomeadamente a produção de grão e suas componentes, bem como as características de qualidade (teor de proteína, índice de queda, teor de glúten, equilíbrio e força da massa).

Na produção de grão, embora os valores mais elevados tenham sido obtidos nos dois tratamentos com fertilizantes clássicos (A1 e A2), esses valores apenas diferiram significativamente dos registados com a aplicação única à sementeira de fertilizantes com inibidor da urease e com nutriente protegido (libertação controlada), respectivamente A7

e A5. O número de grãos/m² exibiu idêntico comportamento ao da produção de grão, comprovado pela elevada e significativa correlação entre si ($r=0,824$; $p<0,001$). O peso do grão, avaliado através do peso de 1000 grãos, foi pouco influenciado pela fertilização azotada, tendo-se obtidos valores mais elevados em A4, A8 e A6, respectivamente 46,69, 46,66 e 46,33 g, os quais só foram estatisticamente diferentes do valor mais baixo registado em A5 (45,13 g).

O teor de proteína e o teor de glúten, húmido e seco, mostraram a mesma tendência. Os tratamentos A4, A6 e A8 que correspondem à aplicação de 50% do N com adubos específicos em fundo e 50% do N em cobertura ao emborrachamento, conduziram aos valores mais elevados. Por outro lado, os tratamentos A3, A5 e A7, adubos específicos com aplicação única à sementeira do total de N, registaram os valores mais baixos.

O equilíbrio (P/L) e a força da massa (W) relacionaram-se de forma negativa, o que do ponto de vista da qualidade tecnológica, foi interessante. Aos valores mais elevados de W, obtidos nos tratamentos A2, A4, A6 e A8, respectivamente, 304, 303, 294 e 316×10^{-4} J, que correspondem aos tratamentos fraccionados com aplicação de 25% e 50% de N ao emborrachamento, associaram-se os valores mais equilibrados de P/L, respectivamente, 1,04, 0,87, 0,97 e 0,97.

O efeito da interacção regime hídrico \times fertilização azotada foi significativo apenas para características de qualidade (teor de proteína e de glúten e força da massa), traduzindo-se no comportamento diferenciado dos fraccionamentos com aplicação de N ao emborrachamento, nos vários regimes hídricos em estudo.

Os resultados obtidos parecem indicar a vantagem da aplicação de fertilizantes azotados específicos com 50% da dose à sementeira e a aplicação do restante N em cobertura ao emborrachamento com adubos clássicos, particularmente para as características que avaliam a qualidade tecnológica do grão. A ausência de efeito do regime hídrico aponta para a influência determinante da variabilidade climática típica do clima Mediterrânico do Sul de Portugal no rendimento agronómico do trigo mole e na sua qualidade para a indústria. Desta forma, justifica-se a realização de ensaios de campo multianuais e multilocais para maior robustez de resultados

AGRADECIMENTOS

Após a conclusão desta etapa académica, resta-me agradecer a Todos os que me apoiaram e incentivaram durante a mesma.

Um especial agradecimento à minha Namorada, pela motivação, incentivo e ajuda, foi determinante para a conclusão desta etapa, foi que me acompanhou sempre desde o primeiro dia.

Ao meu Irmão, pela ajuda, pela transmissão de conhecimentos e pelas críticas construtivas, obrigado. À minha Mãe, o meu profundo agradecimento pelo entusiasmo, ajuda e motivação, foste incansável Mãe. Ao meu Pai pela disponibilidade sempre demonstrada.

Ao Professor Manuel Patanita e à Professora Alexandra Tomaz, foram os meus orientadores, um agradecimento muito especial, pela ajuda permanente, pelas sugestões e críticas construtivas.

À Professora Mariana Regato pelo seu profissionalismo, ajuda e Amizade.

Muito obrigado a Todos.

BIBLIOGRAFIA

Acevedo, E.; Silva, P.; Silva, H. (2002). *Wheat growth and physiology. In Bread Wheat – improvement and production.* (Curtis, B.C., Rajaram, S. e Macpherson, H.G. Eds.), FAO Plant Production and Protection Series, 30, pp. 39-70.

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, M., Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration guidelines for computing water requirements. Rome: FAO Irrig. and Drain. Paper Nº 56, FAO.

Almeida, A.S. (2007). *Parâmetros analíticos de selecção do trigo em ambiente mediterrâneo Produção e qualidade.* Tese de Doutoramento, Universidade Nova, Lisboa, 315 p.

Amemiya, J. I. e Menjivar, J. A. (1992). *Comparison of small and large deformation measurements to characterize the rheology of wheat flour doughs.* Journal of Food Engineering. Vol. 16, 91-108pp.

Aquarone, E.; Borzani, W.; Schmidell, W. e Lima, U. A. (2001). *Biotechnologia industrial: biotecnologia na produção de alimentos.* 1ª ed. São Paulo: Edgar Blücher, vol. 4, 365-395pp.

Bagulho, A.S. (2008). *Efeito das proteínas de reserva e das associadas ao amido e aos lípidos nas propriedades reológicas da farinha de trigo mole.* Tese de Doutoramento, Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, 264 p.

Blandino, L., Marinaccio, F., Vaccino, P., Reyneri, A. 2015. Nitrogen fertilization strategies suitable to achieve the quality requirements of wheat for biscuit production. *Agronomy Journal*, 107(4): 1584-1594.

Boteta, L. 2013. Gestão da Rega do Trigo. *Grandes Culturas*, 1:18-21.

Braga, R.; Pinto, P.A. (2009). *Alterações climáticas e agricultura.* http://agrinov.ajap.pt/manuais/Manual_Alteracoes_Climaticas_e_Agricultura.pdf, consultado em junho de 2020.

Brites, C. (2000). *Melhoramento da qualidade dos trigos.* *Investigação Agrária* 3 (3): 82-83.

Bushuk, W. (1986). *Wheat: Chemistry and uses.* *Cereal Foods World* 31: 218-226

Callejo González, M.J. (2002). *Industrias de cereales e derivados.* AMV Ediciones. 1ª Edición. Madrid.

Cardoso, J.C., 1974. A classificação dos solos de Portugal- nova versão. *Boletim de Solos*, 17. SROA. Secretaria de Estado da Agricultura, Lisboa. pp14-46.

Carvalho, D. (1999). *Controlo de qualidade de trigo e derivados e tratamento e tipificação de farinhas*. Granotec do Bras

Carvalho, N.M.; Nakagawa, J. (2012). *Sementes: Ciência, tecnologia e produção*. Campinas: 5ªEd. Editora Funep, São Paulo-SP, 590 p.

Carrillo, J.M.; Vázquez, J.F.; Rodríguez-Quijano. M.; e Ruiz, M. (2006). *Mejora de la calidad del trigo*. In: *Mejora Genética de la calidad en plantas*. Llacer, G., Diez, M.J., Carrillo, J.M., Badenes, M.L. (Eds). Soc. Esp. Ciencias Hortícolas. Soc. Esp. Genética. Universidad Politécnica de Valencia. Cap. 6.

Costa, M.N.; Bagulho, A. e Patanita, M. (2017). *Qualidade dos trigos (Parte III/III). Fatores que afetam a qualidade dos trigos*. *Grandes Culturas*, 9: 11-15.

Corbellini, M.;Mazza, L.; Ciaffi, M.; Lafiandra, D. e Borghi, B. (1998). *Effect of heat shock during grain filling on protein composition and technological quality of wheat*. *Euphytica*, 100, 147-154

Dexter, J.E.; Marchylo, B.A. (2000). *Recent Trends in Durum Wheat Milling and Pasta Processing: Impact on Durum Wheat Quality Requirements*. In: *Proceedings of the International Workshop on Durum Wheat, Semolina and Pasta Quality: Recent Achievements and New Trends*, INRA, Montpellier, France, 27 November. pp. 77-101.

Dupont, F.M.; Altenbach, S.B. (2003) - *Molecular and biochemical impacts of environmental factors on wheat grain development and protein synthesis*. *Journal of Cereal Science*, 38,133-146

Edwards, N. M.; Gianibelli, M.C. e McCaig, T. N.; Clarke, J.M.; Ames, N.P.; Larroque, O.R. e Dexter, J.E. (2007). *Relationships between dough strength, polymeric protein quantity and composition for diverse durum wheat genotypes*. *Journal of Cereal Science* 45: 140–149.

Faroni, L. R. D.; Berbert, P. A.; Martinazzo, A. P. e Coelho, E. M. (2002). *Qualidade da farinha obtida de grãos de trigo fumigados com dióxido de carbono e fosfina*. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol.6, 354-357pp.

Germani, R. (2008). *Características dos grãos e farinhas de trigo e avaliações de suas qualidades*. *Agroindústria de Alimentos*, Embrapa,. Rio de Janeiro, 129p.

Gutkoski, L. C. (2009). *Avaliação da qualidade de grãos e farinhas de cereais*. UPF, Centro de Pesquisa em alimentação, Rio Grande do Sul.

Harding, S.A.; Guikema, J.A. e Paulsen, G.M. (1990) - *Photosynthetic decline from high temperature stress during maturation of wheat. II. Interaction with Source and Sink Process*. *Plant Physiology*, 92 (3), 654-658.

Hanft, J. M. e Wych, R.D. (1982). *Visual indicators of physiological maturity of hard red spring wheat*. Crop Sci., 22: 584-587.

Haun, J.R. (1973). *Visual quantification of wheat development*. Agr. J., 65: 116-117.

Hawker, J.S.; Jenner, C.F. (1993). *High temperature affects the activity of enzymes in the committed pathway of starch synthesis in developing wheat endosperm*. Australian Journal of Plant Physiology, 20, 197-209

Jackson, E.A.; Holt, L.M.; Payne, P.I. (1983). *Characterization of high molecular weight gliadin and low-molecular-weight glutenin subunits of wheat endosperm by two-dimensional electrophoresis and the chromosomal localization of their controlling genes*. Theoretical and Applied Genetics 66: 29-37.

Jamieson, P.D.; Martre, M.; Samoil, V.; Porter, J.R.; Zyskowski, R.L.; Semenov, M. e Triboi, E. (2004). *Modelling protein content and composition in wheat*. In: *Proceedings of the 4th International Crop Science*. Congress Brisbane, Australia

Kirby, E.J.M.; Appleyard, M. (1987). *Cereal Development Guide*, Second Edition. Arable Unit National Agricultural Centre: Stoneleigh. Warwickshire. UK

Large, E.C. (1954). *Growth stages in cereals. Illustration of the "Feekes" scale*. Plant Pathology, 3, 129-129

Lawrence, G.J.; Shepherd, K.W. (1981). *Inheritance of glutenin proteins subunits of wheat*. Theoretical and Applied Genetics 60: 333-337.

Léon, A. E. (2007). *De tales harinas, tales panes: granos, harinas y productos de panificación em Iberoamérica*. Córdoba, 480p.

Loss, S.P. e Siddique, K.H.M. (1994). *Morphological and physiological traits Associated with wheat yield increases in Mediterranean environments*. Advances in Agronomy, University of Delaware, Newark, USA. 52: 229-276.

Mandarino, J.M.G. (1993) - *Aspectos importantes para a qualidade do trigo*. Londrina: Embrapa-CNPO, 60, 32 p.

Martin, J.H.; Leonard, W.H. e Stamp, D.L. (1976). *Principles of field crop production*. Macmillan. New York. USA.

McMaster, G.S. (1997). *Phenology, development, and growth of the wheat (Triticum aestivum, L.) shoot apex: a review*. Advances in Agronomy, 59, 63-118.

Maçãs, B.M.; Gomes, M.C.; Días, A.S. e Coutinho, J.N.P. (2000). *The tolerance of durum wheat to high temperatures during grain filling*. In: Royo, C.

- Miralles, D.J.; Slafer, G.A. (2000). *Wheat development*. In: Satorre, E.H., Slafer, G.A. (Eds.). *Wheat: ecology and physiology of yield determination*. New York: Food Products. 13-43.
- Miranda, M. Z.; Mori, C. e Lorini, I. (2008). *Qualidade comercial do trigo brasileiro: safra 2005*. Embrapa, documentos online, ISSN 1518-5582pp
- Miranda, M. Z.; Mori, C. e Lorini, I. (2010). *Qualidade comercial do trigo brasileiro: safra 2007*. Embrapa, documentos online, ISSN 1518-6512pp.
- Modenes, A. N.; Pietrobelli, J. M. T. A. e Espinoza-Quiñones, F. R. (2009). *Cadmium biosorption by non-living aquatic macrophytes Egeria densa*". Water Science and Technology, vol. 60, 293-300pp.
- Montenegro, F. M. e Ormenese, R. C. S. C. (2008). *Avaliação da Qualidade Tecnológica da Farinha de Trigo*. Campinas: Cereal Chocotec ITAL, 62
- Molina Cano, J.L. (1989). *La Cebada*. Ediciones Mundi-prensa. Madrid.
- Moragues, M.; García del Moral; L.F., Moralejo, M. e Royo, C. (2006). *Yield formation strategies of durum wheat landraces with distinct pattern of dispersal within the Mediterranean basin: I. Yield components*. Field Crops Research., 95: 194-205.
- Munstock, C. M. (1999). *Planejamento e manejo integrado da lavoura de trigo*. Porto Alegre: UFRG –Faculdade de Agronomia, 228p. In: Anais do IV Seminário Internacional da Cadeia do Trigo 18, 19 e 20 de Maio de 2009. FAG, Paraná, Brasil.
- Oliveira, D.M.; Souza, M.A.; Rocha, V.S. e Assis, J.C. (2011). *Desempenho de genitores e populações segregantes de trigo sob estresse de calor*. Bragantia, 70 (1), 25-32.
- Oliveira, K.S. (2012). *Stresse térmico em plantas de trigo. Alterações na composição do grão*. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Tecnologia e Segurança Alimentar. Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Nova de Lisboa. 76p.
- Pallarés, M.G.; León, A.E. e Rosell, C.M. (2007). *Trigo*. In: *De TALES HARINAS, TALES PANES: Granos, harinas e productos de panificación en Iberoamérica*. Córdoba. Argentina.
- Panozzo, J.F.; Eagles, H.A.; Wootton, M. e Bekes, F. (1998) - *Environment induced changes in grain composition and quality*. In: Savage, P.(ed.), *Advances in understanding grain quality*, RACI: Melbourne, Australia. (65) 41.
- Peña, R.J. (2000). *Durum wheat for pasta and bread making. Comparison of methods used in breeding to determine gluten quality-related parameters*. International Centre for Advanced Mediterranean Agronomic Studies (CIHEAM). Zaragoza, 423-430 pp

Peterson, C.J.; Graybosch, R.A.; Shelton, D.R. e Baenziger, P.S. (1998) - *Baking quality of hard winter wheat: Response of cultivars to environment in the Great Plains*. Agronomy - Faculty Publications, 140, 157-162.

Pinheiro, N. (2017). *Influência varietal e ambiental nas características agronómicas e de qualidade do trigo duro (Triticum turgidum L.) Thell. ssp. durum Desf. Implicações na selecção de novas variedades*. Tese de doutoramento em Engenharia Agronómica. Universidade da Extremadura

Popper, L; Schäfer, W. e Freund, W. (2006). *Future of Flour – A Compendium of Flour Improvement*. Kansas City: Agrimedia, 325p.

Quaglia, G. (1991). *Ciencia y tecnologia de la panificación*. Zaragoza: Acribia. 485p.

Ramos, T. (2019). Efeito do regime hídrico e da fertilização azotada na produção e qualidade do trigo mole. Dissertação para obtenção do grau de mestre em Agronomia. Instituto Politécnico de Beja, Escola Superior Agrária, Beja.

Shewry, P.R. e Tatham, A.S. (1990). *The prolamin storage proteins of cereal seeds, structure and evolution*. Biochemistry. Journal 267: 1-12.

Siddique, K.H.M.; Loss, S.P.; Regan, K.L. e Jettner, R.L. (1999). *Adaptation and seed yield of cool season grain legumes in Mediterranean environments of southwestern Australia*. Aust. J. Agric. Res. 50, 375-387.

Singh, N.K. e Shepherd, K.W. (1988). *Linkage mapping of genes controlling endosperm storage proteins in wheat. 1. Genes on the short arms of group I chromosomes*. Theoretical and Applied Genetics 75: 628-641.

Schmidt, M.H. e Tschardtke, T. (2005). *Landscape context of sheetweb spider (Araneae: Linyphiidae) abundance in cereal fields*. J. Biogeogr. 32, 467–473pp.

Schoffl, F.; Prandl, R. e Reindl, A. (1999). *Molecular Responses to Heat Stress*. In: Molecular Responses to Cold, Drought, Heat and Salt Stress in Higher Plants, Shinozaki, K., Yamaguchi-Shinozaki, K. (Eds.). R.G. Landes Co, Austin, Texas, 81-98

Souza, G.P. (2013) – *Controlo de qualidade do trigo. Relatório de estágio economia de produtos alimentícios*, Santa Catarina. 166pp.

SROA, 1966. Carta dos Solos de Portugal. Direcção Geral das Florestas, Lisboa.apo

Tomaz, A.; Dôres, J.; Ramos, T.; Boteta, L.; Santos, M.; Ferro Palma, J.; Patanita, M. I.; Guerreiro, I.; Penacho, J.; Costa, M. N.; Rosa, E.; Patanita, M. (2020). *Eficiência do uso da água no trigo mole em condições mediterrânicas – um caso de estudo na variedade 'Antequera'*. Agrotec, 35: 54-56.

Tomaz, A.; Patanita, M.; Guerreiro, I.; Boteta, L.; Ferro Palma, J. (2016). Viabilidade de diferentes rotações culturais na área de influência de Alqueva – Respostas produtivas e eficiência no uso da água (Parte I/II). *Agrotec* 20: 42-48.

Tomaz, A.; Patanita, M.; Oliveira, P.; Dôres, J.; Boteta, L.; Ferro Palma, J.; Guerreiro, I. e Guerreiro, J. (2018). *Rega e fertilização azotada do trigo em ambiente mediterrânico: efeito no rendimento e qualidade do grão e na eficiência do uso da água de rega*. *Grandes Culturas*, 11: 14-17.

Wang, X.; Cai, J.; Liu, F.; Jin, M.; Yu, H.; Jiang, D.; Wollenweber, B.; Dai, T. e Cao, W. (2012). *Pre-anthesis high temperature acclimation alleviates the negative effects of post-anthesis heat stress on stem stored carbohydrates remobilization and grain starch accumulation in wheat*. *Journal of Cereal Science*, 55 (3), 331-336.

Yang, J.;Sears, R.G.; Gill, B.S. e Paulsen, G.M. (2002). *Genotypic differences In utilization of assimilate sources during maturation of wheat under chronic heat and heat shock estréses*. *Euphytica*, 125: 179-188.

Zadoks, J. C.; Chang, T. T. e Konzak, C. F. (1974). *A decimal code for the Growth stages of cereals*. *Weed Res.*, 14: 415-421.

WEBGRAFIA

ANPOC (2018) – Associação nacional de produtores de proteaginosas, oleaginosas e cereais. Acedido. <http://anpoc.pt/wp-content/uploads/2016/10/Lista-Variedades-Recomendadas-Trigo-Mole-Sementeiras-2016.pdf> a 21/12/2018

COTR. 2019. MOGRA - Modelo de Gestão da Rega para o Alentejo. Centro Operativo e de Tecnologia de Regadio. disponível em <http://www.cotr.pt/servicos/mogra.php>, acedido a 06/09/2020.

Dados climáticos. Disponível em: <https://regante.edia.pt/>, acedido a 07/07/2020.

Estrutura interna da cariopse- disponível em: <https://pt.slideshare.net/dervoz/tecnologia-de-cereais>, acedido a 08/06/2020.

Glutork 2020. Disponível em <http://www.iaom-mea.com/wp-content/uploads/2016/07/WN-4-Perten.pdf>, acedido a 27/09/2020.

Precipitação e temperatura média de 1971 a 2000 em Beja- Disponível em www.ipma.pt, acedido a 05/06/2020.

Produção mundial de trigo 2017. Disponível em <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/?query=%20world%20wheat%20production%202017>, acedido a 05/06/2020.

Produtividade total dos países europeus (T) 2018. Disponível em <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>, acedido a 07/07/2020.

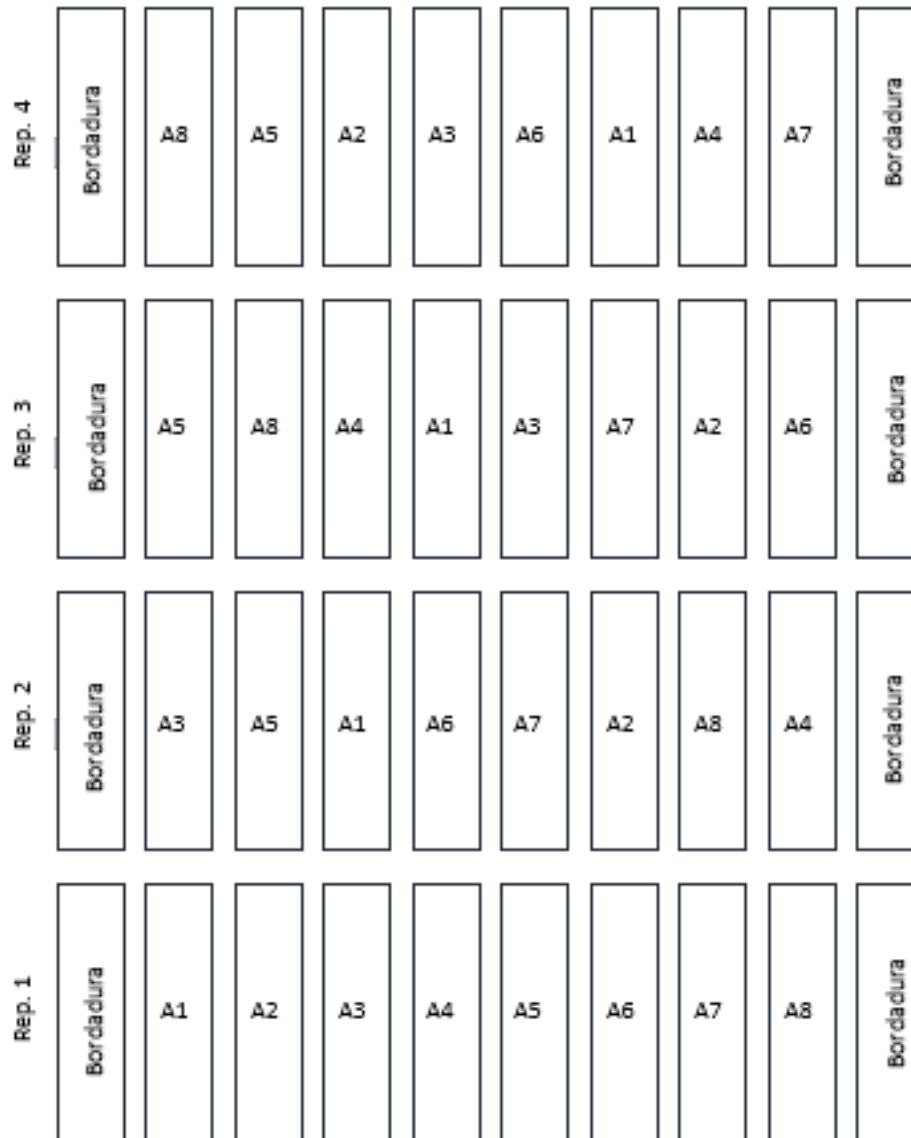
Produção e superfície dos cereais para grão- Disponível em https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&userLoadSave=Load&userTableOrder=173&tipoSelecao=1&contexto=pq&selTab=tab1&submitLoad=true&xlang=pt, acedido a 05/05/2020.

Superfície das principais culturas agrícolas 2017- Disponível em <https://www.pordata.pt/Municipios/Superf%C3%ADcie+das+principais+culturas+agr%C3%ADcolas-970>, acedido a 05/05/2020.

Varição de temperaturas anuais de 1989 a 2019- Disponível em <https://www.pordata.pt/DB/Ambiente+de+Consulta/Nova+Consulta>, acedido a 05/06/2020.

ANEXO I

Esquema do ensaio



A1- 12-24-12 25 S + 50 A + 25 EB

A2- 12-24-12 25 S + 25 A + 25 EC + 25 EB

A3- ENTEC 20-10-10 100 S

A4- ENTEC 20-10-10 50 S + 50 EB

A5- NERGETIC 20-08-10 100 S

A5- NERGETIC 20-08-10 100 S

A6- NERGETIC 20-08-10 50 S + 50 EB

A7- DURAMON RENOVATION FUERZA 20-05-05 100 S

A8- DURAMON RENOVATION FUERZA 20-05-05 50 S + 50 EB



ANEXO II

Coeficientes de correlação (Pearson) e nível de significância

Statistix 8.0 - Parâmetros de qualidade tecnológica

Correlations (Pearson)

	W	P/L	Proteína	GH	GS	MHect
P/L	-0.5188					
P-VALUE	0.0000					
Proteína	0.6626	-0.6846				
	0.0000	0.0000				
GH	0.7508	-0.7341	0.8778			
	0.0000	0.0000	0.0000			
GS	0.7948	-0.6534	0.8516	0.9726		
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
MHect	0.0613	0.4284	-0.0971	-0.0583	-0.0059	
	0.5529	0.0000	0.3466	0.5728	0.9547	
IQ	0.2223	0.1095	0.0784	0.1059	0.1705	0.1702
	0.0295	0.2880	0.4477	0.3045	0.0968	0.0973
Cases Included	96	Missing Cases	0			

Statistix 8.0 - Produção de grão e componentes da produção

Correlations (Pearson)

	Prod12H	P1000g
P1000g	0.1222	
P-VALUE	0.2355	
NumGrm ²	0.9679	-0.1157
	0.0000	0.2614
Cases Included	96	Missing Cases
		0