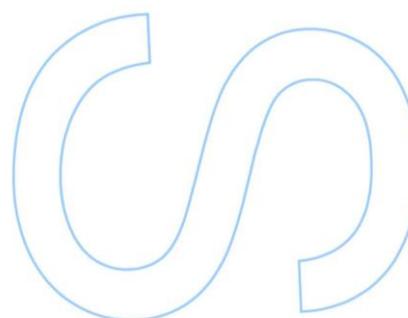
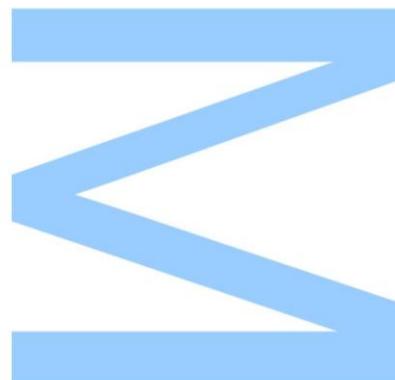
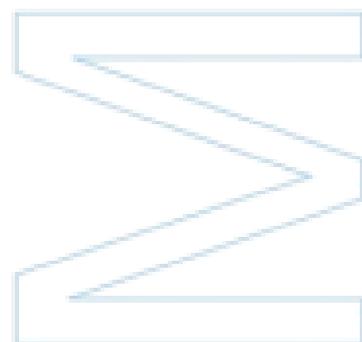


**Efeitos de Estratégias de Rega Deficitária
Sobre o Rendimento e Qualidade da
Casta Touriga Nacional na Região do
Douro**

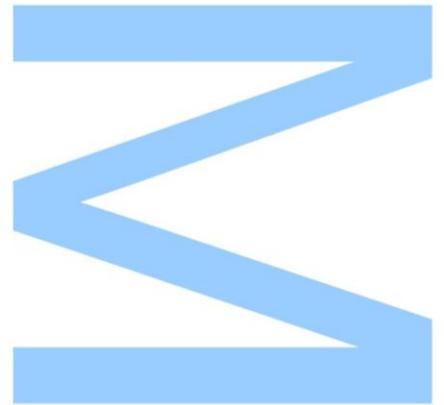
Bernardo Olímpio Caravana Pereira Cabral

Dissertação de Mestrado apresentada à
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
Engenharia Agronómica

2017



Efeitos de Estratégias de Rega Deficitária Sobre o Rendimento e Qualidade da Casta Touriga Nacional na Região do Douro



Bernardo Olímpio Caravana Pereira Cabral

Mestrado em Engenharia Agronómica
Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território

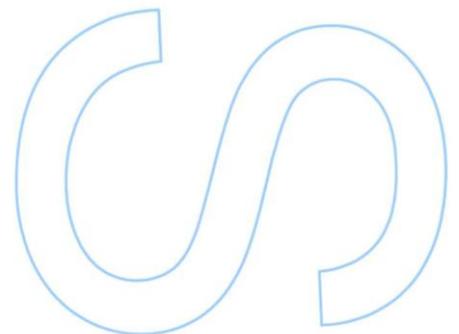
2017

Orientador

Doutor Jorge Bernardo Lacerda Queiroz, Professor Auxiliar, FCUP

Coorientador

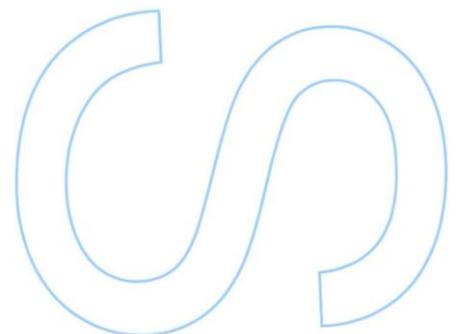
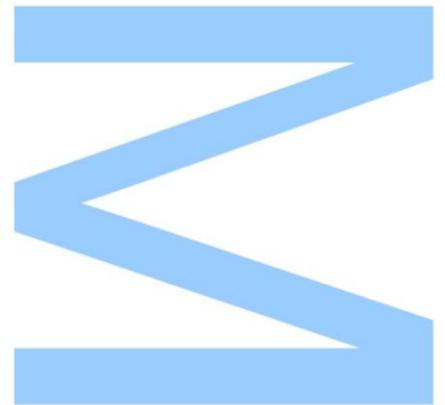
Tiago Nogueira, Engenheiro Agrónomo, Quinta do Crasto, SA





Todas as correções determinadas pelo júri, e só essas, foram efetuadas.
O Presidente do Júri,

Porto, ____/____/____



Para as minhas avós,

Agradecimentos

A concretização deste trabalho só foi possível graças ao indispensável contributo de todas as pessoas que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização desta dissertação. Aqui deixo expresso o meu reconhecimento.

Ao meu Orientador **Doutor Jorge Queiroz**, docente da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, uma palavra de apreço pela sua disponibilidade e apoio ao longo da dissertação. De destacar a sua imprescindível ajuda na concepção do delineamento experimental. Não posso também de deixar de agradecer todo o conhecimento que me transmitiu ao longo da minha licenciatura e mestrado.

Ao meu Coorientador **Engenheiro Tiago Nogueira**, da Quinta do Crasto, que disponibilizou todas as condições para a realização dos trabalhos num espaço de sua responsabilidade. O seu empenho, interesse e espírito de rigor na realização deste trabalho foram um incentivo para mim. Um especial obrigado pela sua disponibilidade em me ajudar nas medições do potencial hídrico foliar.

Ao meu amigo e colega **Ricardo Bravo**, a pessoa que esteve mais presente ao longo da dissertação. O seu espírito altruísta e dedicado reforçou a qualidade do meu trabalho. Deixo uma especial palavra de agradecimento pelo espírito de companheirismo que demonstrou.

Ao **Sr. António, Sr. Eduardo e Sr. Luís**, funcionários da Quinta da Cabreira, que se demonstraram sempre disponíveis para nos auxiliar na realização dos trabalhos de campo.

À **ADVID** pela cedência dos equipamentos necessários à realização dos trabalhos.

À **Quinta do Crasto S.A.**, com especial referência à **Eng. Rosário Sousa**, responsável pelo laboratório, por se ter disponibilizado num período atarefado a me ajudar nos procedimentos laboratoriais. À empresa e a todos os dirigentes que acreditaram neste projeto.

À **Faculdade de Ciências da Universidade do Porto**, por ter dado meios e condições à realização deste projeto.

Ao meu colega e amigo **Pedro Rangel**, pela sua grande colaboração na recolha de dados no início da dissertação.

Ao **Doutor Luís Cunha**, docente da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, pelo tratamento estatístico dos dados.

Ao meu grande amigo **Bruno Balazeiro**, fico grato pela amizade que demonstrou em me acompanhar e colaborar na recolha dos dados no campo.

À minha namorada **Lidiane Dietrich**, mais uma vez registo o seu gesto de amor e apoio imprescindível no laboratório e na recolha dos dados no campo.

Por fim, dirijo uma palavra de apreço à **Minha Família**, em especial aos **Meus Pais**, **Minha Irmã** e **Meu Cunhado** que, através do seu apoio incondicional, me deram meios e me incentivaram ao longo da dissertação.

Resumo

A Região do Douro encontra-se inserida numa zona de clima mediterrânico, onde as temperaturas são altas e as precipitações irregulares. Face a estas condições, a ocorrência de stress hídrico propicia limitações na produtividade e qualidade. A estratégia de rega SDI (*“Sustained Deficit Irrigation”*) tem-se manifestado como solução, conferindo às plantas um stress moderado e melhorando a qualidade das uvas. O termo (*“Sustained Deficit Irrigation”* - SDI) refere-se à aplicação de uma taxa fixa, de acordo com a evapotranspiração da cultura (ET_c) ao longo de todo o ciclo vegetativo.

O estudo ocorreu em 2016, para a casta Touriga Nacional, na Quinta da Cabreira, sub-região da Região Demarcada do Douro. O objectivo deste trabalho consistiu em analisar a melhor estratégia de irrigação conciliando aumentos de produtividade com melhorias nos parâmetros qualitativos. Foram estabelecidas quatro modalidades com base num percentual específico da Evapotranspiração cultural (ET_c): (1) R_0 ou modalidade sem irrigação; (2) R_{25} a 25% da ET_c ; (3) R_{50} a 50% da ET_c ; (4) R_{75} a 75% da ET_c .

Os dados recolhidos da sonda de humidade e dos Potenciais hídricos de base (Ψ_b) revelaram uma fraca retenção hídrica do solo (4 a 5 dias). Não obstante, foram detectadas diferenças na taxa fotossintética, tendo-se obtido melhores resultados nas modalidades mais irrigadas.

O número de cachos por videira foi semelhante, contudo, os tratamentos com dotações superiores evidenciaram cachos mais pesados ($p < 0,05$), repercutindo-se numa maior produtividade na modalidade R_{75} (2,68Kg), seguido da R_{50} (2,40Kg), R_0 (2,06Kg) e R_{25} (2,03Kg).

No que diz respeito ao álcool provável, a modalidade R_{75} mostrou melhores resultados (14,80%), seguido da R_{50} (13,30%), R_{25} (13,00%) e R_0 (12,80%) a 31 de Agosto.

Embora o stress hídrico da planta tenha afectado as dimensões do bago levando a alterações na relação película/polpa, as videiras das modalidades R_{50} e R_{75} obtiveram superiores concentrações de antocianinas: R_{50} (148,50 mg/L) e R_{75} (124,67 mg/L), ao invés da R_0 (95,17 mg/L) e R_{25} (87,67 mg/L). Um decréscimo de concentração de antocianinas foi observado nas modalidades R_0 e R_{25} , entre 31 de Agosto e 8 de Setembro.

Mais uma vez foram demonstrados os efeitos positivos da rega deficitária na qualidade das uvas. Os resultados obtidos neste estudo revelam níveis satisfatórios de produtividade e melhorias dos parâmetros qualitativos nas modalidades com maiores dotações de rega (R_{50} e R_{75}).

Palavras-chave: Douro Superior; Touriga Nacional; Rega Deficitária; Produtividade; Qualidade; Evapotranspiração; Potencial Hídrico Foliar de Base.

Abstract

The Douro Region is set in a Mediterranean climate zone, where temperatures are high and rainfall is irregular. With these weather conditions the occurrence of water stress is likely to result in large constraints on yield and quality. To avoid that, sustained deficit irrigation (SDI) has emerged as a potential strategy to allow crops to withstand mild water stress and obtain a positive impact on fruit quality. Under SDI, plant water status is maintained within pre-defined limits of deficit during the whole irrigation season.

The study was performed in 2016, at Quinta da Cabreira, sub-region of the Douro Demarcated Region, Douro Superior. Looking for an irrigation strategy which seeks to reconcile grape yield with improved berry quality was the main objective of this study. Four water treatments were established based on the value of crop evapotranspiration (ET_c): (1) R_0 or non irrigated treatment; (2) R_{25} or 25% of the ET_c ; (3) R_{50} or 50% of the ET_c ; (4) R_{75} or 75% of the ET_c .

Collected data from the soil probe and pre-dawn leaf water potential (Ψ_b) showed low soil water retention (4-5 days). Nevertheless, differences in leaf photosynthetic rate were observed, showing better results when water dosage increased.

The number of cluster per vine was similar although the treatments with higher irrigation dosage resulted in heavier clusters ($p < 0,05$) resulting in higher yields on treatment R_{75} (2,68Kg), followed by R_{50} (2,40Kg), R_0 (2,06Kg) and R_{25} (2,03Kg).

Concerning the alcohol content the highest irrigation dosage treatment (R_{75}) showed better results (14,80%), followed by R_{50} (13,30%), R_{25} (13,00%) and R_0 (12,80%) on August 31th.

Although vine water status affected berry size, and therefore the skin to pulp ratio, the vines submitted to the R_{50} and R_{75} treatment were observed to have higher anthocyanin concentrations: R_{50} (148,50 mg/L) and R_{75} (124,67 mg/L), whereas R_0 (95,17 mg/L) and R_{25} (87,67 mg/L). Also, R_0 and R_{25} anthocyanin accumulation trend showed a decline from August 31th to September 8th.

It was, once more, demonstrated the advantage of deficit irrigation to maintain grape berry quality. The data obtained in this study revealed high quality and satisfactory yield in the treatments with the higher irrigation dosage (R_{50} and R_{75}).

Keywords: Douro Superior; Touriga Nacional; Deficit Irrigation; Yield; Quality; Evapotranspiration; Pre-dawn water potencial.

Índice

Agradecimentos	ii
Resumo	iv
Abstract	vi
1. Introdução	1
2. Revisão bibliográfica	3
2.1. Solo.....	3
2.2. Potencial Hídrico Foliar (Ψ_f)	5
2.3. Condutância Estomática (g_s)	7
2.4. O Stress Hídrico na Videira.....	8
2.5. Medições do conteúdo e potencial hídrico no solo	13
2.6. Medições do estado hídrico da planta.....	18
2.7. Estratégias de rega – Balanço Hídrico, SDI, RDI e PRD.....	20
3. Material e Métodos	25
3.1. Caracterização do Ensaio	25
3.1.1. Localização da parcela.....	25
3.1.2. Delineamento Experimental	28
3.1.3. Características edafoclimáticas.....	31
3.1.4. Material Vegetativo.....	33
3.1.5. Operações culturais.....	36
3.1.6. Rega.....	36
3.2. Metodologia	38
3.2.1. Abrolhamento e Fertilidade	38
3.2.2. Caracterização do coberto vegetal.....	39
3.2.3. Cálculo das necessidades de rega	41
3.2.4. Medições ecofisiológicas.....	42
3.2.5. Evolução da maturação e qualidade da vindima	45
3.2.6. Registos do rendimento à vindima	46
3.3. Análise estatística dos resultados	46

4. Resultados e discussão	47
4.1. Caracterização do clima	47
4.2. Componentes de Fertilidade	51
4.2.1. Carga à poda.....	51
4.2.2. Número de olhos abrolhados.....	53
4.2.3. Número de inflorescências.....	54
4.2.4. Taxa de abrolhamento	54
4.2.5. Índice de Fertilidade Potencial (IFp).....	55
4.3. Caracterização do coberto vegetal.....	56
4.3.1. Área Foliar	56
4.3.2. Porosidade do coberto e número de camadas de folhas (NCF).....	58
4.4. Cálculo das necessidades de rega	62
4.5. Medições ecofisiológicas.....	63
4.5.1. Potencial Hídrico Foliar (Ψ_f)	65
4.5.2. Trocas gasosas ao nível dos estomas	74
4.6. Evolução da maturação e qualidade da vindima	79
4.7. Registos do rendimento à vindima	88
5. Conclusões	93
6. Referências Bibliográficas	97

Índice de Figuras

Figura 1 - Distribuição radicular em profundidade da casta CheninBlanc, com porta-enxerto 99-R, em solo de textura arenosa a franco-argilosana (VanZyl e Weber, 1981).....	5
Figura 2 - Perspectiva da encosta voltada a Norte da Quinta da Cabreira (Crasto, 2016).	25
Figura 3 - Vista aérea da Quinta da Cabreira com localização do ensaio experimental (41°03'54.2"N 7°04'00.8"W). Fonte: Google Maps.....	26
Figura 4 - Vista aérea da localização do ensaio experimental. Fonte: Google Maps	27
Figura 5 - Patamar do ensaio experimental. Quinta da Cabreira, 2016.	27
Figura 6 - Representação esquemática do delineamento experimental.....	29
Figura 7 - Unidade de comunicação que trata dos dados recebidos pela sonda. Quinta da Cabreira, 2016.	29
Figura 8 - Sonda EnviroSCAN® 150 para monitorização da humidade do solo. Quinta da Cabreira, 2016.	30
Figura 9 - Marcadores das videiras pertencentes ao ensaio experimental. Quinta da Cabreira, 2016.....	30
Figura 10 - Análise ampelográfica foliar da casta Touriga Nacional; Fonte: Caracterização de Castas Cultivadas na Região Vitivinícola de Trás-os-Montes, (DRAPN, 2007).	33
Figura 11 - Análise ampelográfica do cacho da casta Touriga Nacional; Fonte: Caracterização de Castas Cultivadas na Região Vitivinícola de Trás-os-Montes, (DRAPN, 2007).	33
Figura 12 - Câmara de pressão de Scholander. Quinta da Cabreira, 5 de Agosto de 2016.	43
Figura 13 - Equipamento IRGA (<i>Infrared gas analyser</i>). Quinta da Cabreira, 5 de Agosto de 2016.....	44
Figura 14 - Climograma com a temperatura média e precipitação de Janeiro a Outubro de 2016, registados pela estação meteorológica da Quinta da Cabreira e valores do período homólogo da Normal Climatológica de 1931 – 1960, registados no Vale da Vilariça.	47
Figura 15 - Temperaturas máximas e mínimas, amplitude térmica e precipitação de Janeiro a Setembro de 2016, em Quinta da Cabreira.	48
Figura 16 - Evapotranspiração média diária (ET ₀) e humidade relativa (%) de Janeiro a Setembro de 2016, em Quinta da Cabreira	49
Figura 17 - Temperaturas máximas e mínimas e distribuição da precipitação no mês de Setembro, em Quinta da Cabreira, 2016.	50
Figura 18 - Área Foliar Total por videira (m ²), percentagem da área foliar principal e netas. Quinta da Cabreira, 2016. Dados não analisados estatisticamente.	56

Figura 19 - Área foliar total por videira (m ²), área foliar principal e netas, por modalidade e por bloco. Quinta da Cabreira, 2016. Dados não analisados estatisticamente.....	57
Figura 20 - Número de camadas de folhas nas diversas modalidades, quantificados ao nível dos cachos e ao nível vegetativo. Quinta da Cabreira, 2016. Dados não analisados estatisticamente.	58
Figura 21 - Percentagem de Folhas Interiores (PFI) nas diversas modalidades, quantificados ao nível dos cachos e ao nível vegetativo. Quinta da Cabreira, 2016. Dados não analisados estatisticamente.....	59
Figura 22 - Percentagem de Cachos Interiores (PCI) nas diversas modalidades, quantificados ao nível dos cachos e ao nível vegetativo. Quinta da Cabreira, 2016. Dados não analisados estatisticamente.....	60
Figura 23 - Percentagem de Buracos (PB) nas diversas modalidades, quantificados ao nível dos cachos e ao nível vegetativo. Quinta da Cabreira, 2016. Dados não analisados estatisticamente.	61
Figura 24 - Cálculo das dotações e tempo de rega para o dia 20 de Julho. Quinta da Cabreira, 2016.....	63
Figura 25 - Cálculo das dotações e tempo de rega para o dia 3 de Agosto. Quinta da Cabreira, 2016.....	63
Figura 26 - Cálculo das dotações e tempo de rega para o dia 18 de Agosto. Quinta da Cabreira, 2016.....	64
Figura 27 - Cálculo das dotações e tempo de rega para o dia 31 de Agosto. Quinta da Cabreira, 2016.....	65
Figura 28 - Evolução do Potencial Hídrico de Base (Ψ_b) e níveis de stress hídrico definidos por Carbonneau (1998), nas diferentes modalidades, durante os meses de Julho e Agosto. Quinta da Cabreira, 2016. Nível de significância: n.s.....	66
Figura 29 - Evolução do Potencial Hídrico Foliar (Ψ_f) das diferentes modalidades durante o dia. Medições efectuadas no dia 5 de Agosto (10h, 14h e 17h) e na madrugada do dia 6 de Agosto (Ψ_b). Níveis de stress hídrico de Ψ_b (Carbonneau, 1998) e Ψ_{12h} (Trujillo, 200.....	67
Figura 30 - Evolução da radiação solar (w/m ²) e temperatura (oC), no dia 5 de Agosto. Quinta da Cabreira, 2016.	68
Figura 31 - Evolução do Potencial Hídrico Foliar de Base (Ψ_b) após irrigação. Quinta da Cabreira, 2016. (1) Nível de significância: n.s.; (2) Nível de significância: p < 0,01.	69
Figura 32 - Evolução do estado hídrico do solo (mm), entre os meses de Janeiro e Novembro. Dados obtidos pela sonda EnviroSCAN® 150, localizada na modalidade R25 do Bloco 2. Quinta da Cabreira, 2016.	70

Figura 33 - Evolução do estado hídrico do solo (mm) nos anos 2015 e 2016. Dados obtidos pela sonda EnviroSCAN® 150, localizada na modalidade R25 do Bloco 2. Quinta da Cabreira, 2016.	72
Figura 34 - Evolução do estado hídrico do solo a diferentes profundidades: 20cm (preto), 40cm (azul), 60cm (verde) e 80cm (vermelho). Dados obtidos pela sonda EnviroSCAN® 150, localizada na modalidade R25 do Bloco 2. Quinta da Cabreira, 2016.	72
Figura 35 - Fotossíntese Líquida(A)($\mu\text{mol m}^2\text{s}^{-1}$), registada no dia 5 de Agosto, às 10h, 14h e 17h. Quinta da Cabreira, 2016. Dados não analisados estatisticamente.	75
Figura 36 - Condutância estomática (gs)($\text{mmol.m}^2\text{s}^{-1}$), registada no dia 5 de Agosto, às 10h, 14h e 17h. Quinta da Cabreira, 2016. Dados não analisados estatisticamente.	76
Figura 37 - Taxa de transpiração (E)($\text{mmol.m}^2\text{s}^{-1}$), registada no dia 5 de Agosto, às 10h, 14h e 17h. Quinta da Cabreira, 2016. Dados não analisados estatisticamente.	77
Figura 38 - WUE (Water use efficiency)($\mu\text{mol.mmol}^{-1}$), registadas no dia 5 de Agosto, às 10h, 14h e 17h. Quinta da Cabreira, 2016. Dados não analisados estatisticamente.	78
Figura 39 - Evolução do Álcool Provável (%) entre os dias 31 de Agosto e 8 de Setembro, durante a fase de maturação. Quinta da Cabreira, 2016. Nível de significância: n.s. – não significativo.	79
Figura 40 - Evolução do pH entre os dias 31 de Agosto e 8 de Setembro, durante a fase de maturação. Quinta da Cabreira, 2016. Nível de significância: n.s. – não significativo.	81
Figura 41 - Evolução da Acidez Total (g/L) entre os dias 31 de Agosto e 8 de Setembro, durante a fase de maturação. Quinta da Cabreira, 2016. Nível de significância: n.s. – não significativo.	83
Figura 42 - Evolução da concentração de ácido málico (g/L) entre os dias 31 de Agosto e 8 de Setembro, durante a fase de maturação. Quinta da Cabreira, 2016. Nível de significância: n.s. – não significativo.	84
Figura 43 - Evolução da concentração de antocianas (mg/L) entre os dias 31 de Agosto e 8 de Setembro, durante a fase de maturação. Quinta da Cabreira, 2016. Nível de significância: n.s. – não significativo.	86
Figura 44 - Evolução da concentração de polifenóis (mg/L) entre os dias 31 de Agosto e 8 de Setembro, durante a fase de maturação. Quinta da Cabreira, 2016. (*) Valor inferior ao limite de detecção do aparelho. Nível de significância: n.s. – não significativo.	87
Figura 45 - Produção média por videira (Kg) de acordo com a modalidade de rega e blocos. Quinta da Cabreira, 2016.	92
Figura 46 - Aspecto das diferentes modalidades de rega, no dia 19 de Maio. Quinta da Cabreira, 2016.	98
Figura 47 - Aspecto das diferentes modalidades de rega, no dia 27 de Junho. Quinta da Cabreira, 2016.	98

Figura 48 - Aspecto das diferentes modalidades de rega, no dia 5 de Agosto. Quinta da Cabreira, 2016.....	98
Figura 49 - Aspecto das diferentes modalidades de rega, no dia 31 de Agosto. Quinta da Cabreira, 2016.....	98

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Valores médios e desvios padrão para a Capacidade de Campo (CC), Coeficiente de Emurchecimento (CE) e Água Utilizável (%P e mm) correspondentes a 136 solos de Trás-os-Montes e Alto Douro e Entre-Douro e Minho. Fonte: Martins, A. (2008), segundo cartas de solo elaboradas por Agroconsultores e Coba (1991) e Agroconsultores e Geometral (1999).....	4
Tabela 2 – Correlação entre os valores do Potencial Hídrico Foliar de Base (Ψ_b) e o nível de stresse hídrico (Carbonneau, 1998).	6
Tabela 3 - Correlação entre os valores do Potencial Hídrico Foliar ao meio-dia (12 horas solares) e o Estado Hídrico da Videira (Trujillo, 2007).	7
Tabela 4 – Valores do potencial hídrico do solo em função dos estados fenológicos (kPa) (Hardie e Martin, 1990).....	15
Tabela 5 - Efeito do RDI sobre o rendimento, data de vindima e composição do mosto para a casta Cabernet Sauvignon (Dry <i>et al.</i> , 2001).	23
Tabela 6 - Efeito do RDI sobre o rendimento, açúcar e medidas espectrais para a casta Syrah (Dry <i>et al.</i> , 2001).....	23
Tabela 7 - Composição dos bagos de Cabernet Sauvignon, em resposta ao PRD (Dry <i>et al.</i> , 2001).	24
Tabela 8 - Caracterização climática da região Duriense, por índices bioclimáticos (Magalhães <i>et al.</i> , 1995).....	32
Tabela 9 - Esquematização cronológica das operações culturais realizadas no ensaio no ano de produção 2015/2016.....	36
Tabela 10 - Registo da data e duração das regas.....	37
Tabela 11 - Registo das datas e horas a que foram realizadas as medições do Potencial Hídrico Foliar Ψ_f , para a casta Touriga Nacional, em Quinta da Cabreira, 2016.....	43
Tabela 12 - Carga deixada à poda em cada bloco. Dados não analisados estatisticamente.....	51
Tabela 13 - Carga deixada à poda em cada modalidade. Dados não analisados estatisticamente.....	51
Tabela 14 - Valores da carga deixada à poda discriminados por bloco, modalidade e bardo. Dados não analisados estatisticamente.....	52
Tabela 15 - Número de olhos abrolhados por videira discriminados por bloco, modalidade e bardo. Dados não analisados estatisticamente.	53
Tabela 16 - Número de inflorescências por videira discriminados por bloco, modalidade e bardo. Dados não analisados estatisticamente.	54

Tabela 17 - Taxa de abrolhamento por videira discriminada por bloco, modalidade e bardo. Dados não analisados estatisticamente.....	54
Tabela 18 - Índice de Fertilidade Potencial (IFp) por videira discriminado por bloco, modalidade e bardo. Dados não analisados estatisticamente.	55
Tabela 19 - Número de cachos por videira registados à vindima (12 de Setembro). Quinta da Cabreira, 2016. (1) n.s. – não significativo	88
Tabela 20 - Peso dos cachos (gramas) registados à vindima (12 de Setembro). Quinta da Cabreira, 2016. (1) * significativo ao nível de $p < 0,05$	89
Tabela 21 - Peso dos bagos (gramas) registados à vindima (12 de Setembro). Quinta da Cabreira, 2016. (1) n.s. – não significativo	90
Tabela 22 - Volume médio do bago (mL) registado à vindima (12 de Setembro). Quinta da Cabreira, 2016. (1) n.s. – não significativo	90
Tabela 23 - Médias de produção por videira (Kg) entre modalidades registadas à vindima (12 de Setembro). Quinta da Cabreira, 2016. (1) n.s. – não significativo, ** significativo ao nível de $p < 0,01$	91
Tabela 24 - Médias de produção por videira (Kg) entre blocos registados à vindima (12 de Setembro). Quinta da Cabreira, 2016. (1) n.s. – não significativo, *** significativo ao nível de $p < 0,001$	91
Tabela 25 - Registos do Nº de Bagos, Álcool Provável (%), pH, Acidez Total e Peso (g). Quinta da Cabreira, 2016.....	98
Tabela 26 - Registos do Volume (mL), Peso Médio do Bago (g), Ácido Málico (g/L), Antocianas (mg/L) e Polifenóis (mg/L). Quinta da Cabreira, 2016.	98

Abreviaturas

A – Fotossíntese líquida

ABA – Ácido abscísico

ADVID - Associação para o Desenvolvimento da Viticultura Duriense

AF – Área foliar

AFU – Água facilmente utilizável

Ap - Horizonte antrópico

CC – Capacidade de campo

CE – Coeficiente de Emurchecimento

CT – Taxa de crescimento

DI – *Deficit irrigation*

DPD – Défice de pressão de difusão

DPVL - diferença de pressão de vapor entre a folha e a atmosfera

E - Transpiração

ET- Evapotranspiração

ET₀ - Evapotranspiração de referência

ET_c - Evapotranspiração Cultural

ETP – Evapotranspiração potencial

FI – *Full irrigation*

FDR – *Frequency Domain Reflectometry*

g_s - Condutância estomática

IFp - Índice de fertilidade potencial

IH - Índice de Huglin

Ihi - Índice hídrico

IRGA – *Infrared gas analyzer* (Analisador de gases por infravermelhos)

K_c – Coeficiente cultural

KPa– Kilopascal

L2D – Comprimento da nervura lateral direita (folha principal)

L2E – Comprimento da nervura lateral esquerda (folha principal)

L2d - Comprimento da nervura lateral direita (folha neta)

L2e - Comprimento da nervura lateral esquerda (folha neta)

MCD – Máxima contracção diária

MPa - Megapascal

NCF – Número de camadas de folhas

NFP – Número de folhas principais

NFN – Número de folhas netas

PAR – *Photosynthetically Active Radiation* (radiação fotossinteticamente ativa)

PB – Percentagem de buracos

PCI – Percentagem de cachos interiores

PFI – Percentagem de folhas interiores

PPFD – fluxo fotónico fotossinteticamente ativo

PRD – *Partial root drying* (rega parcial do volume radicular)

RDD – Região Demarcada do Douro

RDI – *Regulated deficit irrigation* (rega deficitária controlada)

SDI - *Sustained Deficit Irrigation*

TA - Taxa de Abrolhamento

TCH – Teor crítico de humidade

Tch – Temperatura de câmara

TDR – *Time Domain Reflectometry*

Tf – Temperatura da folha

T_{leaf} - Temperatura da folha

VSP – *Vertical shoot position* (monoplano vertical ascendente)

WUE – eficiência intrínseca do uso da água

Ψ_{12h} – Potencial hídrico foliar ao meio-dia (12h solares)

Ψ_{aa} - Potencial hídrico foliar ao amanhecer

Ψ_b – Potencial hídrico de base

Ψ_f – Potencial hídrico foliar

Ψ_m – Potencial mátrico

Ψ_o – Potencial osmótico

Ψ_{solo} - Potencial hídrico do solo

Ψ_{stem} - Potencial do sarmento

θ_g – Humidade gravimétrica

θ_v – Humidade volumétrica

ϵ - Constante dielétrica

ΣTa - Índice Térmico Eficaz

1.Introdução

A videira, anatomicamente e morfológicamente, adquiriu características que lhe conferem uma grande resistência a condições de stress hídrico, tais como a sua regulação estomática, calibre dos vasos xilémicos e a sua profundidade radicular. No entanto, tem sido evidente em situações de clima mediterrânico, onde o período estival apresenta temperaturas elevadas associado a períodos longos períodos de ausência de precipitação, que a disponibilidade hídrica constitui um dos factores limitativos da produção desta cultura (Koundouras *et al.*, 1999).

Embora haja registos arqueológicos de regadio da vinha desde o povo Hitita, há 3000 anos A.C (Sotés, 2007), tradicionalmente, a vinha foi sempre considerada como uma cultura de sequeiro (Magalhães, 2015). Nas regiões vitivinícolas da Europa ainda subsiste a ideia de que a rega tem uma influência negativa na qualidade no vinho, induzindo vinhos com menor teor alcoólico, maior acidez e menor extracção da componente fenólica. De facto, a não irrigação da vinha tem demonstrado bons resultados na qualidade dos vinhos (Magalhães, 2015). Em outras regiões vitícolas fora da Europa, no considerado Novo Mundo Vitícola, a viticultura não se encontra tão assente na tradição, sendo que foram questionadas sobre a sua viabilidade agronómica muitas das práticas que na Europa eram até então praticadas. É por isso, que em países como a África do Sul, Argentina e Austrália, a irrigação constitui uma prática corrente, conduzindo a produções unitárias muito superiores às evidenciadas nos países vitícolas europeus (Magalhães, 2015). Em Portugal, a rega da vinha só muito recentemente tem sido adotada pelos viticultores. Sendo que até então, a irrigação não tinha sido implementada por restrições de ordem legal e/ou pela falta de conhecimentos relativos aos benefícios desta prática cultural (Magalhães, 2015).

Podemos apontar dois factores explicativos para o incremento desta prática em Portugal. Nos últimos anos tem-se assistido à ocorrência de anos extremamente secos, que prejudicam a rentabilidade da cultura em regiões mais áridas; além disso, existem previsões relativas ao aquecimento global que apontam para uma diminuição da precipitação e um aumento da evapotranspiração (Schultz, 2000). Por outro lado, o aumento no número de vinhas irrigadas deve-se a uma resposta nacional para fazer frente aos produtores vitivinícolas estrangeiros que estão a obter grandes produtividades e que se prevê que irão colocar nos próximos anos os seus produtos a preços muito acessíveis no nosso mercado (Magalhães, 2015). De facto, este aumento na rega da vinha em Portugal mostra que progressivamente está a haver uma desmistificação de que os factores quantidade e qualidade são inversamente proporcionais.

Aliás, utilizando a rega racionalmente e aplicando e integrando todos os conhecimentos desta matéria, é possível não só aumentar a quantidade como conjuntamente melhorar o potencial enológico das uvas.

A escassez de água em algumas regiões vitivinícolas torna imperativo a existência de uma política de preservação deste mesmo recurso. Para tal, o factor produção/água utilizada deve ser optimizado, sendo que se devem adoptar medidas que minimizem as perdas de água no solo (evaporação, erosão e percolação) assim como evitar por outro lado um défice hídrico excessivo, evitando perdas excessivas de produção (Trujillo, 2007).

Para uma melhor compreensão sobre os efeitos da irrigação é necessário entender que a assimilação e utilização da água pela planta está intrinsecamente relacionada com as condições e características do solo e da natureza climática da região. É, portanto, importante ver a economia e utilização de água num modelo solo-planta-atmosfera, em que a irrigação é utilizada para suprir qualquer deficiência hídrica resultante de um desequilíbrio entre estes 3 sistemas (Magalhães, 2015). A estimativa das necessidades hídricas da planta é calculada utilizando monitorizações do balanço hídrico do solo, análise da evapotranspiração da planta (ET) sendo que em muitos casos é assente em parâmetros climáticos e de cultivo, informação essa disponibilizada pela FAO (Allen *et al.* 1998). Posteriormente, iremos ver que a melhor decisão será a utilização e integração de diferentes indicadores do estado hídrico da cultura, permitindo assim uma melhor certeza na programação da rega.

2. Revisão bibliográfica

2.1. Solo

Dependendo do solo, a capacidade deste na retenção e disponibilização da água para a planta pode variar significativamente. Nem toda a água presente no solo se encontra disponível para a planta. Existe, portanto, um limite inferior, onde a planta não consegue absorver mais água, e um limite superior onde a disponibilidade hídrica é máxima. A diferença entre estes dois limites indica-nos a Água Utilizável pela Planta. Dos conceitos mais importantes para o cálculo da disponibilidade da água para a planta são os conceitos de Capacidade de Campo (CC) e Coeficiente de Emurchecimento (CE).

Diz-se que um solo se encontra na Capacidade de Campo (CC) quando todos os microporos se encontram preenchidos por água. A Capacidade de Campo (CC) é alcançada após uma saturação em água do solo, devido a uma precipitação e/ou rega abundante (Trujillo, 2007). Quando a drenagem desta água tiver diminuído significativamente, ou seja, os macroporos do solo já não estiverem preenchidos por água, o solo encontra-se na sua Capacidade de Campo (CC) (Trujillo, 2007). Geralmente a drenagem termina após 1-2 dias, em solos arenosos, e 3-4 em solos argilosos (Trujillo, 2007).

O Coeficiente de Emurchecimento (CE) é definido quando a escassez hídrica é tal que a planta deixa de produzir força extractiva para assimilar a água (Trujillo, 2007). É considerado o limite em que a planta entra em murchidão permanente, perde turgidez, fecha os estomas e conseqüentemente interrompe o fenómeno de transpiração (Magalhães, 2007).

Quanto ao Coeficiente de Emurchecimento é considerado o valor de humidade extraído à pressão de -1.500 kPa (Magalhães, 2015), enquanto para a Capacidade de Campo este valor é variável com a textura e teor em matéria orgânica do solo. Autores de referência em Ciências do Solo referem valores entre -10 a -33kPa (Brady, 1990 e Marshall e Holmes, 1988) e -5kPa a -10kPa (White, 2006), sendo -10kPa o valor mais consensual.

Vimos portanto, que a diferença entre a Capacidade de Campo (CC) e o Coeficiente de Emurchecimento (CE) nos dá a quantidade de água disponível para a planta. No entanto, a videira, apesar do seu forte desenvolvimento radicular, começa a ter importantes limitações antes de atingir o Coeficiente de Emurchecimento (CE) (Trujillo, 2007). Doorenbos e Kassam (1979), sugerem como limite inferior de extracção valores entre 35% a 45% do teor de água utilizável. Surge então o conceito da Água Facilmente Utilizável (AFU), que no caso da vinha, se

situa entre a Capacidade de Campo (CC) e potenciais hídricos na ordem dos -40kPa a -60kPa, denominado Teor Crítico de Humidade (TCH), variável com o estado fenológico e natureza do solo (White, 2006). A textura do solo também influencia a quantidade de água utilizável, sendo os solos de textura média os que apresentam maior volume de água utilizável (Martins, 2008). Deficiências nutritivas no solo, como por exemplo, de K^+ , podem afectar a condutância estomática (Magalhães, 2015). Por outro lado, um excesso de N no solo vai inibir a síntese de ABA (ácido abscísico) e conseqüentemente aumentar a evapotranspiração da cultura (ETc)(Champagnol, 1984).

A profundidade de enraizamento pode influenciar a quantidade de solo explorável pelas raízes, e conseqüentemente a quantidade de água que estas são capazes de assimilar. É de salientar, que as raízes da vinha são capazes de superar os 2 metros (Trujillo, 2007), ultrapassando a profundidade de surribo e permitindo a captação de água em zonas profundas onde ainda existe alguma humidade mesmo no período estival (Magalhães, 2015). A profundidade do solo onde a malha radicular encontra as melhores condições físicas, químicas e biológicas ao seu desenvolvimento é variável: 25-50cm no Sul de França, 30-70cm dos vales da Califórnia e 40-70cm no Xerez (Galet, 1993; Maertens, 1970, cit. por Champagnol, 1984). É nestes horizontes do solo onde se dá a maioria da absorção nutritiva e hídrica (Magalhães, 2015). Como anteriormente referido, e embora as raízes profundantes existam em menor número, estas são importantes para evitar situações de stress hídrico no período estival, quando os horizontes superficiais apresentam maior escassez de água (Magalhães, 2015).

Tabela 1 – Valores médios e desvios padrão para a Capacidade de Campo (CC), Coeficiente de Emurchecimento (CE) e Água Utilizável (%P e mm) correspondentes a 136 solos de Trás-os-Montes e Alto Douro e Entre-Douro e Minho. Fonte: Martins, A. (2008), segundo cartas de solo elaboradas por Agroconsultores e Coba (1991) e Agroconsultores e Geometral (1999).

Classe de Textura	n	CC (%P) (Média±DP)	CE (%P) (Média±DP)	Água Utilizável (%P) (Média±DP)	Água Utilizável (mm) (Média±DP)
Franco Ar. Grosseiro	13	22,2 ± 4,9	7,3 ± 1,4	14,9 ± 4,6	172 ± 40
Franco Arenoso	19	22,0 ± 5,9	7,4 ± 2,3	14,5 ± 5,4	171 ± 50
Franco Ar. Fino	16	26,3 ± 4,6	9,0 ± 2,0	17,4 ± 5,2	199 ± 48
Franco	38	32,7 ± 6,2	13,9 ± 3,9	18,8 ± 6,6	199 ± 60
Franco Limoso	20	32,3 ± 6,7	15,2 ± 5,7	17,1 ± 4,7	188 ± 51
Franco Arg. a Argiloso	30	36,6±8,2	21,0 ± 6,8	15,7 ± 5,0	160 ± 50

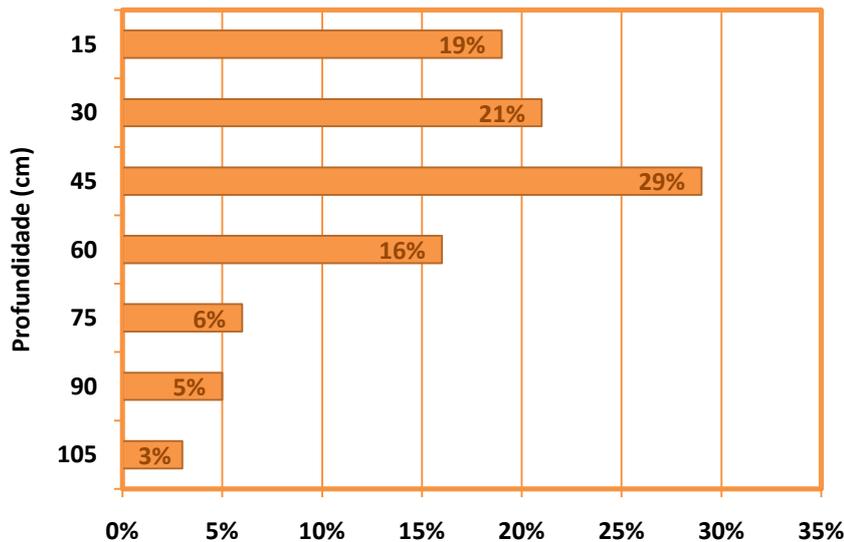


Figura 1 - Distribuição radicular em profundidade da casta Chenin Blanc, com porta-enxerto 99-R, em solo de textura arenosa a franco-argilosa (VanZyl e Weber, 1981).

2.2. Potencial Hídrico Foliar (Ψ_f)

O Potencial Hídrico pode definir-se como a energia cedida por uma unidade de volume de água quando sujeita a uma transformação isotérmica e reversível, fazendo passar do estado actual ao estado de água livre sob pressão atmosférica (Koundouras *et al.* 1999). O Potencial Hídrico Foliar (Ψ_f) é uma medida que consolida tanto o Potencial Hídrico do Solo (Ψ_{solo}) e todos os factores que o influenciam (precipitação, profundidade radicular, textura, etc.), a taxa de evaporação da cultura (ET), cuja intensidade é variável de acordo com diversos factores (radiação, humidade, temperatura, velocidade do vento, características dos estomas e área foliar), assim como a condutância hidráulica ao longo da planta (Gómez del Campo, 1998). É uma medida de grande utilidade pois torna possível, a curto e médio prazo, aferir com grande precisão o estado hídrico da videira, e rapidamente averiguar se esta se encontra em stress hídrico (Shackel *et al.*, 1997).

A absorção de água pela planta dá-se através de um gradiente de pressão criado entre a solução do solo e a água presente nas células radiculares, denominado DPD (Défice de Pressão de Difusão) (Branas, 1974). Esta diferença de pressão é consequência da diferença de potenciais hídricos existentes entre o solo (Ψ_{solo}) e as folhas (Ψ_f), sendo que ambos variam ao longo do dia fruto de inúmeros factores como: temperatura, velocidade do vento, radiação, humidade, teor de água no solo, entre outros... (Magalhães, 2015). Devido a estas variáveis ambientais o Potencial Hídrico Foliar (Ψ_f) sofre alterações ao longo do dia, pois é criada uma

diferença de pressão entre a atmosfera e as folhas (DPVL) que leva à perda de água nas folhas e consequente redução do seu Potencial Hídrico Foliar (Ψ_f) (Smart e Barrs, 1973). Os valores de DPVL podem chegar em dias secos aos 3500 Pa, o que levaria a uma total desidratação da videira, pelo que esta criou mecanismos de resistência, evitando descidas acentuadas do Potencial Hídrico Foliar (Ψ_f) (Trujillo, 2007). Daí que as vinhas irrigadas ou em cultura de sequeiro sigam modelos similares, no que diz respeito à evolução do Potencial Hídrico Foliar (Ψ_f) ao longo do dia (Lopes, 1999).

As medições do Potencial Hídrico realizadas ao amanhecer (Ψ_{aa}), utilizando a câmara de Scholander, reflectem o Potencial Hídrico Base (Ψ_b) e são de grande importância, permitindo analisar com bastante precisão o balanço hídrico da planta devido ao facto de neste período do dia (amanhecer) a videira se encontrar em equilíbrio hídrico com o solo (Trujillo, 2007). Carbonneau (1998), estabeleceu uma relação entre o Potencial Hídrico Base (Ψ_b) e o nível de restrição hídrica (Tabela 2).

Tabela 2 – Correlação entre os valores do Potencial Hídrico Foliar de Base (Ψ_b) e o nível de stresse hídrico (Carbonneau, 1998).

Potencial Hídrico Foliar de Base (Ψ_b)(MPa)	Stresse Hídrico
$0.0 < \Psi_b < -0.2$	Ausência
$-0.2 < \Psi_b < -0.4$	Moderado
$-0.4 < \Psi_b < -0.6$	Forte
$-0.6 < \Psi_b$	Severo

É durante o amanhecer que geralmente a videira apresenta o valor máximo de Potencial Hídrico Foliar (Ψ_f). Após este período, e com a subida de temperatura e aumento da radiação solar, dá-se a abertura dos estomas e o consequente aumento das perdas hídricas por transpiração, levando a um decréscimo gradual do Potencial Hídrico Foliar (Ψ_f) que alcança valores mínimos ao meio-dia. Durante a tarde, a diferença de pressão de vapor entre a folha e a atmosfera (DPVL) vai diminuindo e a videira vai readquirindo a água perdida por transpiração através da absorção radicular. No entanto, só durante a noite se dá uma recuperação hídrica suficiente para atingir os valores máximos atingidos ao amanhecer. (Trujillo, 2007)

Em alguns casos, quando existe pouca disponibilidade de água no solo e/ou por ineficiência na absorção de água pela planta, a recuperação hídrica durante a noite torna-se incompleta levando a um decréscimo progressivo do Potencial Hídrico Foliar de Base (Ψ_b) ao longo dos dias (Bartolomé *et al.* 1996, Schultz, 1996).

Tabela 3 - Correlação entre os valores do Potencial Hídrico Foliar ao meio-dia (12 horas solares) e o Estado Hídrico da Videira (Trujillo, 2007).

Ψ 12h solares	Estado Hídrico da Videira
>-1.0 MPa	Ausência de stresse
-1.0 a -1.2 MPa	Stresse Médio
-1.2 a -1.4 MPa	Stresse Moderado (paragem de crescimento)
-1.4 a -1.6 MPa	Stresse Forte
<-1.6 MPa	Stresse Severo

2.3. Condutância Estomática (g_s)

Os estomas são estruturas epidérmicas especializadas, encontrando-se abundantemente na parte inferior da folha, responsáveis pela regulação da transpiração da planta e pelas trocas gasosas provenientes da respiração (absorção de O_2 e libertação de CO_2) e da fixação de CO_2 pela fotossíntese (A). A abertura estomática ocorre aquando da turgescência das células de guarda, fenómeno este muito frequente durante a manhã, quando a planta se encontra num bom estado hídrico, e boa disponibilidade de radiação (Albuquerque, 1993). A escassez hídrica ao nível radicular da planta vai induzir um aumento da síntese de ABA (ácido abscísico), aumentando a sua concentração xilémica, que por sua vez, vai levar ao fecho dos estomas (Loveys e Kriedemann 1974, Liu *et al.* 1978, Loveys 1984, Loveys e Düring 1984, Correia *et al.* 1995). Por outras palavras, em condições luminosas favoráveis, o encerramento estomático ocorre quando o fornecimento de água não é suficiente para satisfazer a demanda evaporativa (Guardiola e García, 1990). O mecanismo de encerramento estomático vai levar a uma diminuição da condutância estomática (g_s), redução das trocas gasosas com a atmosfera e consequente diminuição da taxa fotossintética (A) (Magalhães, 2015).

A eficiência intrínseca do uso da água (WUE), traduzida pela relação entre a taxa fotossintética e a transpiração (A/E), varia também de acordo com a condutância estomática (g_s).

Para além de uma diminuição acentuada da taxa fotossintética, o encerramento estomático vai levar a um aumento da temperatura da folha (Schultz, 1996).

A regulação estomática para além de ser influenciada pelo estado hídrico da planta, também é variável conforme as características genotípicas de cada casta. Schultz (2003) e Medrano *et al.* (2003) classificaram as castas de acordo com o seu comportamento estomático em isohídricas e anisohídricas. As isohídricas encerram os estomas com potenciais hídricos superiores, evitando um decréscimo abrupto no balanço hídrico da videira (Schultz, 2003). Por outro lado,

temos as anisohídricas que se caracterizam por manter a abertura estomática após um limiar crítico, continuando assim a absorver água do solo e a transpirar (Schultz, 2003). Grenache e Syrah são castas com comportamentos estomáticos diferentes, sendo a primeira isohídrica e a segunda anisohídrica (Schultz 2003, Medrano *et al.* 2003). O diferente comportamento das diferentes castas parece estar relacionado com diferenças na arquitectura hidráulica (Schultz, 2003).

2.4. O Stress Hídrico na Videira

Para uma correcta gestão da disponibilidade hídrica da vinha é crucial deter de um conhecimento aprofundado sobre os efeitos do stress hídrico na videira em cada fase do seu ciclo e adequá-los à estratégia comercial global da exploração, ou seja, a estratégia de rega deve estar enquadrada segundo objectivos qualitativos e quantitativos que por sua vez irão influenciar o modelo de gestão de rega a ser utilizado.

A água constitui-se como um dos componentes mais abundantes na videira (50% nos órgãos atempados e 45-85% em órgãos herbáceos), sendo um elemento reactivo na fotólise e também responsável no transporte de fotoassimilados e nutrientes, e determinante na hidrólise do amido e dissolução de substâncias gasosas e minerais (Magalhães, 2015). De não negligenciar também o seu papel como factor fundamental na turgescência das células, influenciando assim o crescimento vegetativo e a abertura estomática (Hidalgo, 1999).

A disponibilidade hídrica influencia directamente a expressão e vigor vegetativo da videira, através da formação de netas, desenvolvimento dos ápices vegetativos e consequente aumento da área foliar (Magalhães, 2015). Níveis de actividade fotossintética elevados em situações de ausência de stress hídrico vão favorecer a produção de fotoassimilados e induzir de forma significativa um aumento da produção global da videira, todavia, associado a um aumento do vigor pode ser gerado um alongamento do ciclo vegetativo, atrasando a maturação e o atempamento das varas (Magalhães, 2015). De notar também a forte influência da disponibilidade hídrica no aspecto geral das folhas: em períodos de abundância de água as folhas adquirem cores mais intensas, ao invés, quando a videira sofre de carência hídrica, as folhas tornam-se mais pequenas e cloróticas levando em muitos casos à sua senescência precoce e consequente redução da actividade fotossintética (Magalhães, 2015). O desenvolvimento radicular é muito dependente da disponibilidade de água no solo, sendo

particularmente importante para uma entrada de produção mais precoce das videiras jovens (Magalhães, 2015).

Abrolhamento à Floração

O clima mediterrânico assegura geralmente uma boa disponibilidade hídrica no solo nesta altura do ano, sendo que o início do ciclo vegetativo da videira se dá com um teor de água no solo próximo da Capacidade de Campo (CC) (Trujillo, 2007). Outro factor que torna muito raro a existência de stress hídrico por escassez de água nesta fase do ciclo deve-se à ainda muito reduzida área foliar e conseqüente fraca capacidade de evapotranspiração da cultura (ET_c), que vai assegurar um consumo hídrico baixo (Trujillo, 2007). Contudo, em situações extremas, a carência hídrica nesta fase origina um fraco desenvolvimento vegetativo, um abrolhamento irregular, assim como uma diminuição da área foliar total, prejudicando posteriormente a maturação e a acumulação de reservas para o ano seguinte, levando a um debilitamento progressivo da videira ao longo dos anos (Trujillo, 2007). Deloire *et al.* (2004) e Girona *et al.* (2006) sugerem valores de -0.2MPa (Ψ_b) e -0.6Mpa (Ψ_{12h}), respectivamente, garantindo assim um bom desenvolvimento vegetativo. Bartolomé *et al.* (1995) demonstrou que face a condições de stress por ausência de água no solo, a iniciação floral fica comprometida, afectando a fertilidade dos gomos no ano seguinte mas não o número de bagos por cacho. Por outro lado, um excesso de água em solos de má drenagem pode provocar um abrandamento do crescimento vegetativo, clorose, necrose e prematura abscisão foliar, assim como a ocorrência de desavinho, sintomas característicos da ausência de oxigénio disponível no solo (Hale, 1959; Magalhães, 2015). Condições de excesso de água na Primavera em regiões onde o período estival é severo, podem acentuar o stress hídrico nesse período devido a um forte desenvolvimento vegetativo na Primavera que aumenta a demanda evaporativa nos estados fenológicos seguintes (Hunter, 1998a e 1998b). Um excesso de água, aliado a altas temperaturas neste período, aumenta a competição entre o meristema apical e as inflorescências, resultando no aborto das mesmas, fenómeno este denominado de *filage* (Trujillo, 2007). Este crescimento evidenciado também provoca uma grande emissão de netas, conjuntamente com entrenós longos e folhas de grande dimensão (Trujillo, 2007). Devido ao rápido crescimento dos pânpanos, o escalonamento de idade entre as folhas torna-se menor, por conseguinte, nas últimas fases do ciclo dá-se uma senescência quase simultânea levando a uma diminuição significativa da área foliar e conseqüentemente prejudicando a fase de

maturação (Trujillo, 2007). Assim sendo, uma das medidas para o controlo do vigor pode passar pelo aumento da carga à poda e/ou a utilização de um enrelvamento (Trujillo, 2007).

Floração ao Pintor

Durante o período de floração e vingamento, o crescimento vegetativo que anteriormente havia seguido uma curva sigmóide, é cessado ou reduzido substancialmente, dando-se uma migração dos fotoassimilados para os órgãos reprodutivos da videira (Magalhães, 2015). Trata-se de um período crítico no qual o défice hídrico pode levar ao aumento da taxa de desavinho e redução do volume do bago (Alexander 1965; Hardie e Considine, 1976). Durante este período ocorre o primeiro crescimento radicular do ciclo, sendo que essa expansão radicular pode ser inibida por má drenagem do solo (Hale, 1959; Freeman e Smart, 1976) ou por escassez hídrica (Van Zyl, 1984). Após o vingamento dá-se a retoma do crescimento dos pâmpanos e promoção das netas, sendo que na altura do pintor, quando desejavelmente ocorre a segunda paragem do crescimento vegetativo, a superfície foliar da videira é máxima (Magalhães, 2015). Esta grande expansão vegetativa conjuntamente com altas temperaturas e baixa humidade da atmosfera gera um aumento significativo da evapotranspiração da cultura (ETc) e por conseguinte eleva o consumo hídrico da videira (Coombe e Dry, 2012), situando-se na ordem dos 43% em relação ao total consumido durante o ciclo vegetativo (Hidalgo, 1999). Neste período processa-se uma migração dos fotoassimilados para o desenvolvimento dos cachos, sendo a disponibilidade hídrica uma variável que vai influenciar significativamente não só o desenvolvimento vegetativo como também o aumento do volume dos bagos (Magalhães, 2015). É uma fase crítica, em que o crescimento do bago ocorre por multiplicação e aumento do volume celular (Magalhães, 2015). Por essas razões, um défice hídrico neste período altera de forma irreversível o tamanho dos bagos, pela redução do crescimento das células do pericarpo (Ojeda *et al.*, 2001). Restrições hídricas neste período terão um grande impacto na qualidade do mosto pois não só irá influenciar o factor produtividade como contribuirá para a produção de cachos menos compactos, com bagos de reduzida dimensão e uma alta relação entre a película e a polpa, aumentando assim o teor de açúcares, compostos aromáticos e melhorando a extracção fenólica dos mesmos (Magalhães, 2015). Em contrapartida, um défice hídrico excessivo neste período provoca uma diminuição gradual da taxa fotossintética e um progressivo envelhecimento das folhas, assim como uma redução na biossíntese de taninos, proantocianidinas e conseqüentemente antocianinas, levando a uma perda de qualidade (Trujillo, 2007; Ojeda *et al.* 2002). Para além da perda qualitativa no mosto, uma restrição

hídrica acompanhada de uma forte demanda transpirativa pode levar ao emurchecimento dos cachos, fenómeno este denominado de “fla” (Champagnol, 1984; Moreno *et al.*, 2003). Um excesso de disponibilidade hídrica pode produzir um grande desenvolvimento vegetativo aumentando assim a competição por fotoassimilados entre a parte vegetativa e os órgãos reprodutores da videira (Trujillo, 2007). Um excessivo crescimento vegetativo irá provocar um efeito negativo na fertilidade dos gomos, devido ao aumento na competição por fotoassimilados, assim como um forte ensombramento dos mesmos (Buttrose, 1974; Smart *et al.* 1982). Deloire *et al.* (2004) sugerem restrições hídricas moderadas na ordem dos -0.4 MPa (Ψ_b) e -1.2MPa (Ψ_{12h}) assegurando assim um desenvolvimento vegetativo moderado sem comprometer a taxa fotossintética. Em última análise, a estratégia de rega nesta fase irá produzir um grande impacto na relação produção/qualidade pelo que os níveis de restrição hídrica a serem impostos terão de ser ajustados à estratégia global da exploração e ao perfil de vinho a ser lançado no mercado.

Fase de Maturação

A disponibilidade de água no período que compreende o pintor à vindima é crucial, constituindo o factor mais importante para uma correcta maturação das uvas (Trujillo, 2007). Como anteriormente referido, é desejável uma paragem do crescimento vegetativo até ao pintor, assegurando assim uma mobilização preferencial dos fotoassimilados para os cachos na fase de maturação (Magalhães, 2015). Nesta fase, a perda do estado herbáceo do bago, é seguida de um aumento gradual do teor em açúcares do mesmo, passando de um conteúdo de 1-2%, a 15-20% à maturação fisiológica, podendo chegar aos 30-45% em estados de sobrematuração (Peynaud, 1981). A taxa fotossintética em condições de escassez hídrica fica comprometida devido ao encerramento estomático, numa tentativa da planta evitar perdas de água por transpiração (Trujillo, 2007). Associadamente ao decréscimo da produção de fotoassimilados constata-se que em condições de défice hídrico severo se dá uma diminuição do peso do bago (Esteba *et al.*, 2001; García-Escudero, 1991; Ojeda *et al.*, 2002; Peterlunger *et al.*, 2005; Petrie *et al.*, 2004; Girona, 2005; Girona *et al.*, 2006) conjuntamente com uma diminuição da concentração de açúcares e um atraso na maturação (Esteba *et al.*, 1999, 2001, 2002; Myburgh, 2003). A falta de água pode originar vinhos tintos bastante adstringentes e vinhos brancos com pouca riqueza aromática (Ojeda *et al.*, 2002). Por outro lado, tem-se demonstrado que em condições de regadio a acidez total aumenta, consequência da diminuição do pH e aumento na concentração de ácido málico (García-Escudero, 1991;

Bartolomé *et al.*, 1995; Esteban *et al.*, 1999, 2002). No entanto, salvo em situações de escassez de água severas, o teor em antocianinas tem-se demonstrado máximo quando existe défice hídrico (Junquera *et al.*, 2006; Esteban *et al.*, 2001, 2002; Peterlunger *et al.*, 2005; Petrie *et al.*, 2004; Roby e Matthews, 2004). A menor concentração de antocianinas em situações de regadio deve-se ao aumento do volume do bago, a um conseqüente efeito de diluição do mesmo, e a uma diferença na taxa de multiplicação e crescimento celular entre as células da película e da polpa (Roby *et al.*, 2004). Potenciais hídricos na ordem dos -0.3 MPa (Ψ_b) a -0.7 Mpa (Ψ_b) garantem uma boa taxa fotossintética e uma mobilização dos fotoassimilados para os bagos, favorecendo assim a concentração de açúcares e compostos fenólicos em detrimento do crescimento vegetativo (Carbonneau, 1987; Deloire *et al.*, 2005). A escassez hídrica pode ser favorável ao microclima e à maturação dos cachos devido a uma precoce senescência das folhas basais, no entanto, face a condições climáticas desfavoráveis, uma exposição solar intensa dos mesmos poderá constituir um factor negativo, aumentando os riscos de escaldão. Em suma, a irrigação neste período visa garantir uma completa maturação das uvas através de uma boa taxa fotossintética, assegurando bons níveis de acidez total, concentração em açúcares e compostos fenólicos nos bagos.

Repouso Vegetativo

Em climas mediterrânicos, os quais são caracterizados pela ocorrência de precipitações abundantes após o equinócio do Outono, o conteúdo em água no solo revela-se geralmente satisfatório, garantindo assim um normal funcionamento da videira (Magalhães, 2015). Neste período ocorre a senescência foliar, e as baixas temperaturas estimulam a síntese de ABA nas folhas, promovendo o fenómeno da senescência e abscisão das folhas (Magalhães, 2015). A par desta alteração hormonal dá-se a acumulação de açúcares em zonas vivazes, conferindo-lhes resistência às baixas temperaturas e reforçando a planta para o Inverno, permitindo a esta suportar temperaturas até -15°C em gomos atempados, temperaturas muito abaixo comparativamente com gomos no estado herbáceo, em que o limite mínimo encontra-se nos -2°C (Branas, 1974). Como anteriormente referido, as condições climáticas mediterrânicas garantem usualmente uma boa disponibilidade hídrica do solo, todavia, noutras regiões vitivinícolas, a irrigação da vinha pode ser uma medida cultural recomendável. Nestes casos, a estratégia de rega durante esta fase do ciclo deve assegurar níveis hídricos superiores a -0.4 MPa (Ψ_b), visando desta forma cumprir três objectivos primordiais: recuperar a hidratação da planta, prolongando ao máximo a funcionalidade fotossintética das folhas; promover uma

mobilização dos fotoassimilados, dando-se assim a migração de substâncias minerais e orgânicas das folhas e a acumulação de substâncias de reserva nas zonas vivazes da videira (sarmentos, cordões, tronco e raízes); favorecer a renovação e crescimento outonal radicular, otimizando a assimilabilidade nutritiva (Magalhães, 2015; Freeman e Smart, 1976; Champagnol, 1984; Trujillo, 2007).

2.5. Medições do conteúdo e potencial hídrico no solo

Gravimetria

Excluindo a análise táctil-visual, o método da gravimetria é apontado como sendo o procedimento mais elementar para o cálculo do conteúdo em água no solo. Consiste em realizar a pesagem de uma ou mais amostras de um determinado solo, antes e após um processo de desidratação, numa estufa em laboratório. Na sequência dessas medições calcula-se a diferença de pesos, sendo o valor obtido igual ao total de água presente na amostra. Surgem então os conceitos de humidade gravimétrica θ_g e humidade volumétrica θ_v , sendo que o primeiro expressa o conteúdo em água numa amostra de volume desconhecido e o segundo numa amostra de volume conhecido. É um método que somente calcula a quantidade de água no solo, não nos informando qual a tensão sob a qual a água se encontra retida. Assim sendo, este método não nos fornece indicação do volume de água assimilável pela planta (Magalhães, 2015; Trujillo, 2007).

Potencial de Retenção do Solo

Como anteriormente referido, o conteúdo em água no solo não constitui por si só um parâmetro representativo da disponibilidade hídrica para a planta, ou seja, esta medida não nos indica a força com que a água se encontra retida no solo. Para que ocorra absorção radicular é necessário que a força de extracção das raízes supere a capacidade de retenção do solo. Surge então o conceito denominado potencial hídrico do solo (Ψ_{solo}), representando este a força de retenção da água no solo. O potencial hídrico do solo (Ψ_{solo}) varia inversamente com o volume de água, ou seja, quanto menor o conteúdo em água no solo maior será a sua força de retenção, tornando-se mais difícil para as raízes possuírem capacidade extractiva para retirar a água do mesmo. Em solos não saturados, o potencial hídrico num solo (Ψ_{solo}) constitui uma força resultante da soma de duas outras variáveis: o potencial mátrico (Ψ_m), que traduz as

forças de adesão e coesão na matriz porosa do solo; e o potencial osmótico (Ψ_o), que representa o efeito da salinidade. Os valores registados em solos não saturados serão sempre negativos (energia de sucção), sendo geralmente expressos em kPa ou MPa (Magalhães, 2015; Trujillo, 2007).

O tensiómetro é o instrumento mais amplamente utilizado para o cálculo da disponibilidade hídrica, consistindo numa sonda com introdução a profundidades variáveis (geralmente entre 30cm a mais de 1m), sendo composta na extremidade inferior por uma cápsula cerâmica, porosa e permeável à água e seus solutos, associada a um tubo de plástico, no qual se encontra uma coluna de água sob vácuo. Ao introduzir a sonda no solo, a água absorvida pelo mesmo irá ser retirada do tubo criando um vácuo parcial na coluna líquida, sendo essa tensão correspondente ao grau de retenção de água no solo. Para que haja uma boa representatividade do terreno é aconselhável o uso de 3 a 4 grupos de tensiómetros/ha, sendo cada grupo constituído por uma sonda localizada na zona de maior densidade radicular (30-60cm), e outra em maior profundidade ($\geq 1m$) (Trujillo, 2007).

De entre as principais desvantagens deste instrumento são de destacar: imprecisão na medição quando os potenciais ultrapassam os valores de -85 kPa; ausência de informação acerca do volume de água presente no terreno. Relativamente à primeira desvantagem, esta limitação deve-se ao facto de a pressões mais altas ocorrer a entrada de ar no aparelho desfazendo desta forma o vácuo parcial. Por essa razão é apenas aconselhável o uso deste equipamento em solos de textura mais arenosa, onde os valores geralmente não ultrapassam os -100kPa. A segunda desvantagem mencionada pode ser colmatada recorrendo a: curvas de retenção de água, de acordo com a textura do solo, que relacionam o potencial com o volume de água e/ou associar essa informação com dados sobre a evapotranspiração da cultura (ETc), dando-nos uma ideia sobre a quantidade de água a ser reposta. Em solos de textura média é indicado o início da irrigação assim que sejam ultrapassados os -35 / -50 kPa. McCarthy *et al.* (2004) recomendam a necessidade de rega assim que sejam ultrapassados os -60 kPa, em solos argilosos. Por fim, potenciais hídricos baixos ($> -10kPa$), registados em profundidade, representam riscos acrescidos de drenagem e lixiviação, sendo nestes casos, o tensiómetro, um instrumento importante na detecção destes fenómenos, evitando assim a perda de água e nutrientes (Magalhães, 2015; Trujillo, 2007; Coombe e Dry, 2012).

Segue na Tabela 4, uma estratégia de rega desenvolvida na Austrália tendo como base o potencial hídrico de retenção do solo.

Tabela 4– Valores do potencial hídrico do solo em função dos estados fenológicos (kPa) (Hardie e Martin, 1990).

Estado Fenológico	Estado Hídrico do solo (Ψ_{solo})
Abrolhamento – Floração	Valores próximos dos -30 kPa são recomendáveis, evitando contudo o encharcamento.
Floração – Vingamento	Manter a tensão do solo a -10kPa na zona radicular.
Vingamento – Pintor	Permitir que a tensão da água no solo se incremente até um máximo de -80kPa. Se for necessário regar, não humedecer mais do que 25% da zona radicular, até -10kPa.
Pintor – Maturação	Se for necessário regar, manter a zona radicular em torno de -80 kPa, não ultrapassando os -200 kPa.
Maturação – Queda da folha	Evitar ultrapassar os -200 kPa.
Repouso Vegetativo	Evitar ultrapassar os -200 kPa. Se antes do abrolhamento a tensão na zona radicular for superior a -30 kPa, convém humedecer até -10 kPa, evitando encharcamento.

Resistência Eléctrica

Esta ferramenta de medição assenta no princípio de que a corrente eléctrica num meio poroso apresenta uma relação proporcional ao conteúdo em água e à salinidade existente nesse mesmo meio. Actualmente existem dois tipos de instrumentos: medidores com blocos de gesso e medidores à base de sensores de matriz granular (sondas Watermark®) (Magalhães, 2015; Trujillo, 2007; Coombe e Dry, 2012).

Os blocos de gesso podem ser constituídos somente por esse material, por uma mistura com fibra de vidro, ou à base de *nylon*. Dentro deste bloco estão introduzidos dois eléctrodos com ligação a uma bateria e um leitor de resistência eléctrica. O aparelho analisa a diferença de potencial eléctrico entre os dois eléctrodos e interpreta os resultados através de equações de calibração permitindo assim a determinação da humidade no solo. Apesar do seu baixo custo, este instrumento apresenta algumas desvantagens: baixa precisão em solos mais húmidos (0 a 30 kPa); intervalo de funcionamento limitado até aos 100 kPa; calibração necessária; baixa durabilidade. Apesar de uma menor exactidão dos blocos compostos por fibra de vidro ou nylon, estes apresentam ainda assim uma maior durabilidade comparativamente aos blocos de gesso. Face a estas características podemos apontar que estes instrumentos de medição são recomendáveis em sistemas de rega frequentes e em solos de textura franca ou argilosa.

Embora tenham caído em desuso os blocos ainda se apresentam como instrumentos viáveis quando associados a um tensiómetro, já que cada um cobre níveis de tensão complementares (Magalhães, 2015; Trujillo, 2007; Coombe e Dry, 2012).

As sondas Watermark® são uma adaptação dos blocos de gesso, utilizando materiais alternativos (matriz granular) de maior durabilidade (5 a 7 anos). No interior da sonda os eléctrodos encontram-se separados por uma membrana e o seu exterior é composto por uma malha em aço inoxidável. Permite uma melhor monitorização da humidade do solo ao longo do tempo e apresenta um intervalo de funcionamento mais amplo (10 a 200kPa). As principais desvantagens são: imprecisão em solos mais húmidos (<10kPa); maior atraso de resposta relativamente aos tensiómetros; calibração específica para cada solo. (Trujillo, 2007)

Sonda de Neutrões

É um instrumento de medida indirecta da humidade do solo que permite uma análise bastante exacta do teor de água assim como uma monitorização do balanço hídrico do solo ao longo do tempo. O seu princípio de funcionamento baseia-se numa fonte radioactiva integrada num mecanismo de emissão de neutrões rápidos e recepção de neutrões lentos. A fonte radioactiva ($\text{Am}^{241}/\text{Be}$) ao emitir neutrões rápidos no solo irá provocar com que estes choquem com os átomos de hidrogénio (maioritariamente presentes na água) transformando-os em neutrões lentos. O diferencial entre estes dois tipos de neutrões variará proporcionalmente com a quantidade de água presente no solo. A sonda de neutrões é introduzida no solo através de tubos de acesso previamente instalados, permitindo uma leitura a diferentes profundidades. É dos instrumentos com maior raio de medição (60-70cm em solos secos e 15cm em solos saturados). Embora venha calibrado de fábrica recomenda-se a calibração no solo em questão, particularmente em solos com alto teor em matéria orgânica e/ou alto teor em iões Cl. A sonda de neutrões para além do seu elevado custo, devido à sua natureza radioactiva requer cuidados especiais, sendo que em alguns países são requeridas licenças para a sua utilização. (Magalhães, 2015; Trujillo, 2007; Coombe e Dry, 2012).

Sondas TDR e FDR

Ambas as sondas baseiam-se nas propriedades dieléctricas do solo para medir a humidade volumétrica (θ_v) de um determinado terreno em diferentes profundidades. A constante

dielétrica (ϵ) mede a capacidade de um meio condutor na transmissão de um impulso electromagnético. A humidade presente no solo interfere de forma significativa na constante dieléctrica (ϵ), pelo facto de a água possuir valores mais elevados (ar: $\epsilon \approx 1$; solo: $\epsilon \approx 2-5$; água: $\epsilon \approx 80$), ou seja, pequenas variações no teor em água num solo irão provocar grandes variações na transmissão de um impulso electromagnético. (Trujillo, 2007)

As sondas TDR (*Time Domain Reflectometry*) permitem a medição da constante dieléctrica (ϵ) do solo através do tempo decorrido de um pulso electromagnético. A sonda é constituída por varetas de aço que se introduzem no solo, um osciloscópio gerador de impulsos e um processador de dados. O tempo decorrido entre o envio do pulso pelas varetas e a recepção por uma unidade de controlo irá definir os valores de (ϵ), permitindo assim analisar o teor de água no solo. Apesar do seu elevado custo são bastante precisas (margem de erro: 1-5%), possuem uma boa adaptabilidade a diferentes tipos de solo e níveis de humidade e é desnecessária uma instalação permanente no solo caso sejam feitas medições superficiais. No mercado estão disponíveis diferentes modelos de acordo com o número de varetas por sonda. (Magalhães, 2015; Trujillo, 2007)

As sondas FDR (*Frequency Domain Reflectometry*), também denominadas por sondas capacitivas baseiam-se na capacidade eléctrica de guardar energia sob a forma de um campo eléctrico. São constituídas por dois discos eléctricos entre uma porção de solo, onde é aplicada uma diferença de potencial eléctrico entre eles, sendo que a frequência resultante servirá para medir a constante dieléctrica (ϵ) e por conseguinte a humidade do solo. As sondas são introduzidas num tubo de acesso previamente instalado no terreno, sendo muito importante aquando da instalação evitar o aparecimento de espaços vazios entre a parede do tubo e o solo. Pelo facto de apresentarem um reduzido raio de medição (aproximadamente 7 cm) a sua utilização em vinhas com rega localizada torna-se menos precisa pelo facto de não haver uma uniformização da rega em todo o terreno. Actualmente encontram-se disponíveis no mercado sondas simples (ThetaProbe®, ECH20®, Aquaflex®), sondas multisensor (EnviroScan®, C-probe®, ThetaProbe®), e sondas portáteis (Sentry®, Diviner®) sendo que estas últimas possuem um funcionamento semelhante à sonda de neutrões, podendo a sonda deslizar em profundidade pelo tubo de acesso. As sondas FDR com multisensores a diferentes profundidades permitem: uma monitorização da humidade do solo contínua ao longo do tempo e a diferentes profundidades do solo; análise da evolução do estado hídrico do solo ao longo dos dias; informação da água extraída pelas raízes ao longo da noite; informações sobre a água perdida por drenagem após a rega; averiguar quais os horizontes onde existe maior absorção radicular. (Magalhães, 2015; Trujillo, 2007)

2.6. Medições do estado hídrico da planta

Embora a disponibilidade hídrica no solo seja fundamental para a assimilação de água por parte da videira, este factor não constitui por si só um factor suficiente para garantir um bom estado hídrico da planta. Como anteriormente referido, o balanço hídrico na planta depende integralmente de três sistemas: o solo, a planta e a atmosfera. Dentro de cada sistema existem inúmeras variáveis que irão afectar o estado hídrico da planta, tais como a temperatura, humidade, precipitação, a área foliar, as características dos estomas de cada casta. É o somatório e a interacção de todas estas variáveis que irão definir o conforto hídrico que a videira apresenta num determinado instante. Assim sendo, o método mais eficaz para analisar o nível de stress hídrico passa pela utilização de instrumentos de medição que envolvam a própria planta. De todas as metodologias praticadas a mais empírica consiste na observação visual do comportamento fisiológico da videira ao longo do seu ciclo. Embora sejam difíceis de quantificar, a análise da evolução do coberto vegetal, do aspecto das folhas, do crescimento e actividade dos ápices vegetativos, são exemplos de factores que ainda se constituem essenciais para averiguar o estado hídrico da vinha. É uma análise tão basilar que autores como Smart (1974) e Hardie e Martin (2000) criaram modelos que correlacionaram factores como o ângulo das folhas em relação ao pecíolo, ou o crescimento dos pâmpanos com o stress hídrico da videira. Um dos instrumentos de medição mais utilizados é a câmara de pressão de Scholander, que consiste numa câmara hermética de onde é introduzida uma folha, cujo pecíolo se encontra em contacto com o exterior através de um orifício, localizado na parte superior da câmara. Gradualmente cria-se um aumento da pressão da câmara até ao momento em que a zona de corte do pecíolo começa a exsudar seiva. A pressão registada (em bars ou Mpa) representa o Potencial Hídrico Foliar (Ψ_f) da folha naquele instante. Segundo Deloire *et al.* (2004), quando são ultrapassados os -0.2Mpa a velocidade de crescimento dos pâmpanos é reduzida. Em muitas regiões vitícolas, o início da irrigação é determinado pelo potencial hídrico foliar registado, sendo que em castas tintas se recomenda o início da rega quando o potencial hídrico foliar (Ψ_{12h}) atingir os -1.2Mpa (Trujillo, 2007). Girona *et al.* (2006) para a casta Pinot Noir recomenda valores de $-0.6 < \Psi_{12h} < -0.8$ até Junho e valores de -1.2Mpa (Ψ_{12h}) de Julho até à vindima. Os dados registados ao longo do dia reflectem, invariavelmente, todos os factores ambientais (temperatura, radiação, humidade), pelo que foi criado recentemente o método de medição denominado potencial do sarmento (Ψ_{stem}) (Choné *et al.*, 2001). O objectivo deste método é medir o stress hídrico da videira neutralizando ao máximo as condições climáticas diurnas, assim como diminuir a variabilidade de resultados entre as folhas (Shackel *et al.*, 1997). Para neutralizar ao máximo os factores externos ao longo do dia é

necessário o revestimento das folhas com papel de alumínio, impedindo a transpiração e aproximando assim o nível de stress hídrico das folhas com os pântanos (Silvestre, 2003). A utilização do equipamento IRGA (*Infrared gas analyser*), possibilita a monitorização de diversos factores importantes na fisiologia da videira, tais como: temperatura da folha (T_f), transpiração (E), fixação de CO_2 (A), e a condutância estomática (g_s) (Magalhães, 2015). Ao longo do dia, devido ao aumento da temperatura, a condutância estomática (g_s) vai diminuindo, levando à consequente diminuição da transpiração e da fixação de CO_2 (Magalhães, 2015). Os termómetros de infravermelhos permitem efectuar a cada 25 décimos de segundo um registo da temperatura do coberto vegetal, assim como o registo da temperatura do ar, intensidade da radiação e défice de saturação (Magalhães, 2015). Por fim, de destacar as medições por dendrometria que correlacionam as dilatações e contracções dos troncos da videira com o estado hídrico das mesmas (Trujillo, 2007). Quando se dá a transpiração ao longo do dia dá-se a migração de água extra-celular do tronco para as folhas, levando à redução do diâmetro do tronco; a recuperação do seu volume ocorre geralmente durante a noite, quando a temperatura baixar ou quando o teor de água no solo aumentar (Magalhães, 2015; Trujillo, 2007). O dendrómetro regista sob a forma de um gráfico, com uma precisão de 10 μm , duas variáveis: a máxima contracção diária (MCD), que traduz a diferença entre o diâmetro máximo e mínimo, e a taxa de crescimento (CT), que resulta da diferença entre os dois diâmetros máximos registados em dois dias seguidos (Trujillo, 2007). Tanto os valores de MCD e CT demonstram-se indicadores fiáveis até ao pintor (Intrigliolo *et al.* 2005b; Intrigliolo e Castel, 2006b). Após este período, devido à migração de fotoassimilados para os cachos, os valores de CT e MCD deixam de ser estatisticamente relevantes (Trujillo, 2007).

2.7. Estratégias de rega – Balanço Hídrico, SDI, RDI e PRD

Segundo Santos et. al. (2001), em Portugal Continental, estima-se que haverá um aumento significativo das temperaturas até ao final do século. As previsões apontam para um aumento das temperaturas mínimas em cerca de 4°C, assim como uma maior frequência de dias com temperaturas superiores a 35°C. Este fenómeno é agravado por uma mudança no regime pluviométrico anual com uma diminuição das precipitações anuais, que em algumas regiões do país poderão chegar a atingir os 15%. De acordo com Kenny e Harrison (1992), as alterações climáticas irão ter um impacto significativo na distribuição geográfica das regiões vitivinícolas europeias. A subida de temperatura média anual irá penalizar severamente as regiões vitícolas do Sul da Europa, por se tornarem demasiado quentes para uma boa maturação das uvas. Todas estas alterações irão aumentar a demanda evaporativa da atmosfera, e consequentemente levará a um aumento do consumo hídrico por parte da videira. Face a esta realidade climática, torna-se imperativo que haja uma correcta gestão da rega, induzindo um stress hídrico moderado à videira assim como uma optimização na gestão dos recursos hídricos.

Um programa de rega correctamente elaborado é aquele que adequa a dotação de rega e a frequência ao longo dos estados fenológicos em função da água disponível do solo, da evapotranspiração da cultura e do nível de stress que se pretende impor, ou seja, para uma definição rigorosa das dotações é necessário possuir instrumentação que aceda ao estado hídrico do solo, assim como à evapotranspiração da cultura (ET_c). De não menosprezar também a análise do potencial hídrico foliar (Ψ_f), que nos dá uma informação directa e razoavelmente fidedigna do conforto hídrico da videira ao longo das diversas fases do ciclo vegetativo e reprodutor da videira. A evapotranspiração da videira (ET_c) encontra-se estritamente relacionada com: os diversos factores ambientais (temperatura, humidade relativa, vento e radiação); as características fisiológicas da videira; todas as operações culturais que afectam a dimensão e a arquitectura do coberto vegetal. O total de água consumida ao longo do ciclo da videira não é constante, variando proporcionalmente com a evolução da área foliar (Centeno, 2005). O aumento da área foliar implica um maior consumo hídrico devido à maior quantidade de água perdida por evapotranspiração. Sendo assim, do total de água consumida pela vinha, cerca de 9-14% é consumido do abrolhamento à floração, 28-31% da floração ao pintor e 55 a 63% durante a fase de maturação (Centeno, 2005). Após um pico de consumo hídrico, que se dá quando a sebe atinge o seu desenvolvimento máximo, a videira posteriormente começa a diminuir o seu consumo, em parte devido à diminuição da demanda evaporativa da atmosfera, mas também pela diminuição da área foliar total, fruto do

envelhecimento dos tecidos e consequente senescência foliar (Williams, 2000). McCarthy *et al.* (2002), refere que uma correcta gestão da rega passa por adequar a dotação e frequência de rega de forma a assegurar um equilíbrio entre o desenvolvimento vegetativo e o desenvolvimento reprodutivo.

Com o objectivo de manter esse equilíbrio e simultaneamente otimizar a eficiência do uso da água (WUE), surge então o conceito rega deficitária (*“Deficit Irrigation”* - DI), que se caracteriza pela reposição hídrica ao longo de todo o ciclo de apenas uma fracção fixada rega plena (*“Full Irrigation”* - FI), correspondendo esta última à reposição total da água perdida por transpiração. Ao induzir um stress hídrico moderado, repondo apenas uma fracção da água perdida pela planta, não só irá controlar o seu desenvolvimento vegetativo como irá prevenir eventuais paragens no processo de maturação dos bagos (Coombe e Dry, 2012). Mais tarde o termo *“Deficit Irrigation”*, sofreu uma generalização, englobando presentemente todas as estratégias de rega cujas dotações, ao longo de todo ciclo ou em parte dele, não sejam suficientes para satisfazer na sua plenitude as necessidades hídricas da videira. O termo (*“Sustained Deficit Irrigation”* - SDI), refere-se à aplicação de uma taxa fixa, de acordo com a evapotranspiração da cultura (ET_c) ao longo de todo o ciclo vegetativo. Seguindo esta estratégia de rega, a aplicação de dotações reduzidas aliada à progressiva dessecação do solo promove um aumento gradual do stress hídrico ao longo do ciclo vegetativo, levando a uma progressiva adaptação da videira (Fereris e Soriano, 2007). Para o cálculo da evapotranspiração da cultura (ET_c) é geralmente utilizado o modelo *“Two Step”*, no qual, em primeiro lugar, se faz uma estimacção da Evapotranspiração de Referência (ET_0), que representa as condições ambientais através da evapotranspiração de uma cultura padrão (relva) e o cálculo a partir das medições meteorológicas da temperatura, vento, radiação e humidade relativa, seguido do seu ajustamento através de um factor cultural empírico, específico de cada cultura, denominado Coeficiente Cultural (K_c). De acordo com o estado fenológico, do tipo de cobertura do solo e das condições meteorológicas, os valores do Coeficiente Cultural (K_c) podem variar de 0.25 a 0.9 (Doorenbos e Pruitt, 1977), tendo-se também demonstrado correlações significativas entre os valores de K_c e a área foliar (Williams *et al.*, 2003b) assim como a intercepção da radiação solar (Ayars *et al.*, 2003). Com os dados do K_c já empiricamente estabelecidos, através da seguinte expressao é possível determinar a evapotranspiração da cultura (ET_c):

$$ET_c = K_c ET_0$$

A rega deficitária controlada (*“Regulated Deficit Irrigation”* – RDI) é especialmente recomendada em regiões vitícolas com uma elevada demanda evaporativa da atmosfera, reduzida precipitação e limitada capacidade de armazenamento de água no solo (Keller, 2005). Caracteriza-se pela imposição estratégica de um stress hídrico na videira com intensidades variáveis de acordo com as diferentes fases do ciclo (Bravdo *et al.*, 1997; Dry *et al.*, 2001). Como anteriormente referido, o consumo hídrico da videira não se apresenta constante ao longo do ciclo, pelo que utilizando a rega RDI é possível adequar as dotações e frequências de rega às necessidades específicas de cada estado fenológico, permitindo assim manipular o comportamento fisiológico da planta de acordo com os objectivos pretendidos. A possibilidade de manutenção de uma boa alimentação hídrica da videira conjugada com condições de stress moderado em períodos críticos do seu ciclo, fornece ao viticultor ferramentas importantes para a melhoria da qualidade das uvas. Podemos destacar duas estratégias utilizadas no âmbito da rega RDI: submeter a videira a um período de stress pós-vingamento ou induzir um stress hídrico após o pintor. A primeira estratégia, pelo facto de neste período se dar início à multiplicação celular das células do pericarpo (Considine e Knox, 1981; Jona e Botta, 1988; Ojeda *et al.*, 1999; Coombe e McCarthy, 2000), previne um aumento excessivo do tamanho do bago, assim como um aumento excessivo do desenvolvimento vegetativo (Dry *et al.*, 2001). A segunda estratégia visa o favorecimento da acumulação de antocianinas, possivelmente devido à melhoria do microclima da sebe. Podemos portanto referir que se trata de uma estratégia de rega que visa não só o controlo do diâmetro do bago como o controlo da expressão vegetativa, criando um microclima favorável à maturação dos cachos fruto da diminuição da humidade relativa dentro do bardo e do aumento da exposição solar dos mesmos (Ginestar *et al.*, 1998a e 1998b; Goodwin e Macrae, 1990). O controlo da dimensão do bago possibilita uma melhoria da qualidade do vinho, fruto do aumento da relação película / polpa, um aspecto fundamental, visto que grande parte dos compostos orgânicos que conferem qualidade organoléptica ao vinho se encontram na película (Esteban *et al.*, 2001). Foram realizados estudos em outras culturas que demonstraram não só um aumento do rendimento como uma melhor eficiência do uso da água (Chalmers *et al.*, 1981). Num ensaio conduzido por Dry *et al.* (2001), na região de Riverland (Austrália), demonstrou-se que o sistema RDI, pela diminuição do volume do bago e do seu peso, reflecte-se numa diminuição do rendimento final (t/ha). Por outro lado, essa diminuição da produtividade é acompanhada por melhorias significativas na qualidade do mosto, como por exemplo: antecipação da data de vindima e aumento da acidez total (g/l).

Tabela 5 - Efeito do RDI sobre o rendimento, data de vindima e composição do mosto para a casta Cabernet Sauvignon (Dry *et al.*, 2001).

	Controlo	RDI
Rendimento (t/ha)	12,2	11,8
Data de vindima	1 de Abril	18 de Março
Grau Brix	13,3	13,7
Acidez total (g/l)	5,4	6,6
pH (mosto)	3,83	3,64

Tabela 6 - Efeito do RDI sobre o rendimento, açúcar e medidas espectrais para a casta Syrah (Dry *et al.*, 2001).

	Controlo	RDI
Rendimento (t/ha)	36,7	22,3
Grau Brix	23,6	26,4
DO 280 (vinho)	9,8	17,2
DO 520 (vinho)	1,9	4,6

A (“*PartialRootzoneDrying*” – PRD) é uma estratégia de rega, desenvolvida na Austrália, que visa não só uma redução do vigor da videira (Dry *et al.*, 1996), como uma melhoria da eficiência intrínseca do uso da água (WUE), mantendo ainda assim níveis de rendimento e uma qualidade de colheita semelhantes às estratégias de rega convencionais (Dry e Loveys, 1998; Loveys *et al.*, 1998, 2000; Dry *et al.*, 2000a, 2001). Consiste numa estratégia que permite simultaneamente convergir as vantagens de uma cultura de regadio com uma cultura de sequeiro, permitindo que numa mesma videira ocorram processos fisiológicos benéficos, característicos de cada cultura (regadio e sequeiro) que irão por sua vez melhorar a qualidade da colheita. Na prática o princípio do PRD consiste na indução de stress hídrico numa parte da zona radicular enquanto a outra se encontra humedecida pela rega. Após um período de tempo (entre 5 a 14 dias), determinado pelas características do solo e das condições meteorológicas (Kriedemann e Goodwin, 2003), dá-se uma alternância, garantindo que a zona sem rega seja irrigada e a zona radicular com irrigação seja submetida a um stress hídrico moderado (Stollet *al.*, 2000a). Para que ocorra uma diferenciação na humidade do solo ao nível radicular, a técnica de PRD requer a instalação de dois tubos opostos ao longo da linha e distanciados cerca de 45 cm do tronco das videiras, sendo que cada planta dispõe de dois gotejadores que irão efectuar as regas alternadamente (Magalhães, 2015). A zona radicular que se encontra sobre stress hídrico irá produzir sinais químicos que por sua vez irão ser transportados via xilema para a parte aérea da planta, influenciando desta forma o crescimento vegetativo e a condutância estomática da mesma (Dodd *et al.*, 1996; Dry *et al.*, 1996). A PRD baseia-se no princípio de que a concentração de ácido abscísico (ABA),

desempenha um papel importante na condutância estomática, e por conseguinte na água perdida pelo aumento da evapotranspiração (ET_c) (Loveys, 1984b). A parte radicular submetida ao stress hídrico irá produzir sinais químicos para as folhas, que se traduzem pelo aumento da concentração em ABA, uma subida do pH xilémico (Davies e Zhang, 1991; Dry *et al.*, 1996; Dry e Loveys, 1999; Stoll *et al.*, 2000), assim como uma diminuição na concentração de citocininas (Stoll *et al.*, 2000; Davies *et al.*, 2005). Desta forma, a videira, através da resposta fisiológica das raízes em zona de dessecação, reduz significativamente a sua condutância estomática, diminuindo assim a sua taxa fotossintética e as perdas de água por evapotranspiração (ET_c), ao mesmo tempo que a zona humedecida do solo garante a água necessária para um funcionamento fisiológico adequado da planta. Segundo alguns estudos esta técnica de irrigação permite uma redução do consumo hídrico em cerca de 50%, comparativamente com as técnicas de irrigação convencionais (Loveys *et al.*, 1997, 1998; Dry *et al.*, 2000a, 2001; Stoll *et al.*, 2000b; dos Santos *et al.*, 2003; Kriedemann e Goodwin, 2003; du Toit *et al.*, 2003), sem que haja uma alteração significativa no rendimento (Dry *et al.*, 2001). A redução considerável do vigor vegetativo leva a uma melhoria do microclima da videira, favorecendo a exposição dos cachos à radiação solar (Loveys *et al.*, 2000). Na sequência da melhoria do microclima térmico e luminoso na zona de frutificação, verifica-se um incremento da qualidade da colheita com especial ênfase na concentração de antocianinas e compostos fenólicos (Crippen e Morrison, 1986, Smart *et al.*, 1988, Dokoozlian e Kliewer, 1996; Keller e Hrazdina, 1998, Spayd *et al.*, 2002). Segundo Dry *et al.* (2001), para além dos efeitos benéficos anteriormente mencionados, não se evidenciam perdas de rendimento quando comparada a rega PRD com a rega convencional, enquanto a acidez aumenta significativamente e o teor em açúcares se mantém constante (Tabela 7). Também se tem verificado que esta técnica estimula o crescimento radicular, com especial ênfase nos horizontes mais profundos do solo (Dry *et al.*, 2000b). Em solos profundos e de textura pesada é difícil obter uma separação nítida entre as duas zonas radiculares, pelo que esta técnica pode-se mostrar menos eficaz sob essas condições (Intrigliolo e Castel, 2009).

Tabela 7 - Composição dos bagos de Cabernet Sauvignon, em resposta ao PRD (Dry *et al.*, 2001).

	Controlo	PRD
PAR na zona dos cachos ($\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$)	119	318*
Peso / Bago (g)	0,76	0,76
Grau Brix	22,8	22,9
Acidez total (g/l)	5,8	8,4**
pH	3,44	3,25**
Antocianinas totais (mg/bago)	0,89	1,28**

* Diferenças significativas para $p < 0,05$; ** Diferenças significativas para $p < 0,01$

3. Material e Métodos

Neste capítulo iremos abordar as características do ensaio experimental, assim como descrever as metodologias utilizadas para a elaboração deste trabalho.

3.1. Caracterização do Ensaio

3.1.1. Localização da parcela

Localizada na Região Demarcada do Douro, na sub-região do Douro Superior, em Castelo Melhor, concelho de Vila Nova de Foz Côa, a Quinta da Cabreira apresenta actualmente 150 hectares, dos quais 110 são ocupados com vinhas novas e 4 hectares com vinhas velhas. Com uma exposição maioritariamente voltada a Norte, as vinhas desta propriedade foram instaladas em altitudes que variam entre os 130 e 450 metros, potencializando a obtenção de vinhos com características distintas. As altas temperaturas, aliadas à reduzida precipitação anual, tornaram imperativa a instalação de um sistema de rega gota-a-gota, assim como a instalação de uma estação meteorológica e sondas que monitorizam frequentemente a humidade do solo. As 109 parcelas existentes foram instaladas maioritariamente em patamares, face ao declive acentuado que se evidencia nesta propriedade.



Figura 2 - Perspectiva da encosta voltada a Norte da Quinta da Cabreira (Craсто, 2016).

A Quinta da Cabreira foi adquirida pela Quinta do Crasto, S.A, na sequência de uma política de crescimento desta empresa, visando a produção de vinhos de carácter internacional, não perdendo simultaneamente as características únicas da região do Douro Superior. As primeiras vinhas novas a serem instaladas datam do ano de 2004, sendo que presentemente a Quinta da Cabreira apresenta uma grande variedade de castas, entre as quais: Rabigato, Viosinho e Verdelho, nas castas brancas, e Touriga Nacional, Tinta Roriz, Touriga Franca, Sousão, Tinta Barroca, Tinta Francisca, Syrah e Alicante Bouschet nas castas tintas (Crasto, 2016).

O ensaio descrito nesta dissertação foi realizado com a colaboração da Quinta do Crasto, S.A., e a Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, visando sobretudo uma optimização do sistema de rega já instalado, sistematizando as dotações e frequência de rega ideais para as condições edafoclimáticas presentes na Quinta da Cabreira. Para tal foram testadas diferentes modalidades de rega deficitária, tendo sido analisados os comportamentos fisiológicos da videira, assim como os efeitos provocados no rendimento e qualidade de colheita. A casta Touriga Nacional, devido à sua importância nesta região do Douro e no panorama vitivinícola português, foi a casta eleita para este ensaio.



Figura 3 - Vista aérea da Quinta da Cabreira com localização do ensaio experimental (41°03'54.2"N 7°04'00.8"W).
Fonte: Google Maps



Figura 4 - Vista aérea da localização do ensaio experimental. Fonte: Google Maps

Os trabalhos decorreram no ano de produção 2015/2016 e tiveram início no mês de Maio, tendo-se prolongado até ao mês de Setembro. Em anos anteriores, foram realizados ensaios experimentais semelhantes aos realizados neste ano, pelo que para a escolha da localização do ensaio experimental foi utilizada a mesma parcela. Assim, não só iria facilitar a montagem do ensaio, como a realização do ensaio na mesma localização iria permitir uma comparação mais fidedigna dos resultados com os dados obtidos em anos anteriores. O facto de em anos transactos terem sido evidenciadas diferenças de vigor entre as modalidades, pode ter influência na acumulação de substâncias de reserva, e por conseguinte, afectar o desenvolvimento vegetativo nos anos seguintes. Seguindo este princípio, é expectável um aumento das diferenças no comportamento fisiológico da videira de ano para ano. Além disso, a localização escolhida não só se apresenta homogénea como a sua dimensão suporta uma amostragem suficiente para uma comparação fidedigna entre as modalidades de rega.



Figura 5 - Patamar do ensaio experimental. Quinta da Cabreira, 2016.

3.1.2. Delineamento Experimental

A casta Touriga Nacional presente na parcela do ensaio experimental encontra-se disposta num sistema de patamares de dois bardos e possui um compasso de 2,2 metros na entrelinha por 1 metro na linha, sendo que se encontra na sua totalidade enxertada com o porta-enxerto 110R, conduzida em monoplano vertical ascendente (VSP) com um cordão unilateral e seguindo um sistema de poda em cordão Royat. A parcela encontra-se virada a Noroeste, com a linha de plantação disposta no sentido Nordeste-Sudoeste.

Durante o ensaio foram analisados os diferentes comportamentos fisiológicos de quatro modalidades de rega, sendo elas:

1. R_0 - Modalidade testemunha não regada
2. R_{25} - Rega com reposição de 25% da Evapotranspiração Cultural (ET_c)
3. R_{50} - Rega com reposição de 50% da Evapotranspiração Cultural (ET_c)
4. R_{75} - Rega com reposição de 75% da Evapotranspiração Cultural (ET_c)

Para o ensaio foram seleccionados três blocos (Bloco1; Bloco2; Bloco3), e utilizados os dois bardos – interior e exterior, sendo que em cada bloco foram dispostas as quatro modalidades de rega ($R_0;R_{25};R_{50};R_{75}$) (Figura 6). Cada bloco é composto por um patamar, à excepção do Bloco 3, que devido ao reduzido comprimento foi dividido em dois. Por forma a assegurar a não interacção entre os blocos, e conseqüentemente entre as modalidades, foram deixados patamares de intervalo entre os blocos.

Como anteriormente referido, dentro de cada bloco encontram-se dispostas as quatro modalidades de rega deficitária ($R_0;R_{25};R_{50};R_{75}$). As modalidades foram dispostas aleatoriamente em cada bloco. A fim de evitar a interacção entre as modalidades as 5 videiras presentes nas extremidades de cada modalidade foram descartadas e consideradas videiras de “guarda”. Em cada bardo foram posteriormente seleccionadas e identificadas com fitas 10 videiras a serem estudadas. As videiras escolhidas foram cuidadosamente seleccionadas seguindo critérios de homogeneidade em parâmetros como: vigor, expressão vegetativa, fitossanidade, carga deixada à poda e número de olhos abrolhados, assegurando desta forma a obtenção de resultados homogéneos e representativos das modalidades em questão. Posteriormente procedeu-se à marcação das mesmas recorrendo ao uso de cordões coloridos (Figura 9). Sendo assim, o total da amostragem corresponde a 240 videiras (10 videiras x 2 bardos x 4 modalidades x 3 blocos).

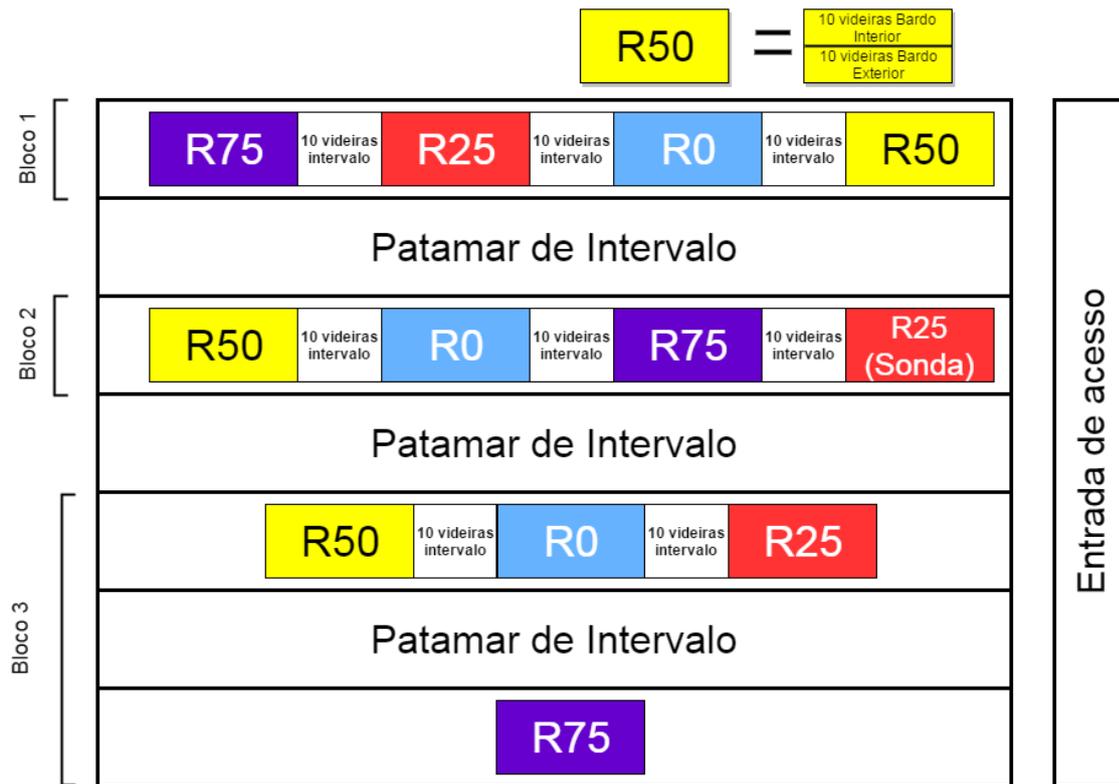


Figura 6 - Representação esquemática do delineamento experimental.

No esquema representado pela Figura 6, está assinalado o local onde se encontra instalada uma sonda que recolhe dados sobre a humidade do solo. Consiste numa sonda FDR (*FrequencyDomainReflectometry*), do modelo EnviroSCAN® 150, que permite uma monitorização frequente, fornecendo informação sobre a situação hídrica na zona radicular e sobre o consumo da água disponível existente no solo (Figura 8). Os dados são recolhidos com uma frequência de 15 minutos e são actualizados por GPRS a cada 2 horas, sendo a sonda e a unidade de comunicação alimentadas por um painel solar (Aquagri, n.d.). Constituída por quatro sensores localizados a profundidades diferentes - 20, 40, 60 e 80 cm, fornece informações do estado hídrico do solo ao longo dos diferentes horizontes. Embora a sonda EnviroSCAN® 150 seja uma ferramenta importante nas tomadas de decisão em relação à altura certa para regar, no nosso estudo, os indicadores fornecidos pela mesma apenas tiveram um cariz informativo acessório, não tendo influência



Figura 7 - Unidade de comunicação que trata dos dados recebidos pela sonda. Quinta da Cabreira, 2016.

nas decisões sobre as dotações e as frequências de rega aplicadas. Por outro lado, a estação meteorológica instalada na Quinta da Cabreira, devido ao facto de fornecer informações sobre a evapotranspiração de referência (ET_0), foi fundamental para a determinação das dotações de rega.



Figura 8 - Sonda EnviroSCAN® 150 para monitorização da humidade do solo. Quinta da Cabreira, 2016.



Figura 9 - Marcadores das videiras pertencentes ao ensaio experimental. Quinta da Cabreira, 2016.

3.1.3. Características edafoclimáticas

Os solos da Região Demarcada do Douro (RDD), pertencem à formação geológica do complexo xisto-grauváquico ante-ordovício, com algumas inclusões de formações geológicas de natureza granítica (IVDP, 2010). A maioria da área de vinha desta região encontra-se assente sobre solos denominados antrossolos. Este tipo de solo é originado pela acção do Homem durante os trabalhos de arroteamento e terraceamento que antecede a plantação da vinha. As mobilizações profundas durante a instalação da vinha provocam uma degradação da rocha e consequente aprofundamento do perfil, originando um solo composto por um só horizonte antrópico (Ap), definido pela profundidade de surriba (1,00 a 1,30 m), que por sua vez se subdivide em duas camadas, a primeira, de 25 cm, definida pelas mobilizações anuais, e a segunda que se prolonga até à rocha (R) (IVDP, 2010). São solos de textura franco-arenosa fina e franco-limosa que geralmente apresentam baixos teores em matéria orgânica (1,5%), cálcio e magnésio de troca, assim como baixos a muito baixos valores em fósforo extraível (<50mg.kg-1)(IVDP, 2010). Os níveis de pH na região do Douro Superior rondam frequentemente a neutralidade (Magalhães, 2015). A presença de elementos grosseiros tanto à superfície como em profundidade confere uma boa protecção contra a erosão hídrica, assim como uma boa permeabilidade à expansão radicular e à infiltração de água no solo. A forte absorção de radiação do solo leva a uma diminuição da amplitude térmica diurna, factor esse que se traduz em consequências benéficas na maturação dos bagos (IVDP, 2010).

A bacia hidrográfica do Douro, fruto da influência das serras do Marão e Montemuro como barreira às precipitações provenientes do Atlântico, tornaram esta região sob um perfil climático Mediterrânico, sendo este caracterizado por uma forte insolação total, temperatura e evapotranspiração potencial, assim como uma grande variação interanual das precipitações.

Magalhães *et al.* (1995) fizeram uma caracterização climática das regiões vitícolas de Portugal Continental, assente numa série de índices climáticos que definem a potencialidade de cada região ao nível do seu macroclima, entre os quais: Índice Térmico Eficaz (ΣTa), Índice de Huglin (IH), precipitação anual e durante o período de maturação (Agosto a Setembro)(R), e por último o cálculo do índice hídrico (Ihi), que correlaciona a eficiência térmica na estação mais quente com o balanço hídrico, expresso em percentagem da ETP anual (evapotranspiração potencial). A junção de todos estes dados serve de base para a classificação climática de Thornthwaite e Mather (1955).

Tabela 8 - Caracterização climática da região Duriense, por índices bioclimáticos (Magalhães *et al.*, 1995).

Indicações geográficas (Est.climatológicas)	ΣTa	Índice de Huglin	R anual (mm)	R (Ago.-Set.) (mm)	Índice Hídrico (Ihi) (%)
Vila Real	1.422	2.042	1.130	66	67
Régua	1.776	2.499	949	54	35
Pinhão	1.926	2.651	672	47	0
Pocinho	2.241	3.012	407	35	-24

Os dados da Tabela 8, foram extraídos dos fascículos I, II, III e IV de *Clima de Portugal*, editado pelo Serviço Meteorológico Nacional, referentes ao período de 1951-1980. A região do Pocinho, localizada na sub-região do Douro Superior, é a que melhor descreve as características edafoclimáticas da Quinta da Cabreira, devido à sua proximidade geográfica a Vila Nova de Foz Côa, onde se encontra o nosso ensaio. A temperatura acumulada desta região do Douro Superior ronda os 2200°C, com um Índice de Huglin (IH) a exceder as necessidades heliotérmicas, correspondente à classe H₆, descrita como “Muito quente”. O Índice Hídrico (Ihi) situa-se nos -24%, muito fruto da escassa precipitação anual (407mm), que para além de ser reduzida sofre uma grande variabilidade interanual, com os meses de verão (Agosto a Setembro) apenas a registarem valores que rondam os 35 mm. O resultado de todos estes índices traduz-se numa classificação de Thornthwaite de DB’3 sa’, descrita como: “Semi-árido, mesotérmico, com moderado excesso de água no Inverno e nula ou pequena concentração de eficiência térmica na estação quente”.

3.1.4. Material Vegetativo

3.1.4.1. Casta Touriga Nacional

Considerada como a “Casta *pedigree* de Portugal”, de todas as castas cultivadas no Douro é sem dúvida a mais referida pelos exportadores (Mayson, 1999). É uma casta de origem muito antiga no Dão e no Douro, sendo também conhecida como Tourigo, Preto Mortágua ou Touriga Fina (Magalhães, 2008). Apesar da sua importância em Portugal, apenas representa dois por cento da área de vinha do Douro (Mayson, 1999).

Fazendo uma análise ampelográfica desta casta são de salientar algumas características que a distinguem como: folha pequena, seio peculiar em forma de “V” pouco aberto. Cachos pequenos (100 a 150g) e por vezes compactos (dependendo das condições para desavinho), com bagos de cor negro-azulado de reduzida dimensão e com espessura de película medianamente grossa (Magalhães, 2008).

A Touriga Nacional é vista como uma casta de grande potencial enológico, mas levanta sérios problemas no que toca à sua gestão agronómica (Mayson, 1999). Destaca-se relativamente a outras castas pela sua eficiência fotossintética a altas temperaturas. Enquanto que em muitas castas o nível óptimo de eficiência fotossintética se encontra em intervalos de temperatura entre os 20°C e os 35°C, a temperatura óptima da casta Touriga Nacional encontra-se nos 45°C (Queiroz, 2002). Apesar da sua excelente adaptação a climas de temperaturas elevadas e de conseguir resistir a situações de stress hídrico elevado, mantendo ainda assim uma boa actividade fotossintética, requer um acompanhamento especial

por parte do viticultor, devido a outras desvantagens que a tornam mais difícil de gerir. De entre essas desvantagens são de destacar o seu excessivo vigor, principalmente em solos de elevada fertilidade e humidade (Magalhães, 2008). Ainda que progressos significativos na área do seu melhoramento genético tenham sido feitos, ainda apresenta tendência para desavinho, principalmente sendo instalada em solos com as condições anteriormente



Figura 10 - Análise ampelográfica foliar da casta Touriga Nacional; Fonte: Caracterização de Castas Cultivadas na Região Vitivinícola de Trás-os-Montes, (DRAPN, 2007).



Figura 11 - Análise ampelográfica do cacho da casta Touriga Nacional; Fonte: Caracterização de Castas Cultivadas na Região Vitivinícola de Trás-os-Montes, (DRAPN, 2007).

mencionadas (Magalhães, 2008). Para além do desavinho, apresenta sensibilidade para a ocorrência de bagoinha e muita sensibilidade à escoriose (Magalhães, 2008).

Registos relativos à produtividade desta casta em finais da década de 70 apontam para uns meros 500g a 800g por cepa, mas seguindo o programa de selecção de clones a sua produção subiu para valores de 1kg a 1,5kg/cepa, ainda assim muito abaixo de castas como a Touriga Franca que produz 2,5kg/cepa (Mayson, 1999). Como causas principais à sua baixa produtividade podemos apontar não só a sua sensibilidade ao desavinho como também uma baixa compacidade e reduzido tamanho e peso do cacho (80 a 120g), aliado também ao facto de possuir um bago igualmente pequeno (1 a 1,5g), sendo que esta última característica permite uma elevada concentração polifenólica e aromática (Magalhães, 2003).

Analisando o Índice de Ravaz obtido por Queiroz (2002), que traduz o equilíbrio entre o ciclo vegetativo e reprodutor, podemos aferir que valores de 0,2 para a Touriga Nacional encontra-se bem abaixo dos valores de referência de 5-10, propostos por Smart & Robinson demonstrando um forte desequilíbrio entre o ciclo reprodutor e vegetativo. Embora sendo das castas menos produtivas, é contudo a que apresenta maiores índices de fertilidade, chegando em muitos casos a apresentar 3 cachos por pâmpano (Magalhães, 2008). A sua fertilidade nos gomos mantém-se elevada a todos os níveis da vara e/ou do talão (Magalhães, 2003). Como forma de atenuar o seu vigor excessivo é recomendável a utilização de porta-enxertos de baixo vigor (Magalhães, 2003). O seu ciclo vegetativo longo também pode acarretar problemas de atraso de maturação, daí em alguns casos ser interessante proceder à empa horizontalizando as varas e providenciar uma boa distribuição dos lançamentos (Magalhães, 2003). A completa maturação fenólica só acontece no final da fase de maturação e tendo em conta o longo ciclo de maturação da Touriga Nacional são recomendáveis medidas que vão impedir o atraso na maturação como: plantação em solos de fertilidade média, utilização de porta-enxertos de baixo vigor, boa exposição solar assim como as operações anteriormente mencionadas de empa e boa distribuição dos sarmentos (Magalhães, 2003).

Controlando o vigor desta casta, a Touriga Nacional consegue ser das castas mais precoces do Douro, simultaneamente também produzindo maiores níveis de álcool provável, assim como apresentando um bom equilíbrio entre álcool e acidez total (Guerra e Abade, 2008). Também é possível constatar que a Touriga Nacional apresenta altos níveis de intensidade de cor e de antocianinas (Guerra e Abade, 2008).

A presença de bagos com película grossa confere a esta casta uma grande potencialidade para a produção de vinhos com mais cor, concentração e estrutura forte de taninos (Mayson, 1999).

Características como aroma rico, elegância e final distinto, fornece potencialidade para sozinha produzir vinhos de elevada qualidade (Martins, 2000). Face a estas qualidades enológicas seria de esperar que fosse uma casta amplamente utilizada, no entanto, como anteriormente referido, esta apenas representa 2% da área de vinha do Douro (Mayson, 1999).

3.1.4.2. Porta-Enxerto – 110Richter

Como anteriormente referido, as videiras do nosso ensaio encontram-se na sua totalidade enxertadas com o porta-enxerto 110R.

Pertencente à série Richter e resultado do cruzamento entre *Vitis Rupestris* x *Vitis Berlandieri*, o porta-enxerto 110R caracteriza-se pelo seu vigor e adaptabilidade a solos pedregosos e de baixa fertilidade. Em solos com excessiva humidade e/ou boa fertilidade, especialmente em castas mais sensíveis, potenciam a ocorrência de atrasos de maturação e desavinho. O 110R é um porta-enxerto que tem demonstrado uma boa produtividade sem que tal se reflecta numa diminuição qualitativa dos mostos. Em algumas situações o enraizamento é afectado devido a um atempamento deficiente (Infovini, n.d.). Não é exigente em potássio ou magnésio, embora seja moderadamente susceptível a nematodes galícolas (género *Meloidogyne*). Apresenta susceptibilidade a solos salgados e resistência moderada ao calcário activo (17%) (Magalhães, 2015).

3.1.5. Operações culturais

Ao longo deste ano produtivo foram realizadas diversas operações culturais, entre as quais destacamos:

Tabela 9 - Esquematização cronológica das operações culturais realizadas no ensaio no ano de produção 2015/2016.

Data	Operações Culturais
Dezembro	Pré-poda e poda
Janeiro	Trituração da lenha de poda
Fevereiro	Aplicação de herbicidas na linha e nos taludes
Março	1º Tratamento à escoriose
Abril	2º Tratamento à escoriose
	Tratamentos anti-míldio e anti-óidio
	Despampa Condução da vegetação
Maió	Tratamentos anti-míldio e anti-óidio
	Condução da vegetação
	Corte de infestantes na entrelinha com recurso e capinadeira de correntes
Junho	Tratamentos anti-míldio e anti-óidio
	Desponta
Julho	Tratamentos anti-míldio e anti-óidio
	Desponta
	Rega das vinhas
Agosto	Corte de infestantes na entrelinha com recurso a capinadeira de correntes
	Rega das vinhas
	Vindima

3.1.6. Rega

Como anteriormente referido, as condições edafoclimáticas da região tornaram imperativa a instalação de um sistema de rega.

A vinha encontra-se quase na sua totalidade abastecida por um sistema de rega gota-a-gota, visto ser o método mais utilizado na região devido às vantagens que lhe são reconhecidas, entre as quais destacamos: controlo automatizado das dotações e frequências de rega; reduzidos custos energéticos comparativamente com outros sistemas de rega; método otimizado para fertirrigação; um humedecimento localizado e próximo da videira sob a forma de bolbos contíguos que se traduz numa uniformidade do desenvolvimento vegetativo.

O sistema de rega da Quinta da Cabreira é composto por depósitos de água provenientes do rio Douro, estrategicamente localizados, utilizados para abastecer as 109 parcelas existentes na propriedade. A Quinta possui uma casa de máquinas onde se faz a gestão das dotações e frequências de rega pelas parcelas. Dentro de cada parcela de vinha o sistema é composto por tubos de rega de 16 e 20 mm dispostos ao longo das linhas. Os gotejadores, possuem um débito de 2 litros/hora, e encontram-se distanciados com 1 metro de distância, acompanhando assim o espaçamento entre as videiras na linha. De acordo com as condições climatéricas, as castas de cada parcela, as condições do solo e os objectivos da exploração a gestão da rega vai sofrendo alterações, no entanto, podemos considerar que geralmente a rega é feita com uma frequência semanal e durante um período de 8h consecutivas, ou seja, cada videira é abastecida com 16 litros semanalmente. De salientar que a rega é sempre realizada durante a noite, diminuindo desta forma as perdas por evaporação e optimizando a eficiência do uso da água.

No nosso ensaio, excluindo as videiras pertencentes à modalidade sem rega (R_0), foram instalados gotejadores de débitos diferentes, permitindo na mesma linha de plantação obter dotações distintas, de acordo com as modalidades em questão. Desta forma instalaram-se nas modalidades R_{25} e a R_{50} gotejadores de 2 litros/hora e 4 litros/hora, respectivamente, e na R_{75} dois gotejadores por cepa, de 2 litros/hora e 4 litros/hora, fornecendo a esta última modalidade 6 litros / hora em cada videira.

O início da rega foi estipulado com base nos objectivos da empresa, assim como nos dados obtidos da análise do Potencial Hídrico Foliar de Base (Ψ_b) e nos dados da sonda. Seguindo estes critérios decidiu-se realizar a primeira rega na noite de 20 para 21 de Julho. Após o início da rega as seguintes ocorreram com uma frequência quinzenal, à excepção da penúltima, que devido a uma avaria no grupo gerador foi adiada para o dia seguinte (19 de Agosto). Segue na Tabela 10 as datas das regas e os respectivos tempos de rega:

Tabela 10 - Registo da data e duração das regas.

Data	Duração da rega
20 a 21 de Julho	8h1min
3 a 4 de Agosto	8h59min
18 a 19 de Agosto	8h53min
31 de Agosto a 1 de Setembro	6h20min

3.2. Metodologia

3.2.1. Abrolhamento e Fertilidade

O abrolhamento e a fertilidade são dados que devem ser recolhidos, pois estes permitem não só uma previsão do rendimento como nos fornecem adicionalmente informações sobre o vigor e o equilíbrio entre a parte vegetativa e reprodutiva da videira, assim como o vigor e a carga deixada à poda.

Os dados foram recolhidos no dia 19 de Maio de 2016, e analisaram-se os seguintes dados por videira: carga deixada à poda, número de olhos abrolhados e número de inflorescências. Em cada bloco foram analisadas 20 videiras por modalidade (10 videiras no bardo exterior + 10 videiras no bardo interior), correspondendo no total a 60 videiras por modalidade. Com base nestes dados foi possível calcular a Taxa de Abrolhamento (TA) e o Índice de Fertilidade Potencial (IFp).

A Taxa de Abrolhamento (TA) relaciona a carga deixada à poda com o número de olhos abrolhados:

$$\text{Taxa de Abrolhamento (TA)} = \frac{\text{Número de olhos abrolhados}}{\text{Número de olhos deixados à poda}}$$

O Índice de Fertilidade Potencial (IFp) é determinado pela relação entre o número de olhos abrolhados e o número de inflorescências, resultando no número de inflorescências por pânpano:

$$\text{Índice de Fertilidade Potencial (IFp)} = \frac{\text{Número de Inflorescências}}{\text{Número de olhos abrolhados}}$$

Para além das vantagens supramencionadas a recolha destes dados permitiu descartar possíveis videiras que não mostrassem ser representativas das modalidades em questão.

3.2.2. Caracterização do coberto vegetal

Para a caracterização do coberto vegetal foram analisadas a área foliar por videira, assim como a porosidade do coberto e o número de camadas de folhas.

3.2.2.1. Área Foliar

A medição da área foliar consiste numa metodologia bastante trabalhosa, pelo que para este ensaio foram seleccionadas apenas duas videiras por modalidade (bardo interior e exterior).

Seguindo a metodologia proposta por Lopes e Pinto (2005) registámos a área foliar das folhas principais e das netas. Este método requer a selecção de um pâmpano frutífero que seja representativo do vigor da videira que tenha surgido de um gomo deixado à poda, no qual são realizadas as seguintes medições:

1. Número de folhas principais (NFP);
2. Medição da nervura lateral direita e esquerda (L2D e L2E) da folha maior;
3. Medição da nervura lateral direita e esquerda (L2d e L2e) da folha menor;
4. Número de folhas das netas (NFN);
5. Medição da nervura lateral direita e esquerda (L2D e L2E) da folha maior das netas;
6. Medição da nervura lateral direita e esquerda (L2d e L2e) da folha menor das netas;

A área foliar das folhas principais e das netas foi calculada segundo o algoritmo proposto pelos autores referidos. Com estes dados foi possível obter a área foliar do sarmento:

$$\text{Área Foliar do Sarmento} = AF (\text{folhas principais}) + AF (\text{folhas netas})$$

Sabendo o número de olhos abrolhados é possível obter a área foliar por videira:

$$AF (\text{videira}) = AF (\text{sarmento}) \times N^{\circ} \text{ de sarmentos (olhos abrolhados)}$$

As medições ocorreram no dia 27 de Junho de 2016, pelo que já haviam sido realizadas as operações de desponta na parcela do nosso ensaio. De salientar que este sistema permite-nos calcular a área foliar total de uma videira, ou seja, o sistema calcula teoricamente a área de todas as folhas existentes na videira, não fazendo qualquer tipo de distinção das folhas que estão expostas das ensombradas. Também não faz qualquer menção à área foliar proveniente dos pâmpanos “ladrões” que em algumas castas e principalmente antes das operações de despampa podem contribuir de forma significativa para a área foliar total da videira.

3.2.2.2. Porosidade do coberto e número de camadas de folhas (NCF)

O método utilizado para a caracterização da porosidade e do número de camadas de folhas do coberto vegetal foi a do “Point-Quadrat”.

Este método concebido por Smart & Robinson (1991) é de extrema importância para a avaliação do microclima da videira. É um sistema simples que consiste na inserção aleatória de uma vara transversalmente à sebe. É um método expedito de avaliar a porosidade do coberto, assim como o microclima nele existente. Através da inserção da vara é avaliada a ordem pela qual as folhas e os cachos tocam na mesma procedendo-se ao registo dos contactos com cachos (C), folhas (F) ou buracos (O), este último quando a vara não intercepta qualquer órgão da videira. Através desta análise é possível retirar os seguintes dados:

$$N^{\circ} \text{ de camadas de folhas (NCF)} = \frac{N^{\circ} \text{ total de folhas interceptadas}}{N^{\circ} \text{ de inserções}}$$

$$\text{Percentagem de folhas interiores (PFI)} = \frac{N^{\circ} \text{ total de folhas interiores}}{N^{\circ} \text{ total de folhas interceptadas}}$$

$$\text{Percentagem de cachos interiores (PCI)} = \frac{N^{\circ} \text{ total de cachos interiores}}{N^{\circ} \text{ total de cachos interceptados}}$$

$$\text{Percentagem de buracos (PB)} = \frac{N^{\circ} \text{ total de buracos}}{N^{\circ} \text{ total de inserções}}$$

O número de camadas de folhas (NCF) é essencial para a determinação do microclima existente na sebe, uma vez que os níveis de Radiação Fotossinteticamente Activa (PAR) decrescem com a passagem de sucessivas camadas de folhas desde o exterior até ao interior do coberto. Lopes (1994) demonstrou que os valores de PPFD (fluxo fotónico fotossinteticamente activo) vão decrescendo exponencialmente à medida que a radiação atravessa as sucessivas camadas de folhas. Com os dados de PCI e PFI é também possível calcular a percentagem de cachos expostos e de folhas exteriores. A percentagem de cachos expostos constitui um factor muito importante, especialmente em regiões muito quentes, pois

uma percentagem elevada aumenta a probabilidade de ocorrência de escaldão. Um número elevado de camadas de folhas pode levar a um elevado ensombramento dos cachos que aliado a um fraco arejamento proporciona uma maior probabilidade de ocorrência de doenças. Com um excesso de ensombramento, a maturação dos cachos também será comprometida.

As medições utilizando o método “Point-Quadrat” ocorreram no dia 31 de Agosto de 2016. Foram escolhidas quatro videiras por modalidade (duas no bardo exterior e duas no bardo interior), nas quais foram realizadas quatro inserções (duas ao nível dos cachos e duas ao nível vegetativo). No total foram analisadas 48 videiras (16 em cada bloco), correspondendo a um total de 192 inserções.

3.2.3. Cálculo das necessidades de rega

Partindo do princípio de que a cada modalidade é estabelecida uma dotação variável de acordo com um percentual específico da evapotranspiração cultural (ET_c), torna-se imperativo ter conhecimento do total de água perdida por transpiração. Para tal, foi utilizada a seguinte equação:

$$ET_c = ET_0 \times K_c$$

Os valores de ET_0 (Evapotranspiração de referência) correspondem à evapotranspiração de uma cultura padrão (relva). Estes dados são recolhidos diariamente a partir da estação meteorológica instalada na Quinta da Cabreira. Para a determinação da Evapotranspiração Cultural (ET_c) é realizado um ajuste utilizando o Coeficiente Cultural (K_c), que no caso do nosso ensaio foi igual a 0,8. Com este ajuste feito é possível, através da base de dados da estação meteorológica, aceder ao total de água perdida por evapotranspiração. Para a determinação da quantidade de água a fornecer a cada modalidade foi utilizada a seguinte expressão:

$$Rega = (ET_c (mm) - Precipitação(mm)) \times (\%)Evapotranspiração$$

Os valores de ET_c correspondem ao total de água perdida por evapotranspiração desde a última rega, porém, antes de fazer o ajuste de acordo com a modalidade é necessário retirar o total de água fornecida à planta por precipitação (mm). O valor obtido corresponde ao total de água necessário para repor 100% da água perdida pela planta, valor esse que deve ser ajustado de acordo com o coeficiente de ajuste da modalidade 0,25 (R_{25}), 0,5 (R_{50}) e 0,75 (R_{75}). O número de horas de rega é definido pela quantidade de água a fornecer e pelo débito do gotejador, conforme demonstrado na equação seguinte:

$$N^{\circ} \text{ de horas de rega} = \frac{\text{Litros de água a fornecer}}{\text{Débito do gotejador}}$$

3.2.4. Medições ecofisiológicas

3.2.4.1. Potencial Hídrico Foliar (Ψ_f)

Para a medição do Potencial Hídrico Foliar foi seguida a metodologia descrita por Scholander *et al.* (1965), com recurso a uma câmara de pressão disponibilizada pela ADVID (Associação para o Desenvolvimento da Viticultura Duriense), permitindo aferir, com grande precisão, o estado hídrico das folhas e, por conseguinte, da planta. O aparelho consiste numa câmara hermética na qual é introduzido o limbo da folha, deixando o pecíolo em contacto com a atmosfera. Gradualmente dá-se um aumento da pressão que vai provocar uma exsudação de seiva na zona de corte do pecíolo. A pressão registada (em bares) no momento em que ocorre a exsudação corresponde ao nível de stress hídrico da planta, que, posteriormente, pode ser comparado com os valores de referência propostos por Carbonneau (1998).

No nosso ensaio, foram analisadas 2 folhas por modalidade, em cada bloco, correspondendo a um total de 48 medições (16 por bloco). Adicionalmente também se procedeu ao registo do potencial hídrico da videira que se encontrava mais perto da sonda, que no nosso ensaio se encontrava na modalidade R₂₅ do Bloco 2 (Figura 6), permitindo desta forma correlacionar os níveis de stress hídrico com a evolução no teor de humidade do solo. As folhas escolhidas tiveram de obedecer aos seguintes critérios: proveniente do terço médio da sebe, bom estado sanitário, pecíolo suficientemente longo, superfície de corte limpa, folha inteira e sem cortes e ausência de senescência parcial ou total.

A maioria das medições foram realizadas antes do nascer do sol (Potencial Hídrico de Base - Ψ_b), quando os estomas se encontravam encerrados e os valores de Ψ_f registados eram máximos. Segue na Tabela 11, as datas e as horas das medições ocorridas na Quinta da Cabreira:

Tabela 11 - Registo das datas e horas a que foram realizadas as medições do Potencial Hídrico Foliar Ψ_f , para a casta Touriga Nacional, em Quinta da Cabreira, 2016.

Data	Hora
15 de Julho	4h (Ψ_b)
3 de Agosto	4h (Ψ_b)
5 de Agosto	10h(Ψ_f); 14h(Ψ_f); 17h(Ψ_f); (Após a rega)
6 de Agosto	4h (Ψ_b) (Após a rega)
17 de Agosto	4h (Ψ_b)
31 de Agosto	4h (Ψ_b)

A primeira medição (15 de Julho) serviu para determinar a data do início da rega (20 de Julho). As medições seguintes ocorreram na madrugada anterior à rega (à excepção de 5 e 6 de Agosto), de forma a averiguar se ainda se constatavam diferenças significativas entre as modalidades. Nos dias 5 e 6 de Agosto procedeu-se à análise da evolução do Potencial Hídrico Foliar (Ψ_f) ao longo do dia, após a rega, registando-se os valores às 10h(Ψ_f), 14h(Ψ_f) e 17h(Ψ_f), no dia 5 de Agosto, e às 4h(Ψ_b) no dia 6 de Agosto (Tabela 11).



Figura 12 - Câmara de pressão de Scholander. Quinta da Cabreira, 5 de Agosto de 2016.

3.2.4.2. Trocas gasosas ao nível dos estomas

As trocas gasosas foram monitorizadas utilizando o equipamento IRGA (*Infrared gas analyser*), possibilitando a monitorização de diversos factores importantes na fisiologia da videira, tais como: temperatura da folha (Tleaf), transpiração (E), fotossíntese líquida (A), e a condutância estomática (g_s). O aparelho é composto por uma câmara de Parkinson com $6,25 \text{ cm}^2$ de onde se insere o limbo da folha, um sensor PAR (*Photosynthetically Active Radiation*), sensores de temperatura do ar e da folha, um analisador de CO_2 por infravermelhos, uma unidade de captação de ar com um medidor de fluxo de ar, e uma unidade de tratamento e armazenamento de dados. O analisador de CO_2 faz uma análise diferencial entre o ar captado por uma vara de aproximadamente 3 metros (representativo do CO_2 da atmosfera) com a concentração de CO_2 dentro da câmara de Parkinson, onde se encontra localizado o limbo da folha. Utilizando este equipamento obtivemos dados sobre a temperatura da câmara (Tch-representativo da temperatura do ar), temperatura da folha (Tleaf), fotossíntese líquida (A), taxa de respiração (E), e da condutância estomática (g_s).



Figura 13 - Equipamento IRGA (*Infrared gas analyser*). Quinta da Cabreira, 5 de Agosto de 2016.

No nosso ensaio foram analisadas um total de 24 videiras, efectuando-se duas medições por modalidade em cada bloco (bardo interior e bardo exterior). Este procedimento ocorreu paralelamente com as medições do Potencial Hídrico Foliar (Ψ_f), no dia 5 de Agosto, às 10h, 14h e 17h. Adicionalmente também se procedeu ao registo da videira que se encontrava mais perto da sonda, que no nosso ensaio se localizava na modalidade R₂₅ do Bloco 2 (Figura 6). As folhas escolhidas foram provenientes do terço superior de pâmpanos frutíferos, sendo obrigatório que essa mesma folha estivesse totalmente exposta à radiação solar.

3.2.5. Evolução da maturação e qualidade da vindima

No nosso ensaio foram realizados dois controlos de maturação, a 31 de Agosto e a 8 de Setembro.

No dia 31 de Agosto a amostragem foi mais reduzida, de forma a não influenciar as pesagens durante a vindima. Foram recolhidos 80 bagos por modalidade, não havendo distinção entre blocos e bardos. No segundo controlo de maturação (8 de Setembro), foram recolhidas amostras de 160 bagos em cada modalidade diferenciando os bardos interior e exterior (160 bagos no bardo exterior e 160 bagos no bardo interior), traduzindo-se num total de 24 amostras. As amostras foram devidamente acondicionadas a temperaturas baixas e seguidamente transportadas para o laboratório da Quinta do Crasto S.A., em Gouvinhas. Segue abaixo o procedimento laboratorial:

1. Recontagem dos bagos;
2. Trituração para uma proveta usando uma centrifugadora e maceração manual dos bagos;
3. Filtração para uma proveta;
4. Transferência para frascos de plástico;
5. Determinação do álcool provável utilizando um refractómetro;
6. Filtração e transferência para tubos de ensaio;
7. Titulação;
8. Filtração e transferência dos frascos de plástico para as cuvetes de espectrofotometria;
9. Análise Espectrofotométrica das amostras.

Para cada amostra foram registados e analisados os seguintes parâmetros:

1. Número de bagos;
2. Peso da amostra (g);
3. Peso médio do bago (g);
4. Volume (mL);
5. Álcool provável (%);
6. pH;
7. Acidez Total;
8. Ácido Málico (g/L);
9. Antocianinas (mg/L);
10. Polifenóis (mg/L).

Todos os parâmetros supramencionados foram analisados, à excepção do peso da amostra (g), peso médio do bago (g) e volume (mL) que, no dia 31 de Agosto, não fizeram parte do procedimento laboratorial.

3.2.6. Registos do rendimento à vindima

A vindima da parcela do nosso ensaio experimental realizou-se no dia 12 de Setembro de 2016. A data de vindima foi marcada para esta data face à condicionante de estar prevista a ocorrência de precipitação para o dia seguinte, além do mais, os resultados obtidos das amostras demonstraram-se satisfatórios para a realização da mesma.

Durante a colheita procedeu-se ao registo do número de cachos e do peso total por videira. Foram vindimadas todas as videiras pertencentes ao ensaio, excluindo as de “guarda”, correspondendo a 20 pesagens por modalidade de cada bloco (10 no bardo exterior e 10 no bardo interior) e perfazendo um total de 240 videiras.

3.3. Análise estatística dos resultados

O tratamento estatístico dos dados foi efectuado com recurso ao programa SPSS 24.0, tendo sido submetidos a análises de variância das médias (ANOVA). Os parâmetros que não demonstraram significância estatística foram assinalados com n.s e os significativos com * para $p < 0,05$, ** para $p < 0,01$ e *** para $p < 0,001$. Sempre que se demonstrou haver significância estatística procedeu-se à comparação das médias utilizando o teste de Tukey – HSD (*Honest Significant Difference*).

4. Resultados e discussão

Neste capítulo apresentamos os dados recolhidos ao longo do ano vitícola 2015/2016 e a sua análise estatística.

4.1. Caracterização do clima

A análise climatérica da localização do ensaio torna-se fundamental para a compreensão e correlação dos fenómenos fisiológicos evidenciados. A estação meteorológica instalada na propriedade possibilitou uma monitorização detalhada e precisa, recolhendo todos os dados climáticos ocorridos no período entre Janeiro e Setembro de 2016. Com os dados recolhidos pela estação meteorológica fez-se uma comparação dos mesmos com os registos cedidos pela ADVID (Associação para o Desenvolvimento da Viticultura Duriense) da Normal Climatológica de 1931 a 1960, uma compilação de todos os dados climatéricos ocorridos durante esse período, calculados a partir da estação meteorológica do Vale da Vilariça. De salientar que, face à sua proximidade geográfica, a estação da Vilariça foi a estação meteorológica eleita por reunir condições climatéricas semelhantes às evidenciadas no local do ensaio.

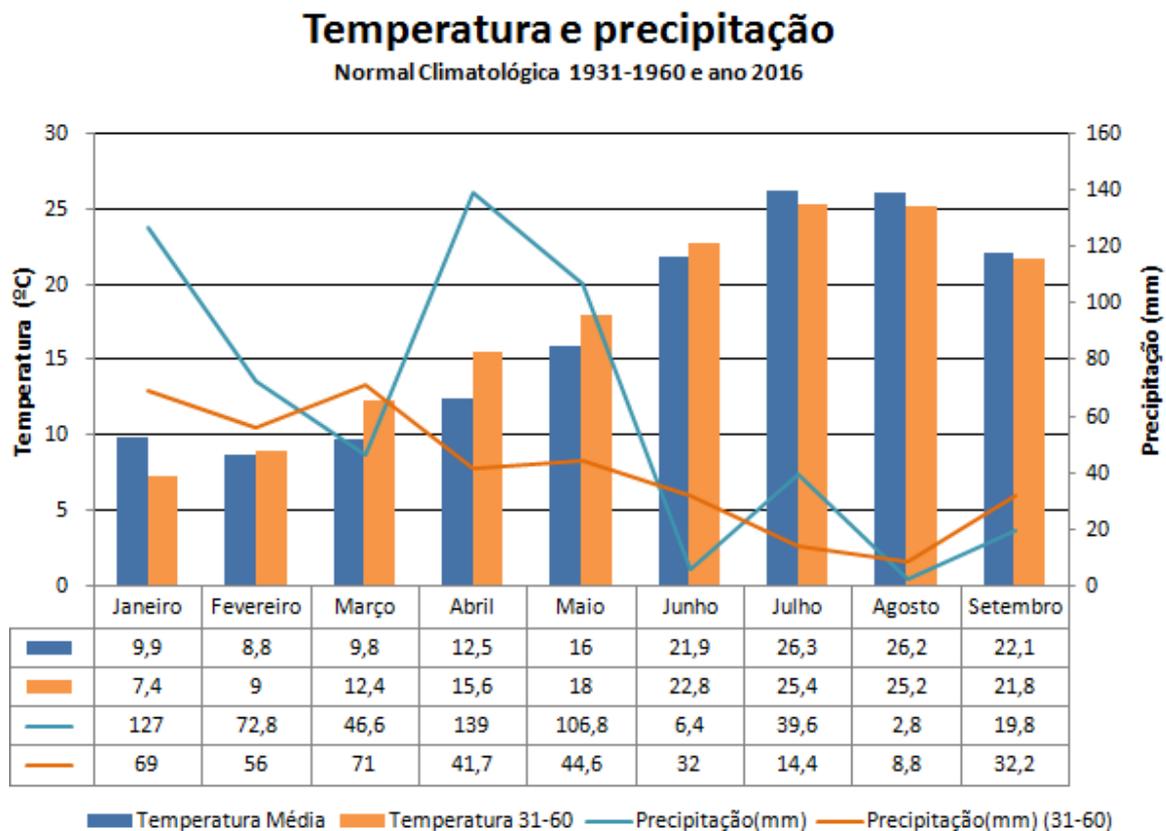


Figura 14 - Climograma com a temperatura média e precipitação de Janeiro a Outubro de 2016, registados pela estação meteorológica da Quinta da Cabreira e valores do período homólogo da Normal Climatológica de 1931 – 1960, registados no Vale da Vilariça.

Na Figura 14 podemos constatar que, à excepção do mês de Janeiro, até ao mês de Julho as temperaturas encontraram-se abaixo da Normal Climatológica (2 a 3°C nos meses de Março, Abril e Maio), facto este que provocou um atraso significativo no arranque do ciclo vegetativo. Nos meses seguintes dá-se uma inversão com as temperaturas registadas no ano corrente a serem superiores à Normal Climatológica (Figura 14). Este ano caracterizou-se pelos altos níveis de precipitação ocorridos nos meses de Abril e Maio (Figura 14), que potenciaram o aparecimento de doenças criptogâmicas, tendo sido necessário recorrer a tratamentos anti-míldio e anti-óidio. De Junho a Setembro, como expectável, registaram-se níveis de precipitação muito reduzidos, especialmente em Junho e Agosto com valores de 6,4 e 2,8 mm, respectivamente (Figura 14). Nos meses registados o ano de 2016 foi mais chuvoso (560,8mm) comparativamente com a Normal Climatológica (369,7mm) (Figura 14).

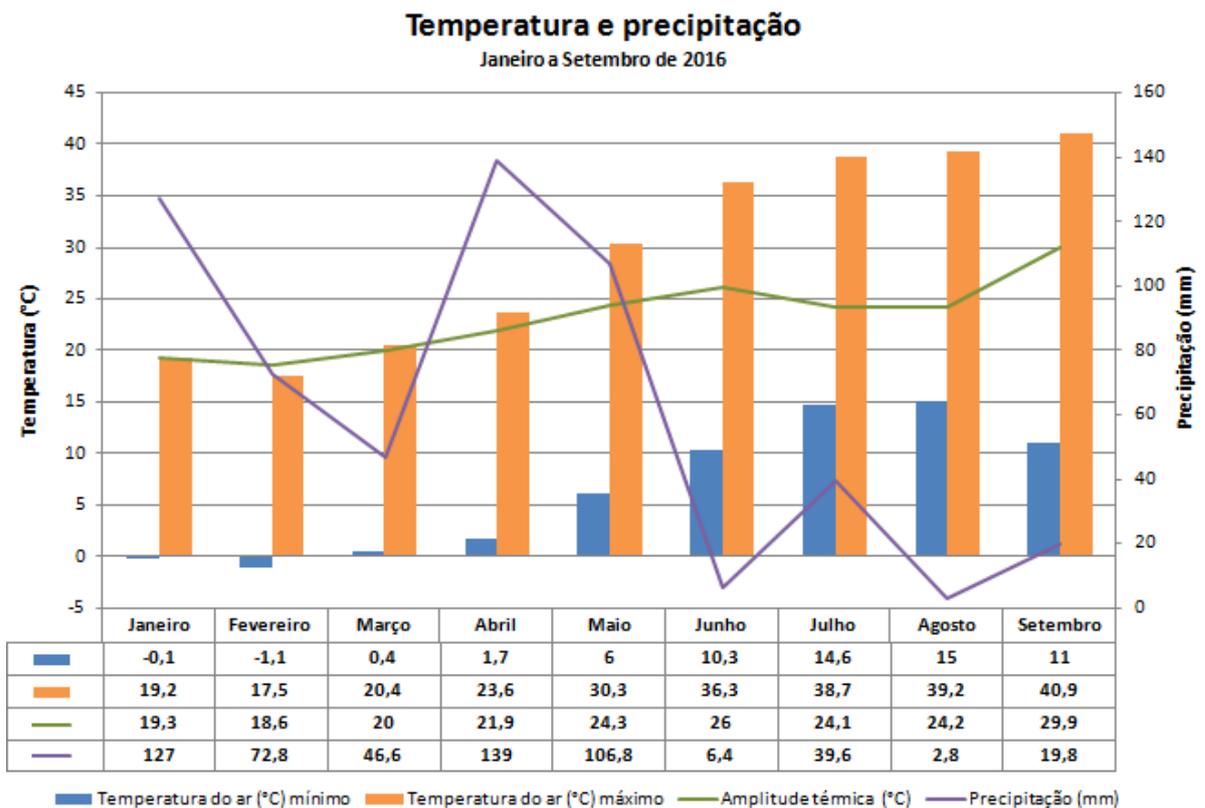


Figura 15 - Temperaturas máximas e mínimas, amplitude térmica e precipitação de Janeiro a Setembro de 2016, em Quinta da Cabreira.

Na Figura 15 é possível constatar um aumento gradual da amplitude térmica, chegando a atingir 29,9 °C em Setembro. A partir de Junho as temperaturas máximas foram altas, rondando entre os 36 °C e os 41 °C (Figura 15). As temperaturas altas registadas pela estação meteorológica promoveram um aumento da demanda evaporativa da atmosfera que, aliada à baixa precipitação durante os meses de maior calor, contribuiu para um aumento dos níveis de stress hídrico por parte das videiras.

A evolução da humidade relativa do ar (%) apesar de evidenciar menores flutuações acompanhou os níveis de precipitação, com um decréscimo gradual até ao mês de Agosto (42,3%) e uma ligeira subida no mês da vindima (Setembro)(Figura 16). Face às condições climatéricas deste ano, inevitavelmente os dados da evapotranspiração demonstram um aumento progressivo, culminando no mês de Julho e decrescendo posteriormente até ao mês de Setembro (Figura 16).

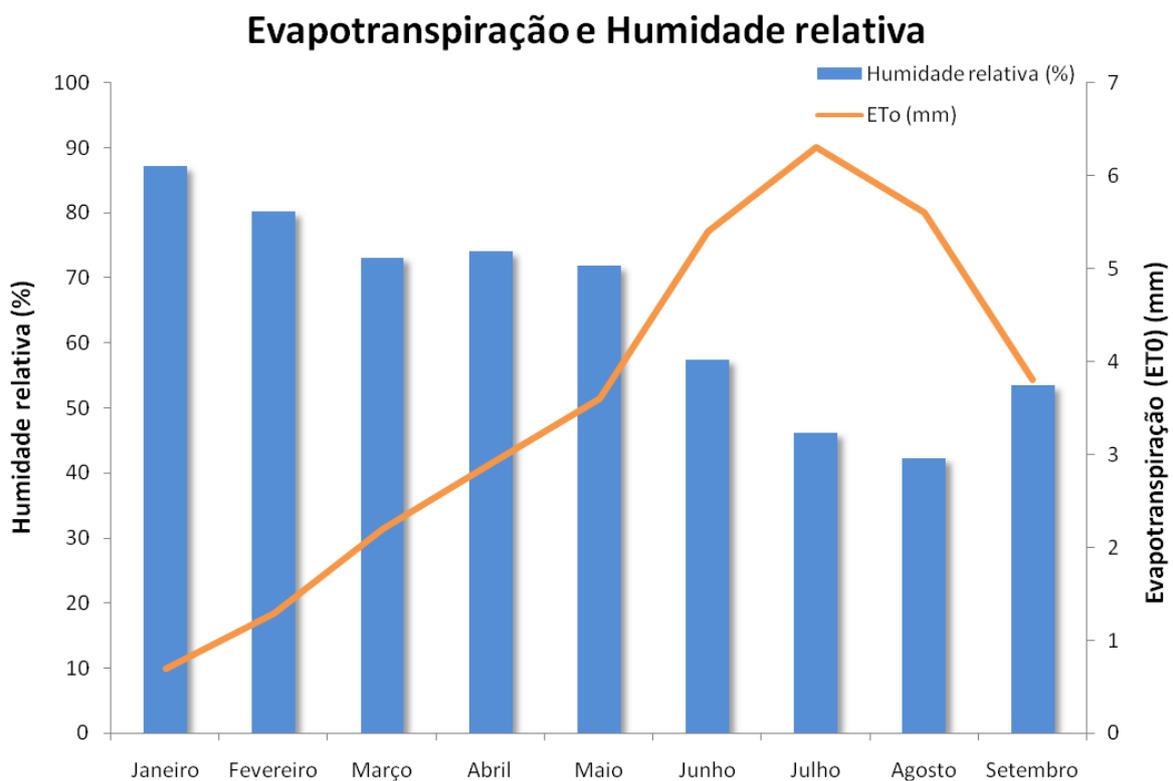


Figura 16 - Evapotranspiração média diária (ET0) e humidade relativa (%) de Janeiro a Setembro de 2016, em Quinta da Cabreira

A precipitação ocorrida no mês de Setembro concentrou-se praticamente na sua totalidade no dia 13 de Setembro (19,4mm) (Figura 17). Como os dados da qualidade de colheita se demonstraram satisfatórios as vindimas foram agendadas para o dia anterior (12 de Setembro) evitando, desta forma, a descida nos valores de álcool provável (%) (Figura 17). Resumidamente podemos concluir que os dados recolhidos pela estação vêm demonstrar o perfil climático mediterrânico característico da região, definido pela ocorrência de maiores níveis de precipitação no Outono e Inverno, e um período estival quente e seco. As comparações do corrente ano com os registos da Normal Climatológica vêm reforçar a ideia de que nos próximos anos as alterações climáticas irão afectar invariavelmente o panorama vitícola português, estando previsto um aumento significativo das temperaturas médias anuais, com especiais implicações durante o período estival, assim como a ocorrência de uma maior irregularidade na distribuição das precipitações ao longo do ano (Jones, 2005).

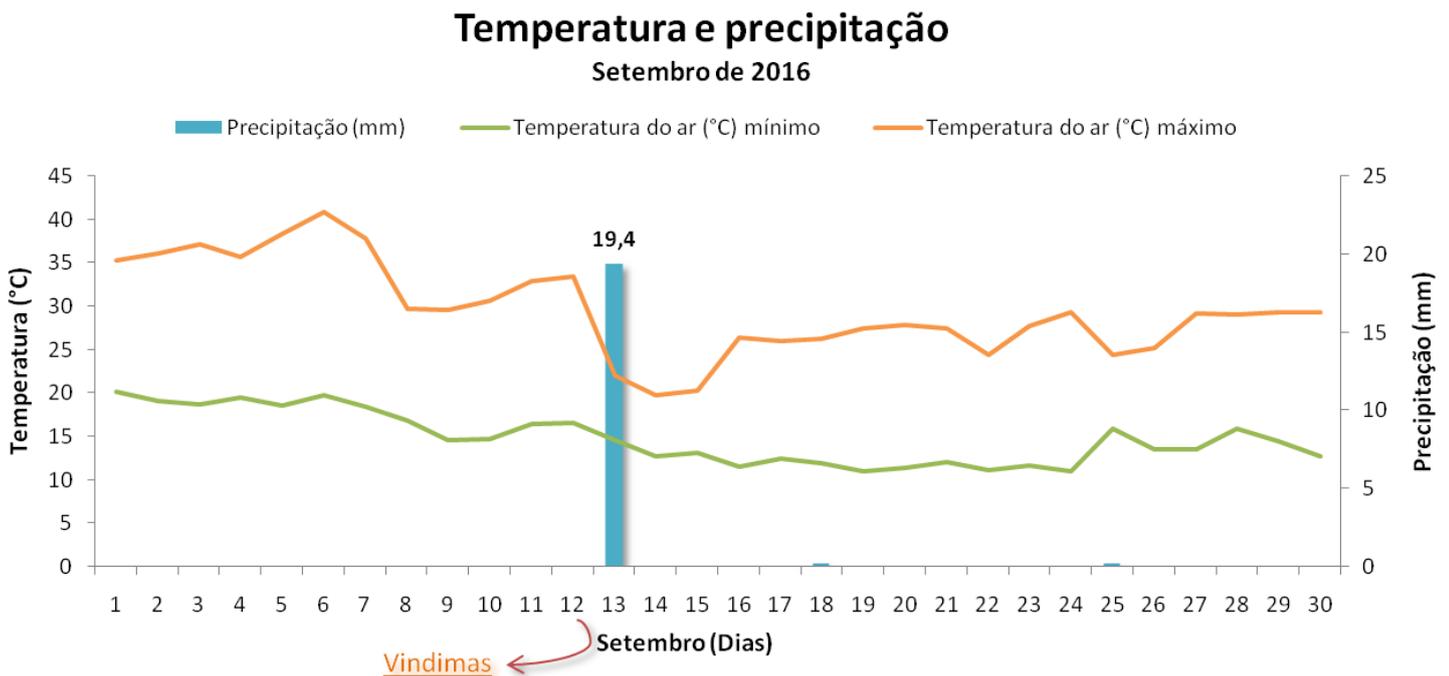


Figura 17 - Temperaturas máximas e mínimas e distribuição da precipitação no mês de Setembro, em Quinta da Cabreira, 2016.

4.2. Componentes de Fertilidade

Para uma melhor compreensão dos comportamentos fisiológicos evidenciados e para uma criteriosa selecção das cepas procedeu-se, no dia 19 de Maio de 2016, à análise dos componentes de fertilidade.

4.2.1. Carga à poda

Na Região Demarcada do Douro, face às suas características edafoclimáticas, é recorrente a utilização de um sistema de poda curta ou média, visando desta forma o controlo da expressão vegetativa da videira e melhorando o equilíbrio entre a parte vegetativa e reprodutiva, traduzindo-se em baixos níveis de produtividade e melhorias significativas na qualidade da colheita.

Segundo Smart e Robinson (1991) a carga óptima por metro linear deve-se situar entre os 15 a 20 olhos. Já Lopes (1994) defende que a carga deve ser ajustada garantindo um equilíbrio entre o crescimento vegetativo, a produção e a maturação. Como no nosso ensaio a distância de plantação na linha é de 1 metro, todos os dados seguidamente apresentados podem também ser representados por metro linear.

Tabela 12 - Carga deixada à poda em cada bloco. Dados não analisados estatisticamente.

Bloco	Carga
1	10,4
2	10,2
3	9,8
Média Total	10,1

Tabela 13 - Carga deixada à poda em cada modalidade. Dados não analisados estatisticamente.

Modalidade	Carga
R0	10,3
R25	9,7
R50	10,4
R75	10,1
Média Total	10,1

Tabela 14 - Valores da carga deixada à poda discriminados por bloco, modalidade e bardo. Dados não analisados estatisticamente.

Modalidade	Carga			
	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Total Geral
R0	10,7	10,5	9,7	10,3
Exterior	11,5	10,9	9,8	10,7
Interior	9,8	10,0	9,5	9,8
R25	9,8	9,9	9,6	9,7
Exterior	9,8	10,0	9,4	9,7
Interior	9,7	9,8	9,7	9,7
R50	11,0	10,1	10,1	10,4
Exterior	10,9	10,5	9,8	10,4
Interior	11,1	9,7	10,4	10,4
R75	10,2	10,4	9,9	10,1
Exterior	10,4	10,7	10,3	10,5
Interior	9,9	10,0	9,4	9,8
Total Geral	10,4	10,2	9,8	10,1

O número de olhos deixados à poda é de 2 olhos por talão, ou seja, como em média cada videira apresenta 5 talões, o valor expectável deve rondar os 10 olhos/cepa. Partindo do pressuposto de que a carga deixada à poda depende exclusivamente da decisão do podador, qualquer diferença de resultados não deve ser interpretada como consequência do uso de modalidades de rega deficitária diferentes. A carga é um componente da fertilidade que determina invariavelmente a produção e o microclima da videira, na medida em que irá influenciar o número de pâmpanos e o seu vigor. Por este motivo, o objectivo da análise da carga à poda passa por averiguar e posteriormente descartar possíveis videiras que neste critério se demonstrem pouco representativas.

Os valores obtidos demonstram homogeneidade satisfatória, rondando os 10 olhos por videira, inferior aos 15 a 20 olhos por metro linear proposto por Smart e Robinson (1991) (Tabela 13). Não se constatarem grandes diferenças entre os blocos e entre as modalidades (Tabela 12 e 13). Na Tabela 14 encontram-se discriminados os valores por bardo, onde é possível mais uma vez verificar a homogeneidade dos resultados.

4.2.2. Número de olhos abrolhados

Na Tabela 15 apresenta-se o número de olhos abrolhados por videira:

Tabela 15 - Número de olhos abrolhados por videira discriminados por bloco, modalidade e bardo. Dados não analisados estatisticamente.

Modalidade	Olhos abrolhados			
	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Total Geral
R0	12,7	12,7	11,1	12,2
Exterior	14,4	13,9	11,7	13,3
Interior	10,9	11,5	10,5	11,0
R25	11,9	12,8	11,0	11,9
Exterior	12,6	12,1	11,1	11,9
Interior	11,2	13,4	10,9	11,8
R50	12,4	12,2	12,3	12,3
Exterior	12,2	13,8	12,8	12,9
Interior	12,5	10,5	11,8	11,6
R75	12,6	12,7	12,9	12,7
Exterior	13,2	13,8	14,4	13,8
Interior	12,0	11,6	11,4	11,7
Total Geral	12,4	12,6	11,8	12,3

Os resultados relativos ao abrolhamento vêm reforçar as características de vigor da casta em questão. Enquanto os valores da carga deixada à poda se encontram em média nos 10 olhos por videira, os valores recolhidos relativos ao abrolhamento vêm demonstrar o grande vigor da casta Touriga Nacional, rondando os 11 a 14 pâmpanos por cepa, ainda assim abaixo dos valores propostos por Smart e Robinson (1991) de 15 lançamentos por metro linear (Tabela 15). Não se evidenciaram grandes diferenças entre as modalidades, contudo, parece haver influência entre os bardos, com os exteriores a serem registados valores superiores (Tabela 15). As diferenças de resultados entre bardos podem ser explicadas pela natureza do solo, assim como pela exposição solar, levando a que as videiras do bardo exterior encontrem melhores condições ao seu desenvolvimento.

4.2.3. Número de inflorescências

Os resultados do número de inflorescências por videira demonstram haver diferenças entre os blocos, com o Bloco 3 a possuir valores mais baixos (Tabela 16). Nas modalidades, apenas a R75 aparenta ser mais produtiva (Tabela 16).

Tabela 16 - Número de inflorescências por videira discriminados por bloco, modalidade e bardo. Dados não analisados estatisticamente.

Modalidade	Inflorescências			
	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Total Geral
R0	16,7	13,9	13,4	14,7
Exterior	18,5	16,3	13,1	16,0
Interior	14,8	11,5	13,7	13,3
R25	14,4	16,0	13,5	14,6
Exterior	15,4	14,1	12,8	14,1
Interior	13,3	17,8	14,1	15,1
R50	16,5	15,2	12,2	14,6
Exterior	16,6	16,0	13,5	15,4
Interior	16,3	14,4	10,9	13,9
R75	17,1	15,4	14,2	15,5
Exterior	17,1	14,1	14,8	15,3
Interior	17,0	16,6	13,5	15,7
Total Geral	16,1	15,1	13,3	14,8

4.2.4. Taxa de abrolhamento

Na Tabela 17 apresenta-se a taxa de abrolhamento (%):

Tabela 17 - Taxa de abrolhamento por videira discriminada por bloco, modalidade e bardo. Dados não analisados estatisticamente.

Modalidade	Taxa de abrolhamento			
	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Total Geral
R0	120%	123%	116%	120%
Exterior	125%	129%	120%	125%
Interior	115%	117%	111%	114%
R25	124%	131%	116%	124%
Exterior	135%	123%	119%	125%
Interior	114%	139%	113%	122%
R50	113%	120%	123%	119%
Exterior	113%	132%	131%	125%
Interior	114%	109%	114%	112%
R75	126%	123%	131%	127%
Exterior	129%	128%	141%	133%
Interior	122%	117%	121%	120%
Total Geral	121%	124%	121%	122%

A taxa de abrolhamento corresponde ao rácio entre o número de olhos abrolhados e a carga deixada à poda, sendo o seu cálculo uma ferramenta fundamental para a análise do vigor das cepas e posterior ajuste de carga nos anos seguintes. Segundo Fonseca (2010) a carga deve ser ajustada de forma que a taxa de abrolhamento se situe entre os 85 a 95%, garantindo assim um desenvolvimento equilibrado. Os resultados obtidos neste ensaio revelam um excesso de vigor, pelo facto de em média os valores serem superiores a 100%, ou seja, fruto de lançamentos múltiplos e/ou lançamentos ladrões o número de olhos abrolhados excedeu a carga deixada à poda (Tabela 17). Neste caso, seria recomendável para reequilibrar a videira proceder a operações de despampa mais frequentes e/ou mais severas. Queiroz (2002) num estudo da mesma casta registou valores de 93,63%, em média, valores inferiores aos obtidos no nosso ensaio. Não obstante, os resultados vêm demonstrar as características de vigor e de grande expressão vegetativa da casta Touriga Nacional que se traduzem num grande número de lançamentos por metro linear. Apesar de os números serem claramente superiores aos valores de referência (em média 122%) existe uma satisfatória homogeneidade de resultados, não havendo diferenças entre blocos ou entre modalidades (Tabela 17). Ainda que se tenha evidenciado uniformidade de resultados parece haver diferenças nas taxas de abrolhamento entre os bardos, com o bardo exterior a revelar indícios de maior vigor (Tabela 17).

4.2.5. Índice de Fertilidade Potencial (IFp)

Na Tabela 18 encontram-se expostos os valores do Índice de Fertilidade Potencial (IFp):

Tabela 18 - Índice de Fertilidade Potencial (IFp) por videira discriminado por bloco, modalidade e bardo. Dados não analisados estatisticamente.

Modalidade	Índice de Fertilidade Potencial (IFp)			
	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Total Geral
R0	1,33	1,10	1,23	1,22
Exterior	1,32	1,19	1,13	1,21
Interior	1,35	1,02	1,34	1,24
R25	1,23	1,28	1,23	1,25
Exterior	1,26	1,21	1,15	1,21
Interior	1,20	1,35	1,31	1,28
R50	1,33	1,27	0,99	1,20
Exterior	1,36	1,16	1,05	1,19
Interior	1,31	1,38	0,93	1,21
R75	1,36	1,26	1,11	1,24
Exterior	1,30	1,07	1,03	1,13
Interior	1,43	1,45	1,19	1,36
Total Geral	1,31	1,23	1,14	1,23

O Índice de Fertilidade Potencial (IFp), sendo obtido pelo rácio entre o número de inflorescências e o número de olhos abrolhados fornece indicações sobre a produtividade dos lançamentos, ou seja, a média de inflorescências por pâmpano. A média ronda os 1,23, bastante inferior ao índice obtido por Queiroz (1996) e por Pinto (2015) para a mesma casta de 1,61 e 1,40, respectivamente, sendo este último realizado no mesmo local do nosso ensaio experimental (Tabela 18). Embora entre os blocos haja alguma heterogeneidade, entre as modalidades não existem grandes diferenças (Tabela 18). Mais uma vez é possível verificar alguma diferença entre os bardos, sendo neste caso as videiras do bardo interior as que evidenciam lançamentos mais frutíferos (Tabela 18).

4.3. Caracterização do coberto vegetal

4.3.1. Área Foliar

As medições da área foliar total foram realizadas no dia 27 de Junho, sensivelmente a pouco menos de um mês da ocorrência da primeira rega (20 de Julho), seguindo a metodologia proposta por Lopes e Pinto (2005).

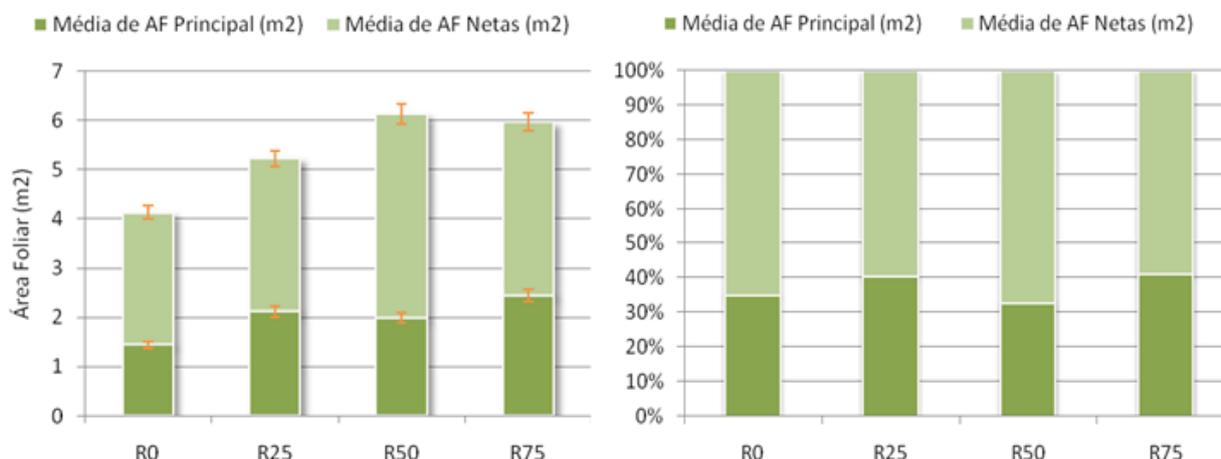


Figura 18 - Área Foliar Total por videira (m²), percentagem da área foliar principal e netas. Quinta da Cabreira, 2016. Dados não analisados estatisticamente.

Os dados recolhidos mostram que em média cada videira possuía, a 27 de Junho, 5,40 m². Na Figura 18, é possível constatar algumas diferenças entre as modalidades, o que pode ser reflexo das diferentes regas deficitárias impostas no ano de produção 2014/2015. A modalidade R50 foi a que obteve maior área foliar total, por outro lado a modalidade R0 foi a que registou valores mais baixos (Figura 18).

Na Figura 18, é possível constatar que as folhas das netas já apresentavam mais de 50% da área foliar total, não havendo, no entanto, nenhuma diferença assinalável entre as modalidades.

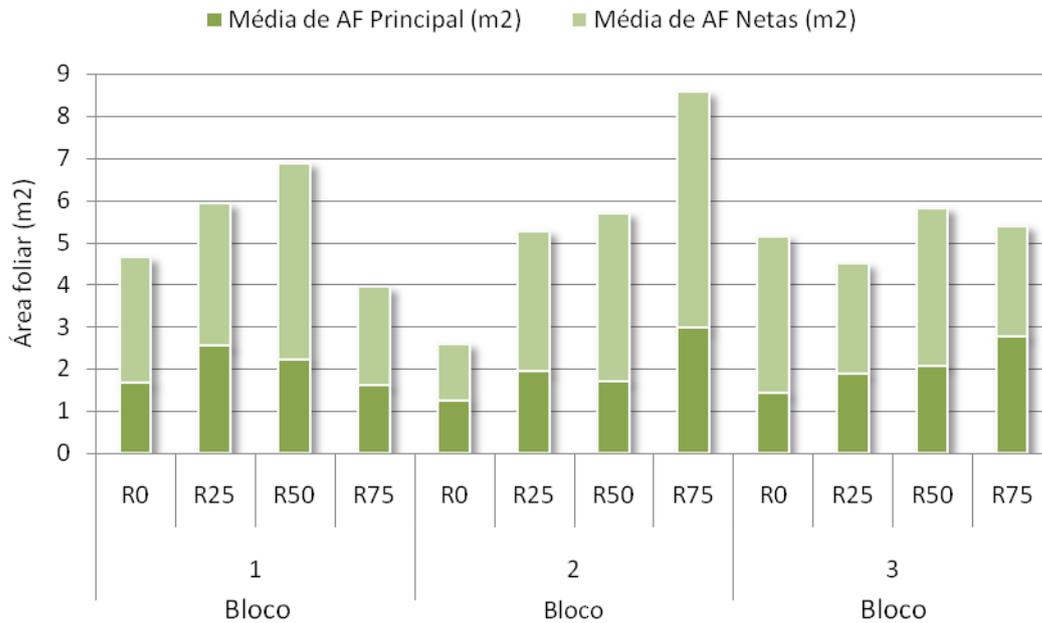


Figura 19 - Área foliar total por videira (m²), área foliar principal e netas, por modalidade e por bloco. Quinta da Cabreira, 2016. Dados não analisados estatisticamente.

Na Figura 19, é possível constatar alguma heterogeneidade entre os blocos, havendo grandes diferenças entre as modalidades R0 e R75 nos blocos 1 e 2. Tendencialmente, devido à natureza fisiológica da videira e do facto de terem sido realizadas antes destas medições operações de despona, a evolução da área foliar total a partir de um certo período deve-se principalmente ao desenvolvimento das folhas das netas. No final do ciclo vegetativo as folhas das netas desempenham um papel importante na produção de fotoassimilados devido à sua representatividade na área foliar total e a uma progressiva senescência das folhas principais basais.

4.3.2. Porosidade do coberto e número de camadas de folhas (NCF)

O método do “Point-Quadrat”, concebido por Smart & Robinson (1991), permite descrever a arquitectura da sebe, nomeadamente a densidade do coberto vegetal, assim como a distribuição espacial das folhas e cachos no interior da canópia. As medições foram efectuadas no dia 31 de Agosto de 2016, período no qual já haviam sido realizadas três regas ao nosso ensaio experimental. Sendo assim, e ao contrário das medições da área foliar, as quais foram realizadas antes do início das regas, são esperadas diferenças entre as modalidades mais significativas, pelo facto de, teoricamente, as modalidades apresentarem níveis de stress hídrico distintos.

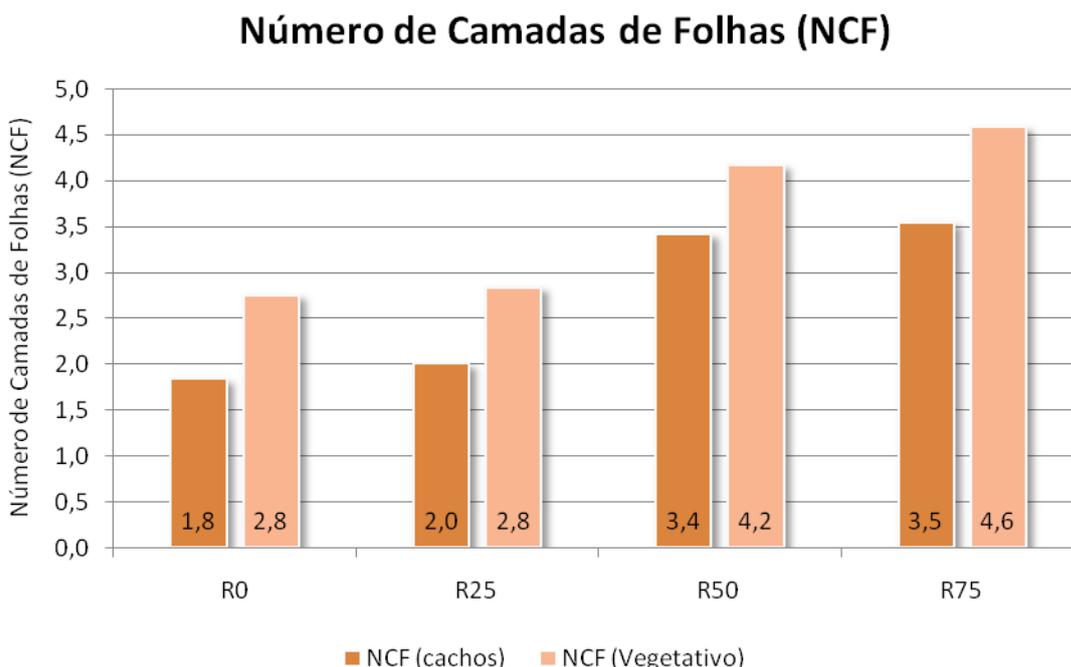


Figura 20 - Número de camadas de folhas nas diversas modalidades, quantificados ao nível dos cachos e ao nível vegetativo. Quinta da Cabreira, 2016. Dados não analisados estatisticamente.

Smart e Robinson (1991) recomendam um valor máximo de NCF situado entre os valores 1,0 e 1,5, garantindo desta forma um compromisso entre uma densidade do coberto vegetal que garanta um bom arejamento juntamente com uma área foliar total satisfatória para a produção de fotoassimilados para a planta. A média do número de camadas de folhas (NCF) obtida ronda as 3 camadas de folhas, um valor substancialmente superior aos recomendados por Smart e Robinson (1991) (Figura 20). Não obstante, face às condições climatéricas da região, um NCF elevado promove uma melhoria do microclima da sebe, minimizando a probabilidade de ocorrência de escaldão (Queiroz, 2002).

Na Figura 20, é possível constatar não só uma diferença entre os níveis, com o nível vegetativo a apresentar valores superiores em todas as modalidades, como também facilmente se observa um aumento da densidade do coberto nas modalidades mais irrigadas. Analisando o gráfico da Figura 20, podemos observar dois grupos: as modalidades R0 e R25, com menos camadas de folhas (≈ 2 NCF) e as modalidades R50 e R75, com maiores densidades de coberto (≈ 4 NCF). Em média, o nível vegetativo apresenta mais uma camada de folhas em relação aos resultados obtidos das medições ao nível dos cachos (Figura 20). Os dados obtidos por Pinto (2015) foram menos conclusivos, não se evidenciando grandes diferenças entre modalidades. Podemos também constatar um aumento da densidade do coberto vegetal relativamente ao ano de 2015 (Pinto, 2015).

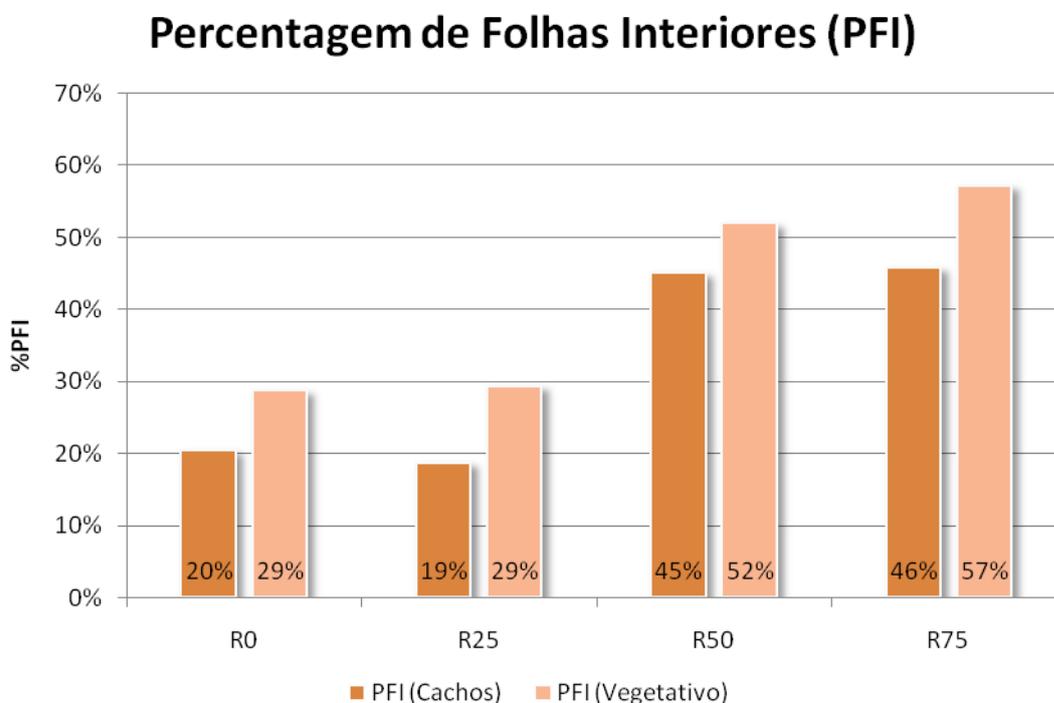


Figura 21 - Percentagem de Folhas Interiores (PFI) nas diversas modalidades, quantificados ao nível dos cachos e ao nível vegetativo. Quinta da Cabreira, 2016. Dados não analisados estatisticamente.

Relativamente à Percentagem de Folhas Interiores (PFI), os dados obtidos seguem a mesma tendência evidenciada no Número de Camadas de Folhas (NCF), sendo possível destacar dois grupos de modalidades: as modalidades R0 e R25, com valores mais baixos ($\approx 24\%$ PFI) e as modalidades R50 e R75, com maior percentagem de folhas interiores ($\approx 50\%$ PFI)(Figura 21). As modalidades com valores mais elevados irão consequentemente ter um decréscimo da sua eficiência fotossintética, pelo facto do fluxo fotónico fotossinteticamente activo (PPFD) decrescer exponencialmente à medida que a radiação vai atravessando as sucessivas camadas

de folhas (Lopes, 1994). Porém, apesar das folhas interiores terem uma fraca contribuição na produção total de fotoassimilados, as mesmas permitem a criação de um microclima mais favorável, protegendo os cachos e diminuindo a temperatura no interior da sebe.

Tal como na Percentagem de Folhas Interiores (PFI)(Figura 21), a Percentagem de Cachos Interiores(Figura 22) segue uma tendência semelhante, demonstrando uma correlação positiva entre a percentagem de cachos ensombrados e o conforto hídrico das diferentes modalidades. O facto das modalidades mais regadas possuírem sebes mais densas, com maiores valores de NCF (Número de Camadas de Folhas)(Figura 20), promove a formação e a maturação de cachos em situação de ensombramento, o que face às circunstâncias climatéricas da região se torna um factor benéfico, protegendo os mesmos dos excessos de temperatura e por sua vez diminuindo os riscos de escaldão. Mais uma vez, os dados recolhidos demonstram-se mais conclusivos relativamente aos obtidos por Pinto (2015), que obteve valores superiores nas modalidades R25 e R75, com 81,3% e 84,2%, respectivamente. A modalidade sem irrigação (R0) foi a que obteve uma menor Percentagem de Cachos Interiores (PCI)(Figura 22), que neste caso, vem de encontro com os dados obtidos por Pinto (2015) para a mesma modalidade. De salientar também, que tal como esperado, ao nível vegetativo, a percentagem foi nula, pelo facto de no terço superior dos sarmentos geralmente não ocorrer a formação de cachos (Figura 22).

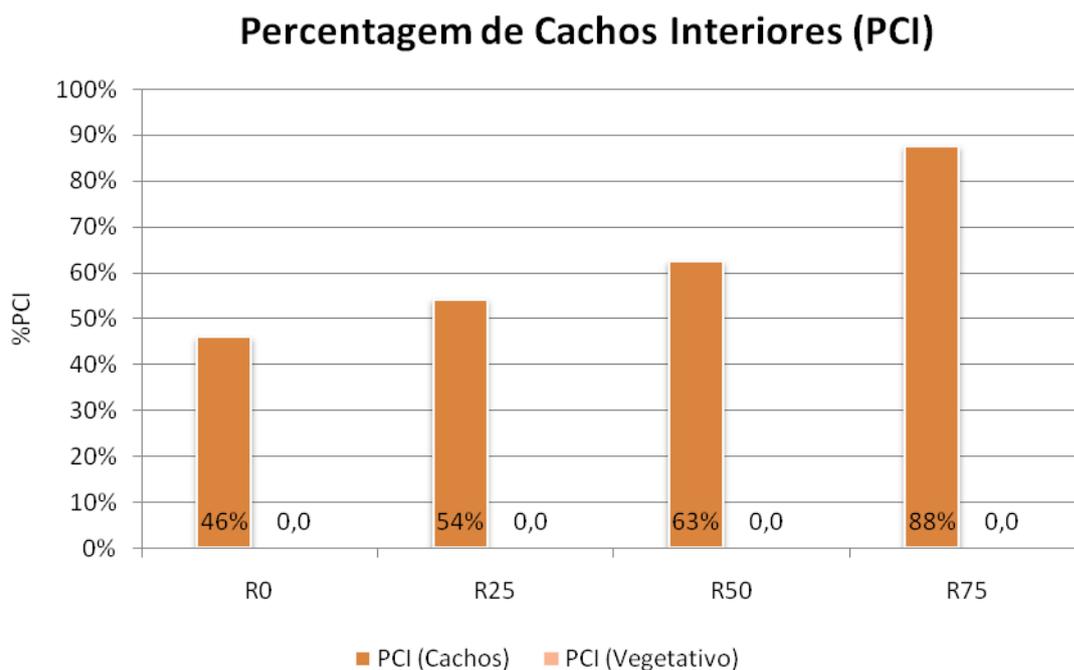


Figura 22 - Percentagem de Cachos Interiores (PCI) nas diversas modalidades, quantificados ao nível dos cachos e ao nível vegetativo. Quinta da Cabreira, 2016. Dados não analisados estatisticamente.

Aquando da medição do “Point-Quadrat” registou-se pontualmente a ocorrência de buracos nas modalidades R0 e R25, ao nível dos cachos (Figura 23). Nas restantes, uma vez que apresentavam uma densidade de coberto superior, não foram obtidos quaisquer buracos (Figura 23). Comparativamente com o ano anterior os valores foram superiores, devido à grande percentagem de buracos obtida na modalidade R0 (13% ao nível dos cachos), e à percentagem obtida na modalidade R25 (4% ao nível dos cachos) (Pinto, 2015) (Figura 23). Contrariamente ao ano passado, registou-se maior compacidade da sebe ao nível vegetativo, não tendo sido registados quaisquer buracos no terço superior das videiras (Pinto, 2015) (Figura 23).

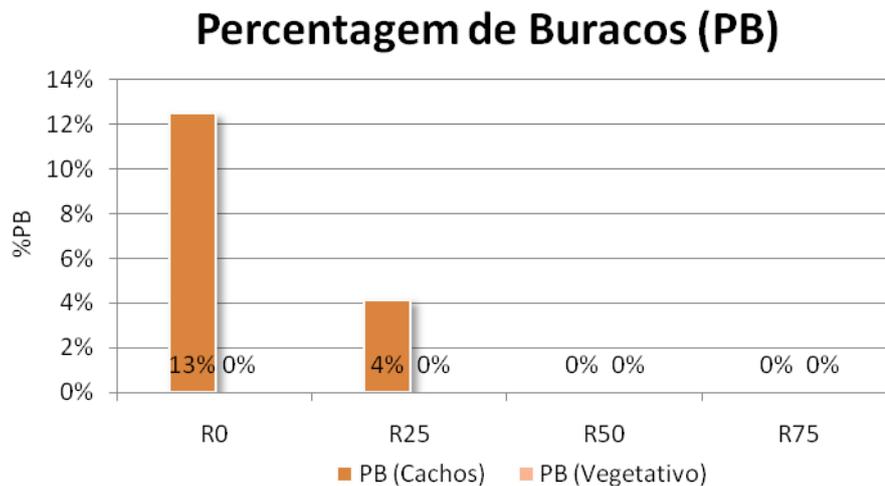


Figura 23 - Percentagem de Buracos (PB) nas diversas modalidades, quantificados ao nível dos cachos e ao nível vegetativo. Quinta da Cabreira, 2016. Dados não analisados estatisticamente.

Face às condições de irradiância solar e temperatura da região, Oliveira (1996) refere que é aconselhável um valor de NCF (Número de Camadas de Folhas) superior a 2,0, e um PB (Percentagem de Buracos) que não exceda os 10%, a fim de garantir a protecção dos cachos e a consequente diminuição dos riscos de escaldão. Assim sendo, as videiras das modalidades R0 e R25, são as que apresentam maiores probabilidades de ocorrência de escaldão (Figura 20 e Figura 23).

4.4. Cálculo das necessidades de rega

Para o cálculo das necessidades de rega procedeu-se ao registo dos valores da evapotranspiração de referência (ET_0), dados esses obtidos pela estação meteorológica existente na Quinta da Cabreira. Calculando o somatório dos valores de ET_0 dos últimos 15 dias, retirando os valores de precipitação e fazendo o ajuste para a cultura da vinha (utilizando um coeficiente cultural, $K_c=0,8$), procedeu-se ao cálculo das dotações de rega por modalidade. Sabendo o débito dos diferentes gotejadores ($R_{25} = 2$ L/hora; $R_{50} = 4$ L/hora e $R_{75} = 6$ L/hora) foi possível calcular o tempo de rega necessário para suprir as necessidades hídricas de cada modalidade.

A data de início de rega escolhida foi o dia 20 de Julho. A marcação da data de início teve como base os resultados do Potencial Hídrico de Base (Ψ_b) obtidos na madrugada do dia 15 de Julho, em que foram atingidos valores na ordem dos $-0,4$ MPa, valores esses que segundo Carbonneau (1998) indicam um stress hídrico “moderado” a “forte”. Foram posteriormente realizadas mais três regas (3, 18 e 31 de Agosto), seguindo uma periodicidade de 15 dias. Os cálculos para as regas realizadas nos dias 20 de Julho, 3 de Agosto, 18 de Agosto e 31 de Agosto, encontram-se esquematizados nas Figuras 24, 25, 26 e 27, respectivamente. Nestas encontram-se os valores registados da Evapotranspiração de Referência (ET_0), assim como se apresenta a evolução da Evapotranspiração Cultural (ET_c) ao longo do período de 15 dias que antecedem as regas.

O tempo das três primeiras regas rondou entre as 8 a 9 horas, com as dotações fornecidas a cada videira, em média, a situarem-se entre os 17 litros na R_{25} , 35 litros na R_{50} e os 52 litros na R_{75} (Figuras 24, 25 e 26). A última rega (Figura 27), por acção dos menores valores de Evapotranspiração Cultural (ET_c) registados, foi de menor duração (6h20min), e com as dotações fornecidas a cada videira a situarem-se entre os 12,7 litros na R_{25} , 25,4 litros na R_{50} e os 38 litros na R_{75} (Figura 27). Na Figura 24 é possível constatar, nos dias 5, 6 e 7 de Julho, a influência da ocorrência de precipitação na diminuição da Evapotranspiração Cultural (ET_c), sendo que após alguns dias as videiras retomaram os seus níveis de evapotranspiração normais. A partir de meados do mês de Agosto verificou-se uma progressiva diminuição dos valores da Evapotranspiração Cultural (ET_c), chegando no último dia da segunda rega a atingir os 3,6 mm/dia (Figura 26). Nos dias seguintes, os valores de ET_c estabilizaram-se em níveis mais baixos, rondando os 4 mm/dia (Figura 27). A modalidade R_0 , pelo facto de ser a modalidade controlo, não foi irrigada, havendo apenas uma ligeira reposição hídrica no início do mês de Julho, devido à ocorrência de precipitação no dia 5 de Julho (Figura 24).

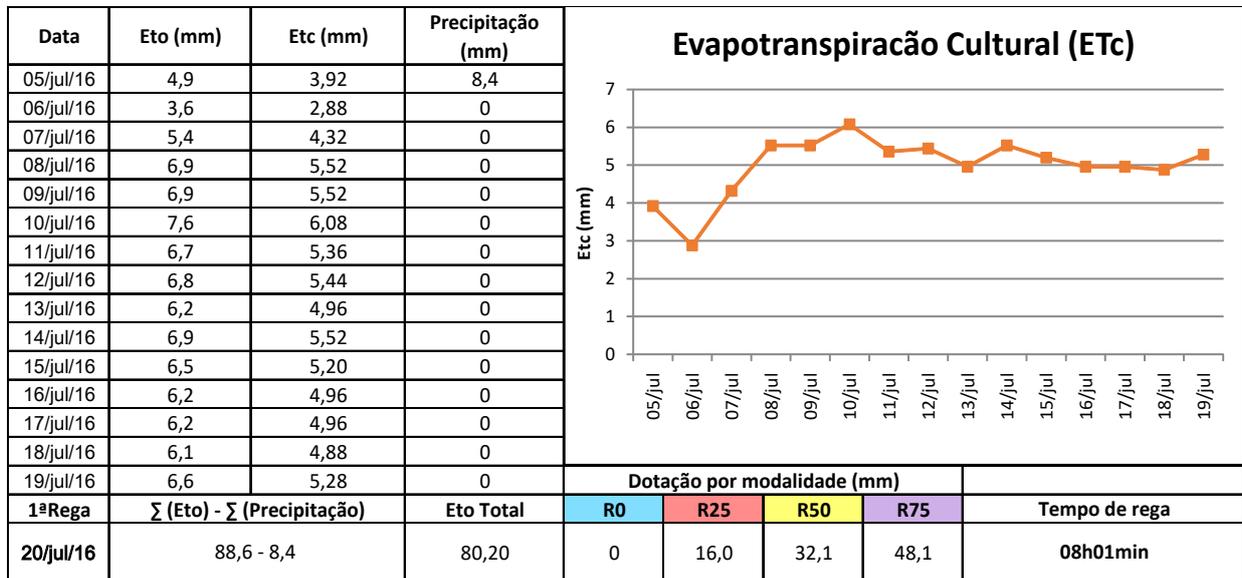


Figura 24- Cálculo das dotações e tempo de rega para o dia 20 de Julho. Quinta da Cabreira, 2016.

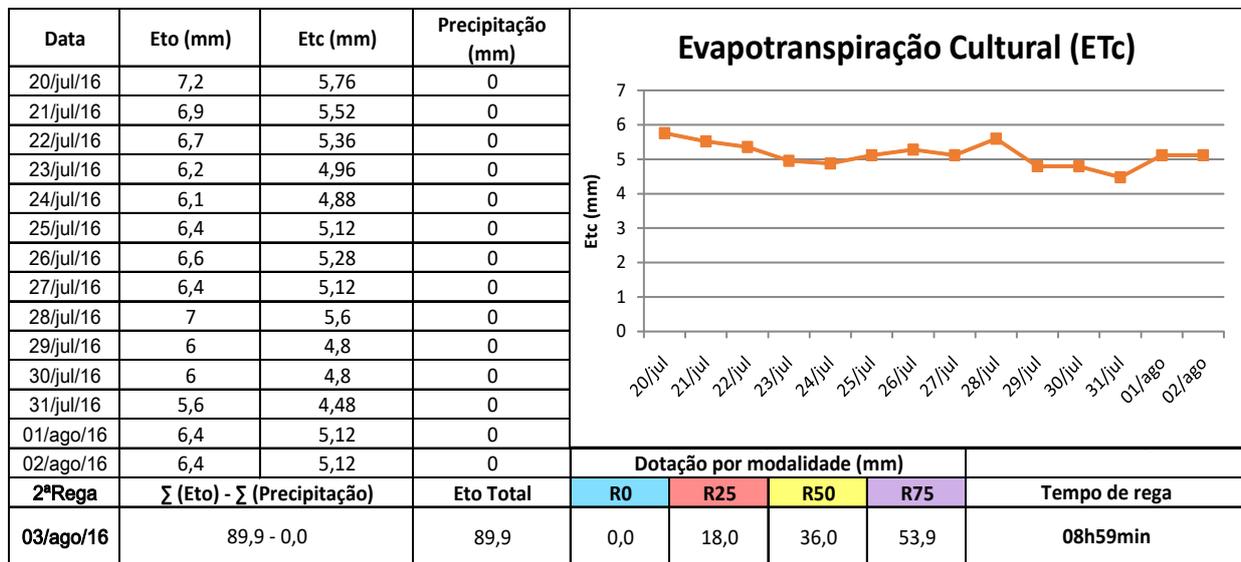


Figura 25 - Cálculo das dotações e tempo de rega para o dia 3 de Agosto. Quinta da Cabreira, 2016.

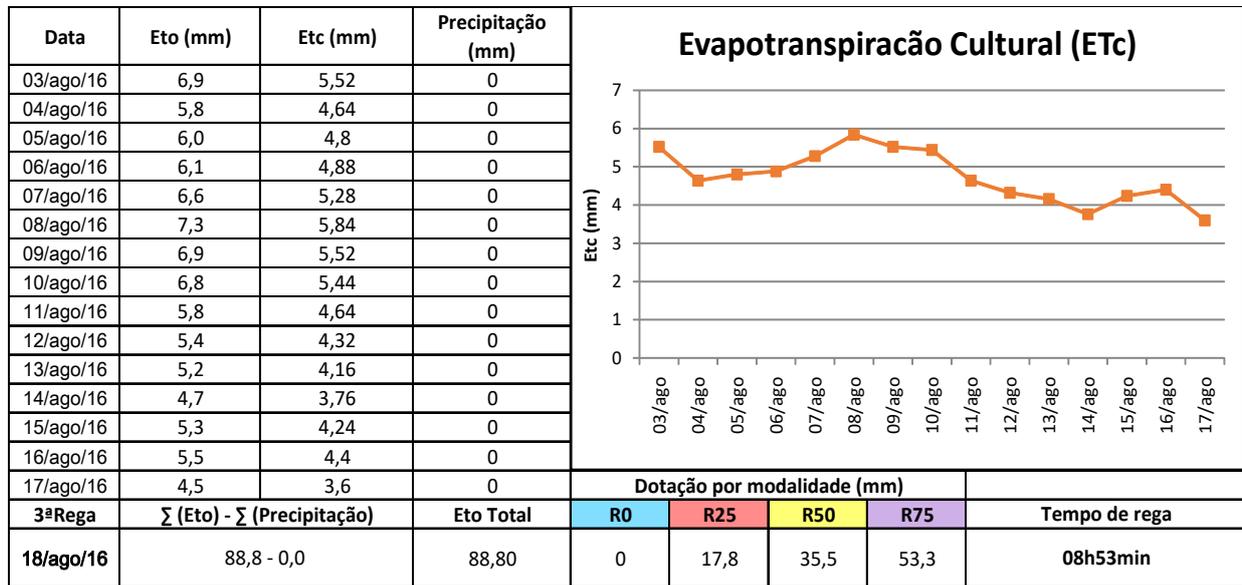


Figura 26 - Cálculo das dotações e tempo de rega para o dia 18 de Agosto. Quinta da Cabreira, 2016.

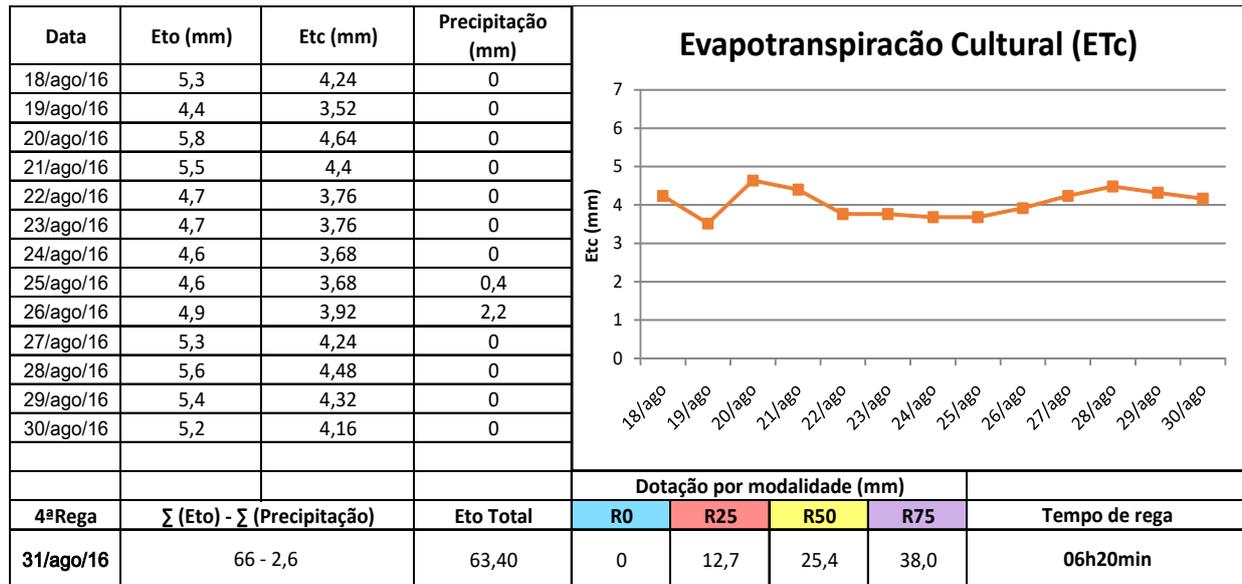


Figura 27 - Cálculo das dotações e tempo de rega para o dia 31 de Agosto. Quinta da Cabreira, 2016.

4.5. Medições ecofisiológicas

Ao longo do ensaio foram realizadas medições ecofisiológicas, visando uma monitorização e posterior análise dos comportamentos fisiológicos das diferentes modalidades. A câmara de pressão de Scholander e o equipamento IRGA (*Infrared gas analyser*) foram os equipamentos utilizados para as medições do Potencial Hídrico Foliar (Ψ_f) e para as trocas gasosas ao nível dos estomas, respectivamente.

4.5.1. Potencial Hídrico Foliar (Ψ_f)

As medições do Potencial Hídrico Foliar de Base (Ψ_b) ocorreram de madrugada, período no qual a videira se encontra num estado de equilíbrio hídrico com o solo e o seu conforto hídrico é máximo. Sendo assim, os valores obtidos nesta medição não só traduzem o estado hídrico da planta, como nos indicam a evolução da disponibilidade de água presente no solo. A primeira medição do Potencial Hídrico de Base (Ψ_b) ocorreu no dia 15 de Julho, tendo-se concluído que os valores obtidos ($\approx -0,40\text{MPa}$), equivalente, segundo Carbonneau (1998), a um stress hídrico “Moderado” a “Forte”, justificariam a administração da primeira rega. Sendo assim, as videiras tiveram a sua primeira irrigação no dia 20 de Julho. Após a primeira rega, as medições foram realizadas na madrugada anterior à rega (à excepção da rega de 18 de Agosto), permitindo desta forma medir o stress hídrico no período de maior carência hídrica. Devido aos baixos índices de precipitação os valores obtidos dependem exclusivamente das diferentes dotações de rega fornecidas a cada modalidade.

O gráfico que se segue (Figura 28) apresenta a evolução do Potencial Hídrico de Base (Ψ_b), medido 14 dias após a rega, permitindo averiguar não só a evolução geral ao longo do período estival, como a existência de diferenças entre as modalidades.

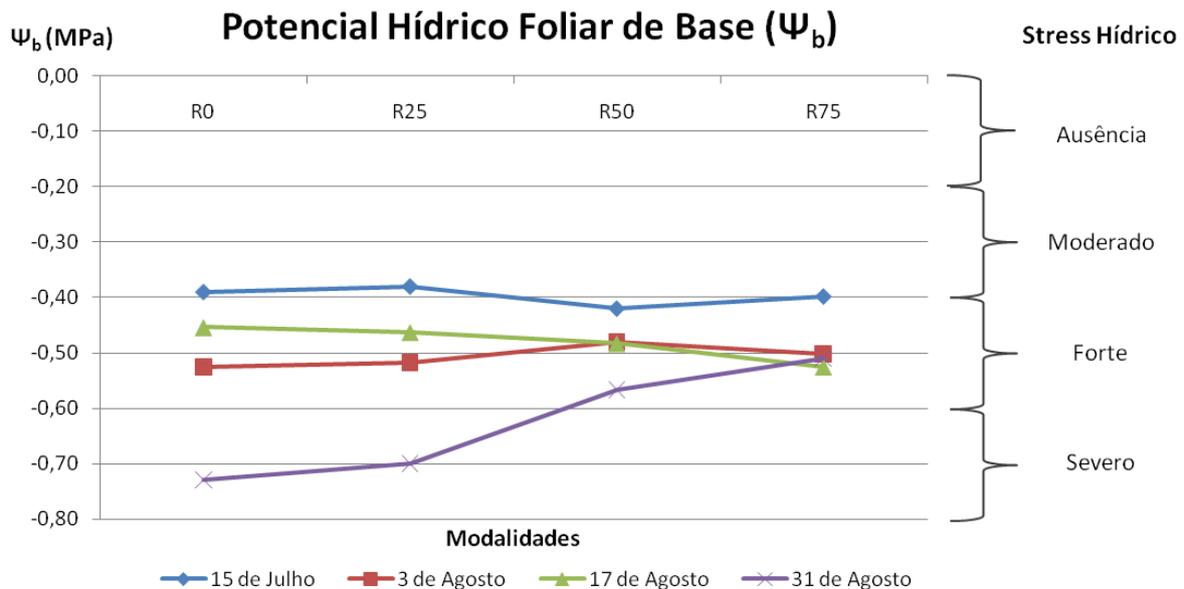


Figura 28 - Evolução do Potencial Hídrico de Base (Ψ_b) e níveis de stress hídrico definidos por Carbonneau (1998), nas diferentes modalidades, durante os meses de Julho e Agosto. Quinta da Cabreira, 2016. Nível de significância: n.s.

À excepção do dia 31 de Agosto as restantes medições apresentam poucas variações entre as modalidades, tendo sido registados valores entre -0,40 e -0,50 MPa, considerado um stress hídrico “Forte” (Figura 28). Por outro lado, é possível verificar os efeitos das diferentes dotações aquando da última medição, tendo-se constatado um nível de stress hídrico “Severo” nas modalidades R_0 e R_{25} (Figura 28). Já a modalidade R_{75} foi a que evidenciou ter menores flutuações, mantendo o mesmo nível de stress hídrico ao longo do tempo (Figura 28). A modalidade R_{50} apresentou uma ligeira descida no dia 31 de Agosto (Figura 28). Os dados recolhidos vêm demonstrar que as modalidades menos regadas (R_0 e R_{25}), apesar de nas primeiras medições não demonstrarem um stress hídrico diferente das restantes, no dia 31 de Agosto, a ausência de rega (R_0), ou baixas dotações (17,8 Litros na R_{25}), provocaram um aumento no nível de stress hídrico nestas modalidades (Figura 28). Segundo Deloire *et al.* (2005), valores inferiores a -0,6 Mpa, podem comprometer a taxa fotossintética, assim como a maturação das uvas. Assim sendo, as modalidades R_0 e R_{25} são as que apresentam maior susceptibilidade a atrasos na maturação (Figura 28). No ano anterior, Pinto (2015) obteve

níveis de stress hídrico superiores, chegando aos -1,00 MPa, no entanto, os dados do presente ano são mais conclusivos reflectindo uma maior diferença entre as modalidades. Tentando encontrar uma justificativa para as diferenças de resultados entre o ano corrente e o ano anterior, concluímos que as chuvas tardias ocorridas no presente ano, apesar de terem potenciado o aparecimento de doenças criptogâmicas, foram o factor diferenciador, permitindo que mesmo nos meses de forte escassez hídrica as videiras obtivessem alguma água proveniente dos horizontes mais profundos do solo (Figura 14).

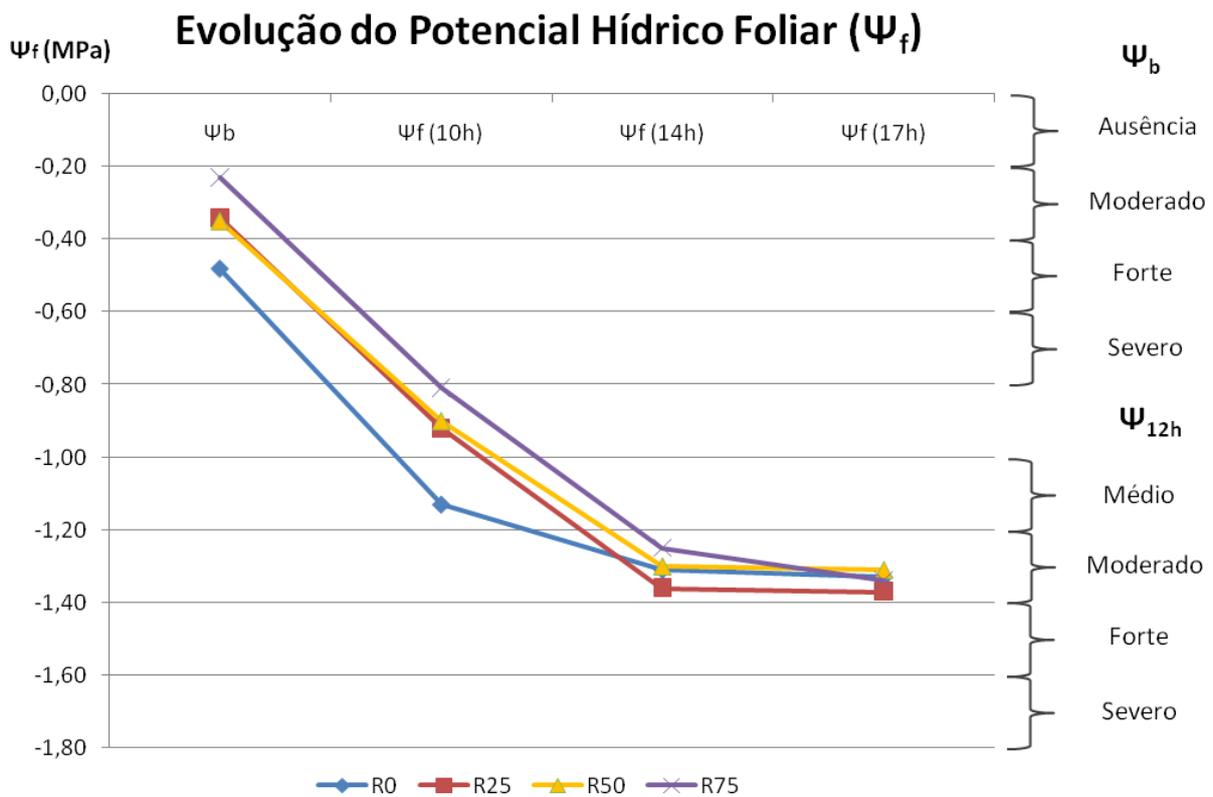


Figura 29 - Evolução do Potencial Hídrico Foliar (Ψ_f) das diferentes modalidades durante o dia. Medições efectuadas no dia 5 de Agosto (10h, 14h e 17h) e na madrugada do dia 6 de Agosto (Ψ_b). Níveis de stress hídrico de Ψ_b (Carbonneau, 1998) e Ψ_{12h} (Trujillo, 200)

A Figura 29 expõe a curva do Potencial Hídrico Foliar (Ψ_f) ao longo do dia, após a rega realizada no dia 3 de Agosto, registando-se os valores às 10h(Ψ_f), 14h(Ψ_f) e 17h(Ψ_f), no dia 5 de Agosto, e às 4h(Ψ_b) no dia 6 de Agosto. Tal como esperado, o aumento das temperaturas e da radiação solar originaram um aumento das perdas hídricas por transpiração, que se traduziu numa diminuição do Potencial Hídrico Foliar (Ψ_f) até às 14h (Figura 29). Após este período, verificou-

se uma estabilização dos valores, havendo uma convergência de todas as modalidades ($\approx -1,30$ MPa) para um nível de stress hídrico considerado “Moderado”(Figura 29).

No gráfico da Figura 30 é possível observar a variação das condições de temperatura e radiação, ocorridas no dia 5 de Agosto. É possível verificar que, contrariamente aos valores obtidos por Pinto (2015), não houve uma recuperação hídrica por parte das plantas, aliás, na modalidade R_{75} observou-se um ligeiro decréscimo (Figura 29). Tal facto pode ser explicado, analisando a evolução da temperatura e radiação desse mesmo dia, que demonstram a ocorrência da temperatura máxima entre as 16h e as 17h (Figura 30). Apesar de haver um decréscimo significativo da radiação aquando da última medição (17h), os valores obtidos do Potencial Hídrico Foliar foram semelhantes aos da medição anterior (14h) (Figura 29 e 30). Podemos desta forma concluir que o factor temperatura é a variável mais importante para a desidratação foliar ao longo do dia.

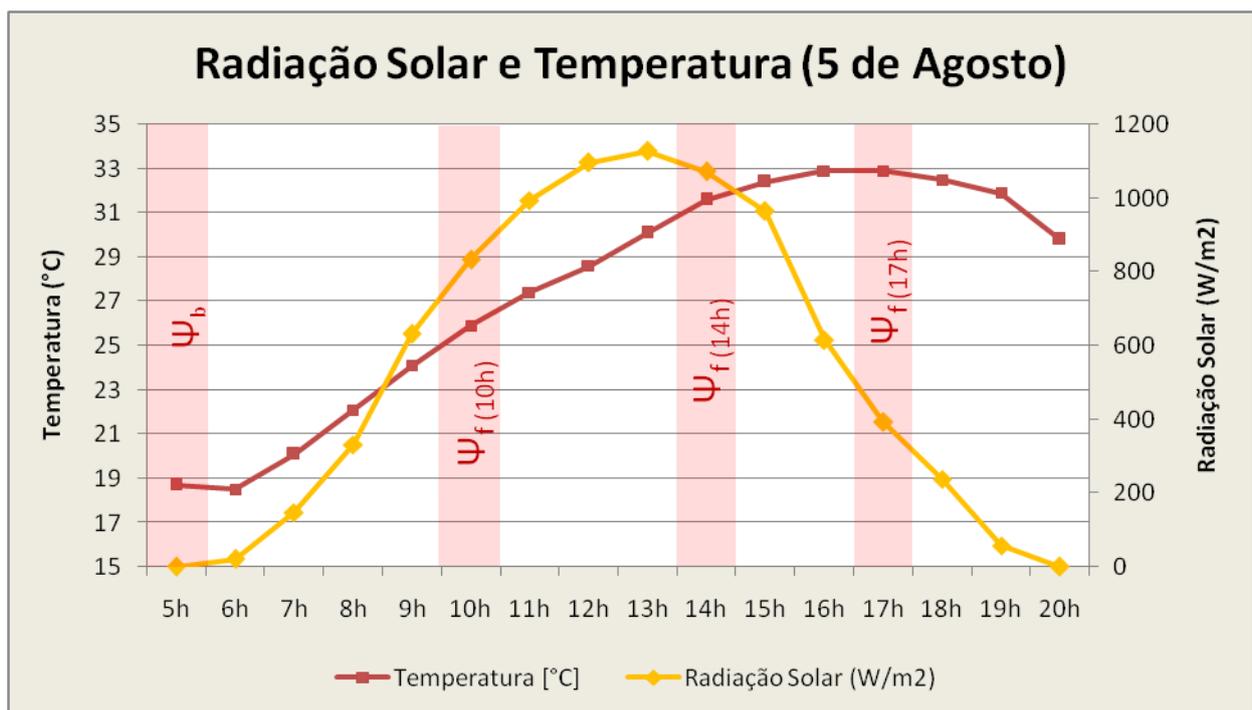


Figura 30 - Evolução da radiação solar (w/m2) e temperatura (oC), no dia 5 de Agosto. Quinta da Cabreira, 2016.

Como havia sido referido, nos dias 3 e 6 de Agosto foram efectuadas medições do Potencial Hídrico Foliar de Base (Ψ_b). O gráfico da Figura 31 demonstra as diferenças no estado de hidratação das videiras entre um período pré-rega (3 de Agosto) e um período pós-rega (6 de Agosto). A rega foi realizada do dia 3 para o dia 4 de Agosto, tendo sido utilizadas as dotações de 18,0, 36,0 e 53,9 litros/videira, nas modalidades R₂₅, R₅₀ e R₇₅, respectivamente (Figura 25).

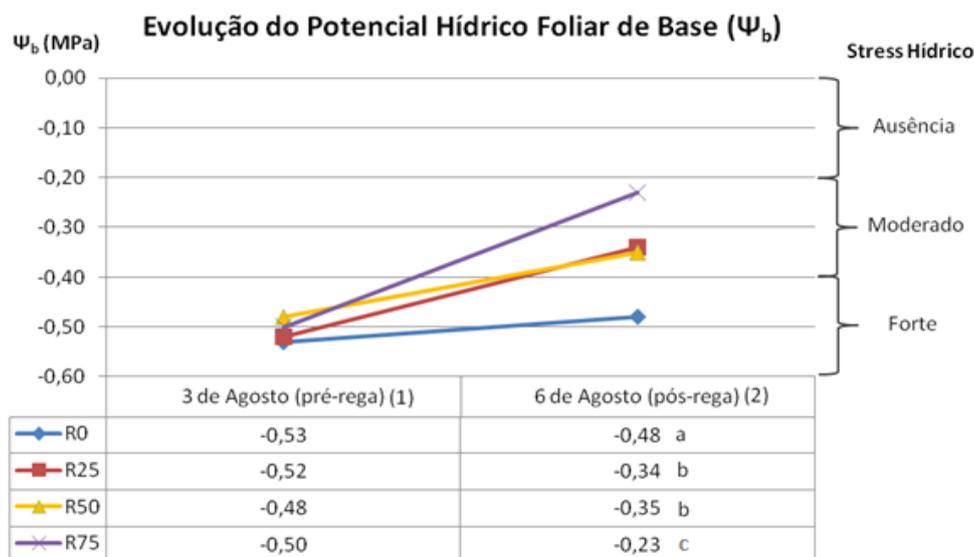


Figura 31 - Evolução do Potencial Hídrico Foliar de Base (Ψ_b) após irrigação. Quinta da Cabreira, 2016. (1) Nível de significância: n.s.; (2) Nível de significância: $p < 0,01$.

Os efeitos das diferentes dotações traduziram-se numa grande discrepância de valores entre as modalidades. Nas modalidades irrigadas assistiu-se a uma subida significativa, com as modalidades R₂₅ e R₅₀ a atingirem um nível de stress hídrico considerado por Carbonneau (1998) como “Moderado” ($\Psi_b \approx -0,34$ MPa), e a modalidade R₇₅ a atingir valores de quase “Ausência” de stress hídrico ($\Psi_b = -0,23$ MPa) (Figura 31). A modalidade não irrigada R₀, tal como esperado, não obteve diferenças significativas (Figura 31). Os dados obtidos parecem transparecer uma diferença significativa no teor de humidade do solo entre o período pré-rega e o período pós-rega, pelo facto de na medição de 3 de Agosto (pré-rega) não se evidenciar uma diferença tão expressiva entre as modalidades, comparativamente com a medição de 6 de Agosto (pós-rega), cujos efeitos das diferentes dotações se encontram mais evidentes (Figura 31). Sendo assim, procedeu-se à análise dos dados recolhidos pela sonda, com o objectivo de compreender a evolução do teor de água do solo nos dias a seguir à rega.

A sonda que se encontra instalada no nosso delineamento experimental é do tipo FDR (*Frequency Domain Reflectometry*), do modelo EnviroSCAN® 150, fornecendo informações frequentes e detalhadas sobre o estado hídrico do solo, a diferentes profundidades (20, 40, 60 e 80cm). Encontra-se mais precisamente no Bloco 2, na modalidade R₂₅(Figura 6).

O gráfico da Figura 32, demonstra a evolução do estado hídrico do solo, no período compreendido entre o mês de Janeiro e o mês de Novembro.

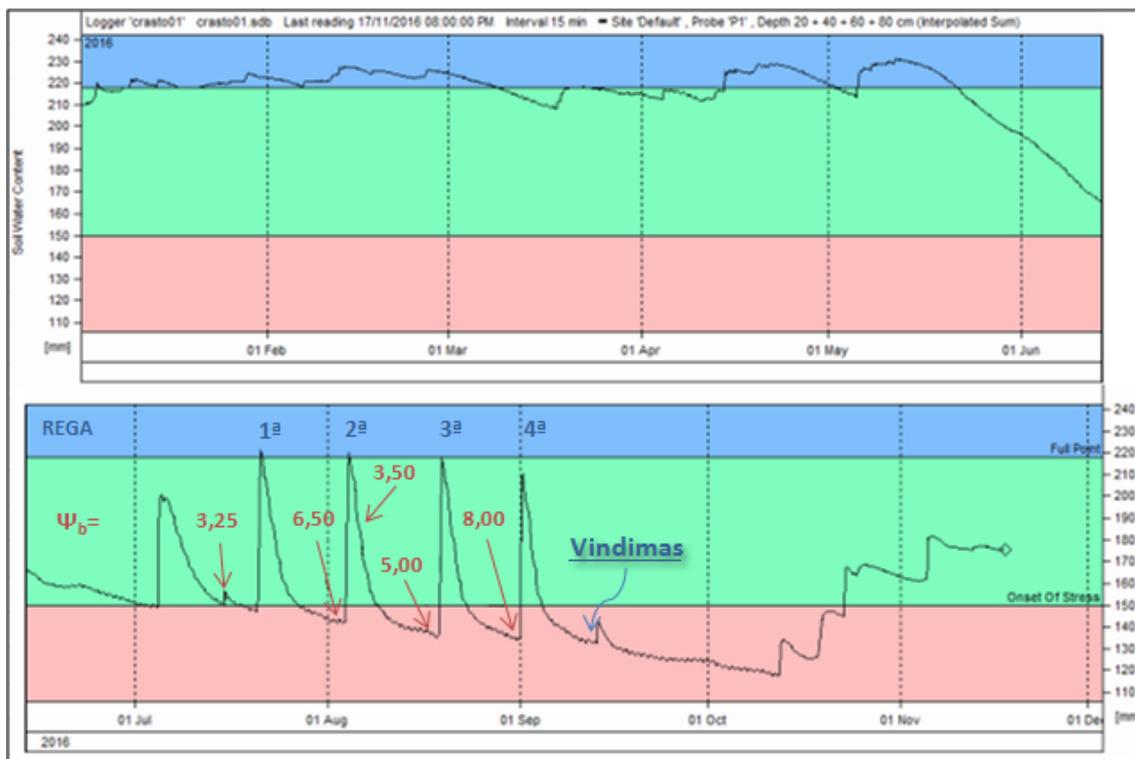


Figura 32 - Evolução do estado hídrico do solo (mm), entre os meses de Janeiro e Novembro. Dados obtidos pela sonda EnviroSCAN® 150, localizada na modalidade R₂₅ do Bloco 2. Quinta da Cabreira, 2016.

Paralelamente às medições do Potencial Hídrico Foliar (Ψ_b) nas diferentes modalidades, foram realizadas medições na videira que se encontrava na proximidade da sonda, com a finalidade de correlacionar os valores de stress hídrico foliar, obtidos pela câmara de pressão de Scholander, com o estado hídrico do solo.

Analisando o gráfico da Figura 32, mais precisamente entre o mês de Janeiro e Maio, verificamos períodos longos de saturação hídrica do solo e/ou níveis muito próximos da Capacidade de Campo (CC) ("Full point"). Ainda que altos níveis de precipitação nos meses de Abril e Maio tivessem potenciado o aparecimento de doenças criptogâmicas, a ocorrência destas chuvas tardias revelaram-se por outro lado benéficas, uma vez que contribuíram para que o teor de água no solo se mantivesse alto, atrasando desta forma a data da primeira rega

(Figura 32). Além do mais, a ocorrência de precipitação no início do mês de Julho (dias 4, 5 e 6, com um total de $\approx 40\text{mm}$) suspendeu a primeira irrigação para o dia 20 de Julho (Figura 32).

O primeiro registo do Potencial Hídrico Foliar (Ψ_b) da sonda, como anteriormente referido, ocorreu no dia 15 de Julho, tendo sido obtido o valor 3,25 MPa, indicador de um nível de stress hídrico “Moderado”(Figura 32). Curiosamente, este valor de stress hídrico coincidiu com o limite de stress indicado pela sonda ($\approx 150\text{mm}$)(Figura 32). Analisando mais precisamente a evolução do teor de humidade do solo aquando do período compreendido entre as regas, observamos, em primeiro lugar, uma fraca capacidade de retenção hídrica do mesmo, constatando-se que, em apenas 4 a 5 dias, o teor de humidade se encontrava abaixo do limite de stress, demonstrando desta forma, que o período no qual a videira beneficia do conforto hídrico fornecido pela irrigação quinzenal é bastante reduzido (Figura 32). Após a passagem do limite de stress existe um ligeiro abrandamento na perda de água, no entanto, a água no solo vai-se tornando cada vez mais escassa até à ocorrência da irrigação seguinte (Figura 32). Apesar da fraca capacidade de retenção do solo verificamos que em todas as regas realizadas, salvo a última irrigação (4ª rega), nos dias após a rega, a disponibilidade hídrica foi máxima, tendo sido atingida a capacidade de campo (“*Full point*”)(Figura 32). Os valores do Potencial Hídrico Foliar (Ψ_b) obtidos foram: 3,25 MPa (1ª Rega), a 15 de Julho; 6,50 MPa (2ª Rega), a 3 de Agosto; 3,50 MPa (após 2ª Rega), a 6 de Agosto; 5,00 MPa (3ª Rega), a 17 de Agosto; 8,00 MPa (4ª Rega), a 31 de Agosto (Figura 32).

Observando a evolução da humidade do solo, constatamos que ao longo do período estival, apesar das regas, houve um agravamento progressivo da condição hídrica do mesmo (Figura 32). A escassez hídrica evidenciada levou a que a videira deixasse de possuir no seu sistema radicular força extractiva suficiente para a assimilação da água existente no solo, originando um decréscimo progressivo dos valores de Potencial Hídrico de Base (Ψ_b) registados. O agravamento do nível de stress hídrico ocorreu devido a uma recuperação hídrica incompleta durante a noite, pelo facto do teor de água do solo ser insuficiente e/ou a taxa de transpiração durante o dia ter sido demasiado alta.

As vindimas, realizadas a 12 de Setembro, foram agendadas para esta data face à condicionante de estar prevista ocorrência de precipitação no dia seguinte, como se encontra demonstrado pela ligeira subida no teor de humidade do solo (Figura 32). A partir de meados de Outubro as precipitações mais frequentes levaram a uma recuperação da humidade do solo para níveis de conforto hídrico para a videira. De salientar que neste período, fruto da diminuição da temperatura, os níveis de humidade do solo mantiveram-se relativamente

O gráfico da Figura 34 representa a evolução do estado hídrico do solo a diferentes profundidades (20, 40, 60 e 80cm), no período compreendido entre o mês de Junho e o mês de Novembro. Nele encontram-se assinaladas as regas e as respectivas alterações provocadas na humidade do solo. Os restantes aumentos de humidade correspondem a ocorrências de precipitação, que no período estival do presente ano ocorreram nos dias 4, 5 e 6 de Julho (39,6mm) e no dia seguinte à vindima, 13 de Setembro (19,4 mm). É possível observar diferenças na distribuição de humidade entre as precipitações e as irrigações. Comparando a precipitação dos dias 4, 5 e 6 de Julho com a irrigação de 20 de Julho é facilmente perceptível que a rega gota-a-gota permite uma distribuição da humidade muito mais homogénea pelos diferentes horizontes do solo, comparativamente com a precipitação, na qual se verificou um maior acúmulo de água nos horizontes mais superficiais (Figura 34). Além do mais, a quantidade de água fornecida no momento da irrigação (16,0mm)(Figura 24) foi significativamente menor do que a precipitação (39,6mm), demonstrando a grande eficiência deste sistema no aproveitamento dos recursos hídricos. O mesmo se observa no dia após a vindima (13 de Setembro) em que apenas o horizonte mais superficial (20cm) sofreu alterações de humidade (Figura 34). A partir de meados de Outubro, com o regresso das precipitações outonais, continuou-se a verificar maior acumulação de água a baixas profundidades (Figura 34).

De salientar que os registos da sonda são referentes à modalidade com menores dotações de rega (R_{25}). O facto de nesta modalidade ter sido atingida a Capacidade de Campo (CC) (“*Full point*”) na maioria das irrigações efectuadas, leva-nos a crer que a utilização de dotações superiores nas outras modalidades irrigadas (R_{50} e R_{75}) possa ter resultado em perdas de água por lixiviação. Por outro lado, partindo do princípio de que a Água Utilizável pela Planta, é obtida pela diferença entre a Capacidade de Campo (CC) (“*Full point*”) e o Coeficiente de Emurhecimento (CE), a adição de mais água é, pelo menos no imediato, irrelevante, na medida em que o total de água disponível para absorção radicular é o mesmo. A diferença entre modalidades ocorre, nos dias seguintes à rega, ou seja, como a modalidade R_{25} se encontra no limite da Capacidade de Campo, imediatamente o total de Água Utilizável pela Planta começa a decrescer, enquanto nas modalidades com maiores dotações (R_{50} e R_{75}), pelo facto da drenagem terminar após alguns dias (entre 2 a 3 dias) a videira ainda possui o máximo de água utilizável nos dias seguintes à rega.

4.5.2. Trocas gasosas ao nível dos estomas

Utilizando um equipamento analisador de gases por infravermelhos (IRGA – *Infrared gas analyser*) foi possível monitorar os seguintes comportamentos fisiológicos: fotossíntese líquida (A), taxa de respiração (E), condutância estomática (g_s), temperatura da folha (Tleaf) e temperatura da câmara (Tch – representativo da temperatura do ar). As medições ocorreram no dia 5 de Agosto, pelas 10h, 14h e 17h. De salientar que nesta data para além de um desenvolvimento vegetativo máximo, as videiras encontravam-se no início do seu ciclo de rega. Como foi demonstrado no capítulo anterior, nos primeiros dias que sucedem a irrigação o solo apresenta uma condição hídrica favorável nas modalidades irrigadas (Figura 32).

A fotossíntese constitui o processo fisiológico mais importante da videira, contribuindo para a acumulação da maioria da matéria seca existente na mesma. A taxa fotossintética é medida através da fixação de CO_2 , pelos órgãos verdes, em particular pelas folhas. De salientar que dentro dos factores abióticos responsáveis pelas alterações da produtividade fotossintética, a disponibilidade hídrica do solo constitui um dos factores mais importantes, na medida em que uma condição hídrica desfavorável desencadeia a produção de sinais químicos pelas raízes, em particular o ácido abscísico (ABA), que quando transportado para as folhas provoca o encerramento estomático e diminuição da transpiração. Consequentemente, a fixação de CO_2 fica comprometida, levando a uma diminuição da taxa fotossintética.

A produção total de fotoassimilados é dada pela contribuição individual de todas as folhas existentes na videira, no entanto, não é correcto calcular a fixação de CO_2 de uma só folha e multiplicar esse valor pela área foliar total, uma vez que a eficiência fotossintética é condicionada pela idade da folha e pela sua posição no coberto vegetal. Não obstante, e enquadrando o que foi referido com o nosso ensaio, podemos ainda assim concluir que se houver diferenças de produtividade fotossintética entre as modalidades, a área foliar total por videira não deve ser desconsiderada, uma vez que se verificaram diferenças entre as diferentes modalidades. No nosso ensaio, verificámos empiricamente uma correlação entre a senescência foliar e a ausência de água no solo, ou seja, nas modalidades com restrição hídrica maior (R_0 e R_{25}) seria ainda mais incorrecto calcular a fixação de CO_2 de uma folha do terço superior de um pâmpano e considerar que as folhas basais iriam ter o mesmo valor.

O gráfico da Figura 35 apresenta a variação da produtividade fotossintética ao longo do dia nas diferentes modalidades através da taxa de fotossíntese líquida, medida em $\mu mol m^{-2} s^{-1}$.

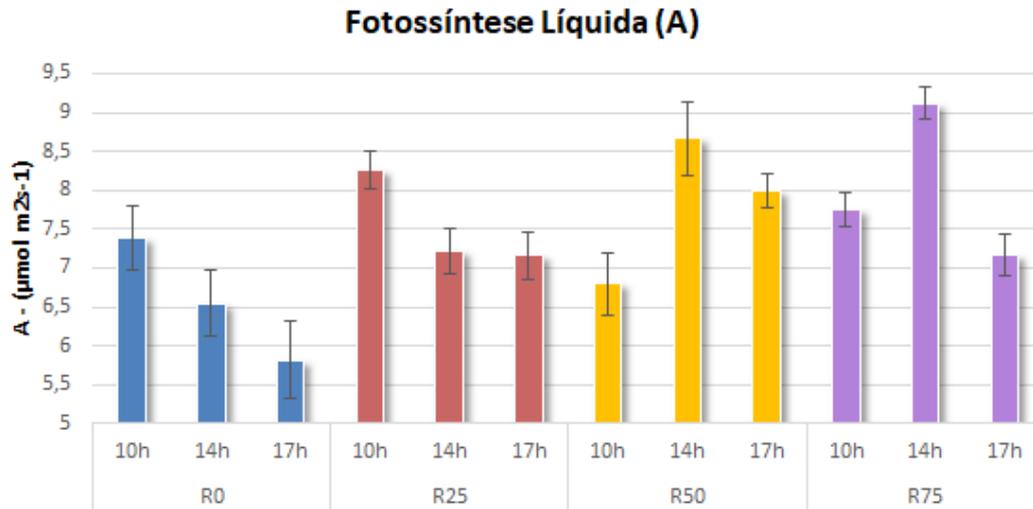


Figura 35 - Fotossíntese Líquida(A)($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), registada no dia 5 de Agosto, às 10h, 14h e 17h. Quinta da Cabreira, 2016. Dados não analisados estatisticamente.

É possível verificar na Figura 35a existência de dois grupos com evoluções diferentes. As modalidades com ausência de rega e baixas dotações (R_0 e R_{25}) tiveram um decréscimo acentuado nos níveis de fotossíntese líquida (A) entre as 10h e as 14h, ao invés das modalidades mais irrigadas (R_{50} e R_{75}), cujos níveis aumentaram no mesmo período. Podemos concluir que o factor limitativo neste último grupo foi a radiação, pelo facto de na medição das 14h a produtividade fotossintética ter sido superior. Já no grupo das modalidades menos irrigadas (R_0 e R_{25}) o aumento da radiação não favoreceu a fixação de CO_2 . Neste caso, o factor limitativo parece ter sido uma disponibilidade hídrica reduzida, originando mecanismos fisiológicos para uma redução da transpiração e a consequente redução da taxa fotossintética. Entre as 14h e as 17h os níveis de fotossíntese líquida (A) desceram em todas as modalidades, à excepção da R_{25} , que manteve sensivelmente o mesmo valor (Figura 35).

Na Figura 18 do capítulo 4.3.1. verificou-se que a área foliar foi superior nas modalidades com maiores dotações (R_{50} e R_{75}). Sendo assim, e tendo em conta que os níveis de fotossíntese líquida (A) são no geral superiores, podemos concluir que a R_{50} e R_{75} foram as modalidades que produziram maior quantidade de fotoassimilados por videira. Além do mais, como anteriormente referido, estas modalidades foram as que evidenciaram menores níveis de senescência das folhas basais.

Um dos primeiros efeitos verificados numa situação de carência hídrica, a par com a diminuição do Potencial Hídrico Foliar (Ψ_b) é a diminuição da condutância estomática (g_s). A Figura 36 apresenta a variação dos níveis de condutância estomática (g_s) ao longo do dia, nas diferentes modalidades.

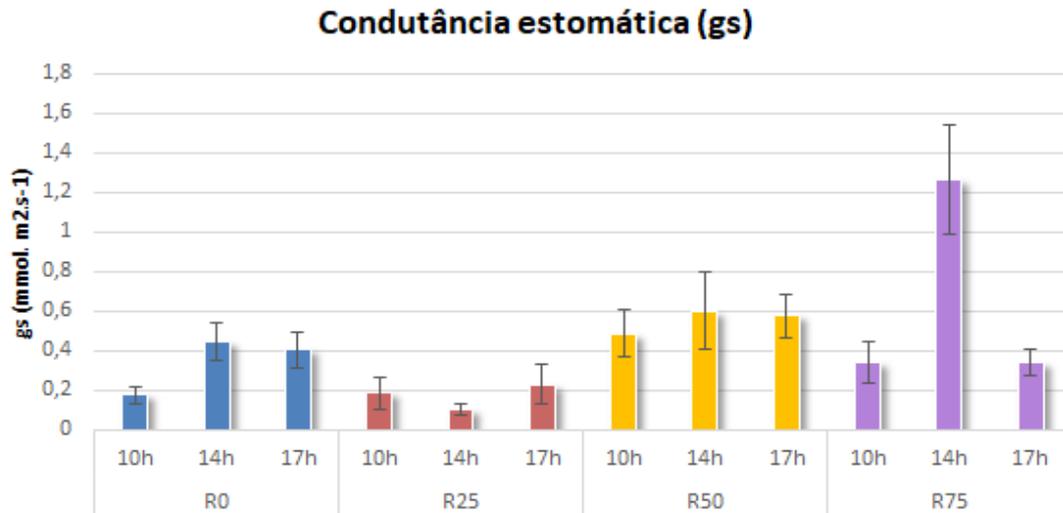


Figura 36 - Condutância estomática (g_s)(mmol.m².s⁻¹), registada no dia 5 de Agosto, às 10h, 14h e 17h. Quinta da Cabreira, 2016. Dados não analisados estatisticamente.

Numa primeira instância verificamos um comportamento estomático relativamente semelhante entre as modalidades R₀, R₂₅ e R₅₀, verificando-se na primeira e na última uma ligeira subida das 10h para as 14h, seguida de uma estabilização dos níveis (Figura 36). Já a modalidade R₂₅, para além de apresentar um maior encerramento estomático foi a única que apresentou uma descida no mesmo período (Figura 36). Na modalidade R₇₅ registou-se um aumento abrupto entre as 10h e as 14h, tendo-se obtido um valor máximo muito superior às restantes modalidades ($\approx 1,25 \text{ mmol.m}^2.\text{s}^{-1}$) (Figura 36). O que estes resultados nos indicam é que o conforto hídrico na modalidade mais irrigada (R₇₅) evitou que a mesma produzisse no seu sistema radicular ácido abscísico (ABA), prevenindo, desta forma, o encerramento estomático. Consequentemente, a produtividade fotossintética subiu consideravelmente, como se encontra esquematizado na Figura 35.

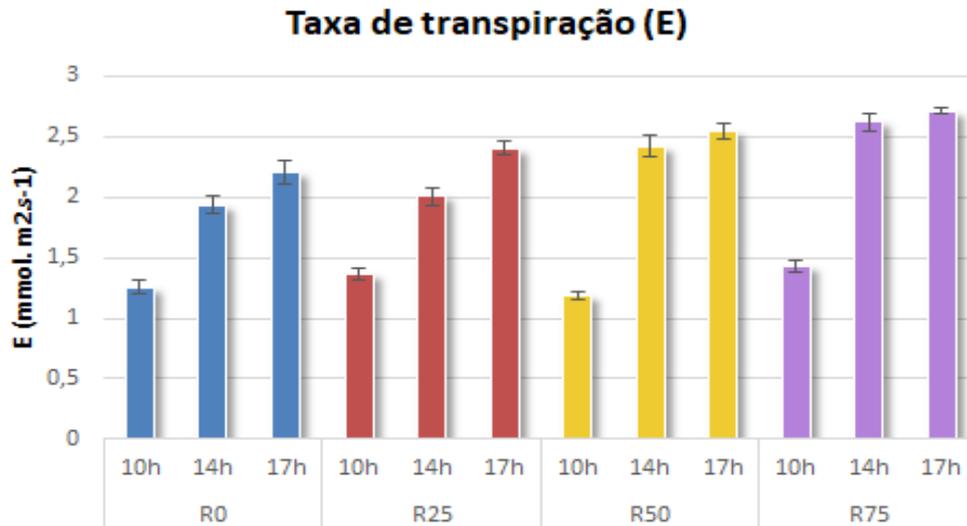


Figura 37 - Taxa de transpiração (E)(mmol.m².s⁻¹), registada no dia 5 de Agosto, às 10h, 14h e 17h. Quinta da Cabreira, 2016. Dados não analisados estatisticamente.

No que diz respeito à Taxa de transpiração (E), verificamos em todas as modalidades um aumento dos níveis ao longo do dia, acompanhando desta forma as subidas da temperatura (Figura 37). Analisando as diferenças entre modalidades verificamos uma correlação positiva entre as dotações e a Taxa de transpiração (E), ou seja, tal como esperado, um maior conforto hídrico originou uma maior perda de água por transpiração (Figura 37). Nas modalidades R₅₀ e R₇₅, houve um aumento muito superior nos níveis de transpiração entre as 10h e as 14h, comparativamente às modalidades R₀ e R₂₅ (Figura 37). Mais uma vez foi possível comprovar que a disponibilidade hídrica no solo influenciou a abertura estomática e, conseqüentemente, a transpiração e a taxa fotossintética. A pouca disponibilidade de água no solo leva a um aumento de produção de ácido abscísico (ABA), provocando o encerramento estomático e minimizando as perdas de água por transpiração. Contudo, a tentativa da videira em conservar os seus recursos hídricos resulta numa diminuição considerável da sua taxa fotossintética, comprometendo, desta forma, a fase de maturação dos bagos.

A WUE (*Water use efficiency*), dada pela razão entre a fotossíntese líquida (A) e a taxa de transpiração (E), traduz a capacidade da planta no aproveitamento dos recursos hídricos. Um baixo valor de WUE significa que para um determinado valor de fixação de CO₂, a videira abdicou de uma grande porção das suas reservas hídricas através da transpiração (E), resultando numa grande ineficiência no aproveitamento da água.

No nosso ensaio, o cálculo da WUE permite aferir se diferentes disponibilidades de água no solo desencadeiam mecanismos fisiológicos diferentes, levando a uma maior ou menor conservação das reservas hídricas na videira. A Figura 38, expõe a variação da WUE ao longo do dia, assim como as diferenças entre as modalidades.

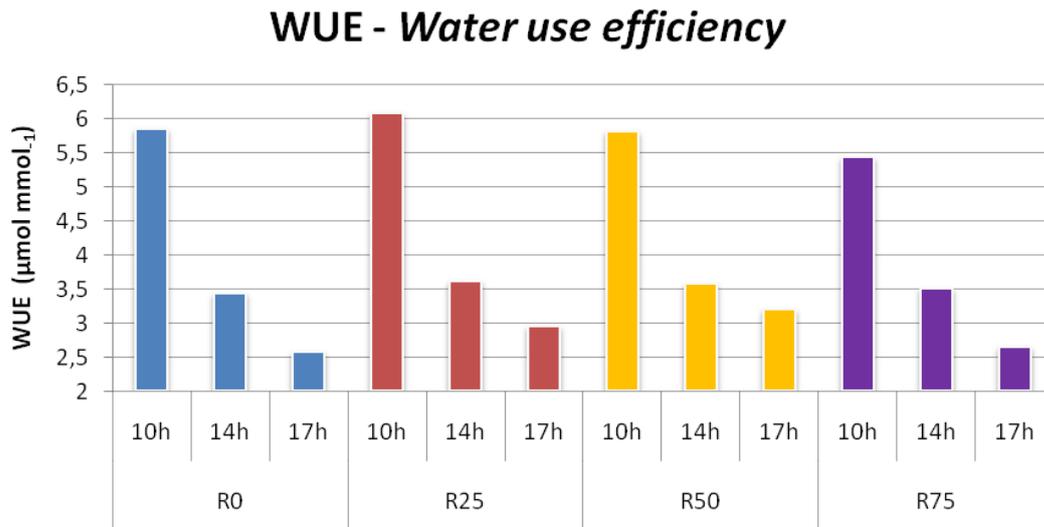


Figura 38 - WUE (Water use efficiency)($\mu\text{mol.mmol}^{-1}$), registadas no dia 5 de Agosto, às 10h, 14h e 17h. Quinta da Cabreira, 2016. Dados não analisados estatisticamente.

Em todas as modalidades verificou-se um decréscimo acentuado dos níveis de WUE, principalmente entre as 10h e as 14h (Figura 38). O facto de não haver uma grande variância na regulação estomática ao longo do dia provocou um aumento da taxa de transpiração pela subida da temperatura (Figura 36 e 37). O aumento da taxa de transpiração (E) conjuntamente com a diminuição da fixação de CO_2 levou a uma redução drástica dos níveis de WUE. Sendo assim, concluímos que o período da manhã (10h), pelo facto da temperatura ser a mais baixa, foi o período no qual a videira conseguiu aproveitar melhor os seus recursos hídricos para a produção de fotoassimilados (Figura 30 e 38). Fazendo uma análise comparativa entre modalidades, verificamos que não houve grande variância nos níveis de WUE (Figura 38). De destacar somente a modalidade R_{75} , que, possivelmente por se encontrar num maior conforto hídrico, demonstrou-se como a modalidade menos eficiente (Figura 38).

4.6. Evolução da maturação e qualidade da vindima

Durante a fase que compreende o pintor e a vindima, a disponibilidade hídrica desempenha um papel fundamental nos diversos fenómenos fisiológicos. Para uma melhor compreensão sobre o papel da disponibilidade de água no nosso ensaio foram realizadas duas medições (31 de Agosto e 8 de Setembro), visando a monitorização dos seguintes parâmetros: Álcool provável (%), pH, acidez total (g/L), ácido málico (g/L), antocianas (mg/L) e polifenóis (mg/L). A análise laboratorial destes parâmetros ofereceu uma visão mais objectiva sobre o impacto da utilização de diferentes dotações de rega na qualidade do mosto. Aliás, as diferenças constatadas nos capítulos anteriores de pouco ou nada serviriam se as mesmas não se reflectissem na qualidade final das uvas.

Álcool Provável (%)

O gráfico da Figura 39 expõe a evolução do teor de álcool provável (%) nas diferentes modalidades, entre os dias 31 de Agosto e 8 de Setembro.

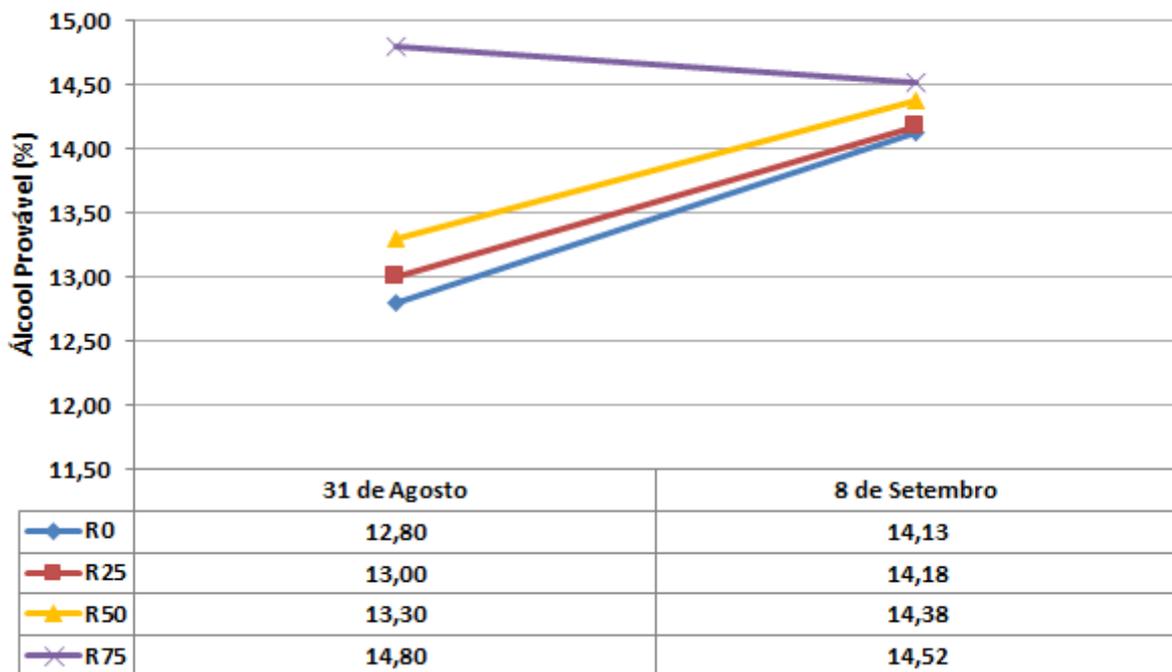


Figura 39 - Evolução do Álcool Provável (%) entre os dias 31 de Agosto e 8 de Setembro, durante a fase de maturação. Quinta da Cabreira, 2016. Nível de significância: n.s. – não significativo.

A acumulação de açúcares no bago é o fenómeno mais importante na fase de maturação, potencializando a formação posterior de outros compostos, tais como o aumento da concentração de antocianinas, aromas e polifenóis. O aumento da concentração encontra-se intrinsecamente relacionado com a actividade fotossintética, a qual depende de diversos factores, entre os quais a disponibilidade de água. Como constatado no capítulo anterior, as diferentes dotações demonstraram produzir diferenças assinaláveis nos valores de taxa fotossintética (Figura 35), levando-nos a crer que tais diferenças se possam reflectir na evolução da acumulação de açúcares e, conseqüentemente, no teor de álcool provável (%). Por outro lado, não podemos negligenciar o efeito do crescimento excessivo dos bagos e o seu inevitável efeito de diluição.

Analisando a evolução do teor de álcool provável do nosso ensaio verificamos, em primeiro lugar, uma grande discrepância de valores entre a modalidade R₇₅ e as restantes, no dia 31 de Agosto (Figura 39). Em segundo lugar, constata-se que, aquando da medição de 8 de Setembro, as modalidades R₀, R₂₅ e R₅₀ aumentaram a sua concentração de açúcares, ao contrário da modalidade R₇₅(Figura 39). Pelo facto de não se ter constatado a ocorrência de precipitação no período compreendido entre as duas medições (Figura 17), a ligeira descida do álcool provável (%) na modalidade R₇₅ deveu-se exclusivamente ao efeito de diluição provocado pela rega realizada entre os dias 31 de Agosto e 1 de Setembro (Figura 39). Os valores obtidos nas duas medições vêm suportar os resultados da fixação de CO₂ registados pelo IRGA (*Infrared gas analyser*), demonstrando haver uma relação de causalidade entre um stress hídrico excessivo e um atraso na evolução da concentração de açúcares nos bagos (Figura 35 e 39). Embora na última medição as diferenças entre modalidades tivessem sido atenuadas, rondando valores acima dos 14% de álcool provável, ainda foi possível verificar a existência de uma proporcionalidade entre a variável “dotação” e o teor de álcool provável (%), com as modalidades R₀ e R₂₅ a registarem valores mais baixos (14,13% e 14,18%, respectivamente), a modalidade R₅₀ com 14,38%, e a modalidade R₇₅, embora tivesse diminuído de concentração, a apresentar-se como a modalidade com maior concentração de açúcares (14,52%) (Figura 39).

Os dados mais interessantes, contudo, advêm da medição de 31 de Agosto. A utilização de dotações mais elevadas na modalidade R₇₅ preveniu a ocorrência de paragens de maturação na mesma, levando a que as videiras desta modalidade apresentassem níveis de concentração de açúcares indicados para a realização das vindimas (Figura 39). Sendo assim, concluímos que, no que respeita ao teor de álcool provável (%), o efeito esperado de crescimento excessivo dos bagos e inevitável efeito de diluição foi suplantado pela influência positiva da

rega deficitária, mais precisamente na sua capacidade em prevenir paragens de maturação. Tal fenómeno, levou a que a 31 de Agosto, a modalidade com maiores dotações de rega (R₇₅) fosse a única modalidade com condições de maturação ideais para a realização das vindimas, pelo menos no que respeita ao teor de álcool provável (%). Os resultados obtidos por Pinto (2015) não foram tão expressivos, no entanto, tal como neste ano, verificou-se uma convergência dos valores à medida que a época de vindimas se aproximava. Contrariamente aos resultados deste ano, as modalidades R₀ e R₇₅ foram as que obtiveram valores de álcool provável (%) menores (Pinto, 2015). No ano anterior não foram observadas discrepâncias de resultados como as evidenciadas no presente ano, a 31 de Agosto (Pinto, 2015).

pH

O valor qualitativo do mosto não pode ser apenas traduzido pelo seu teor em açúcar. Durante a fase de maturação ocorrem numerosas transformações na polpa e película do bago, com grande base em alterações hormonais (auxinas, giberelinas e citocininas são substituídas pelo aumento da concentração de ácido abscísico)(Dias, 2006). Na região do nosso ensaio, por ser considerada uma zona com elevadas temperaturas, tendencialmente existe uma maior oxidação dos ácidos do bago, associado a um inevitável aumento do pH. Valores de referência do pH dos bagos são: 2,3-2,9, na fase do pintor, e 3,2-4,0, na fase de maturação (Champagnol, 1984). Níveis de pH muito altos originam instabilidade microbiológica, influenciando adicionalmente a cor do vinho, a fermentação maloláctica, sabor e estabilidade das proteínas e dos metais (Magalhães, 2015).

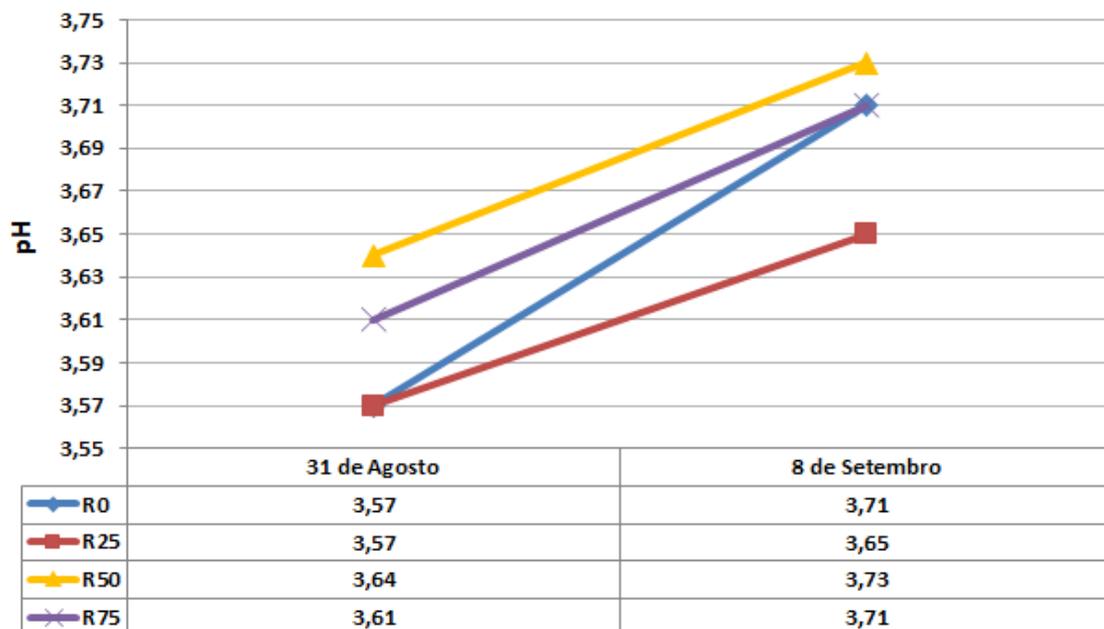


Figura 40 - Evolução do pH entre os dias 31 de Agosto e 8 de Setembro, durante a fase de maturação. Quinta da Cabreira, 2016. Nível de significância: n.s. – não significativo.

O gráfico da Figura 40 expõe a evolução dos níveis de pH nas diferentes modalidades, entre os dias 31 de Agosto e 8 de Setembro. Em primeiro lugar, observa-se um aumento dos níveis em todas as modalidades (Figura 40). De salientar que todas as modalidades registaram aumentos semelhantes, à excepção da modalidade sem irrigação (R_0), onde a ausência de rega levou a um maior aumento dos níveis de pH (Figura 40). A 31 de Agosto as modalidades R_{50} e R_{75} registaram valores superiores às modalidades R_0 e R_{25} , enquanto a 8 de Setembro a modalidade R_{25} foi a que registou valores mais baixos (Figura 40). As diferenças constatadas no microclima da sebe entre as modalidades podem ter sido um factor diferenciador na evolução do pH na fase de maturação (Figura 20). A existência de um maior ensombramento pode favorecer um aumento dos níveis de pH (Queiroz, 2005). Apesar dos resultados se encontrarem dentro dos valores de referência sugeridos por Champagnol (1984), como foi anteriormente referido, em regiões quentes a probabilidade das uvas gerarem mostos com altos níveis de pH é elevada. Quando o mosto apresenta valores de pH superiores a 3,3 existe a possibilidade de crescimento de algumas bactérias, sendo que acima de 3,8 esse crescimento é indiscriminado (Queiroz, 2005). Sendo assim, a modalidade que possui valores mais interessantes é a modalidade R_{25} , por apresentar níveis de pH mais baixos (Figura 40).

Acidez Total (g/L)

As variações da Acidez total (g/L) ocorrem sobretudo pela variação e degradação dos ácidos málico e tartárico, pelo facto de os mesmos corresponderem a cerca de 90% da acidez total presente nos bagos (Queiroz, 2005). Habitualmente a degradação do ácido tartárico toma uma forma regularmente decrescente, enquanto a concentração de ácido málico encontra-se bastante condicionada por factores como a temperatura (a taxa de respiração aumenta a degradação do ácido) e disponibilidade de água e azoto no solo (reactivação da síntese) (Magalhães, 2015). Sendo assim, o teor de água no solo pode, por via do aumento da concentração de ácido málico, favorecer o aumento da Acidez total (g/L).

O gráfico da Figura 41, expõe a variação da Acidez Total (g/L) nas diferentes modalidades, entre os dias 31 de Agosto e 8 de Setembro. Tal como esperado, os níveis de Acidez Total (g/L) decresceram no período compreendido entre as duas medições (Figura 41). No entanto, os resultados obtidos não demonstram uma grande correlação entre a variável “dotação de rega” e a Acidez Total (g/L). De apenas destacar a modalidade R_{50} por ter sido a que apresentou os valores mais baixos nas duas medições (6,57 g/L e 4,68 g/L a 31 de Agosto e 8 de Setembro, respectivamente) (Figura 41).

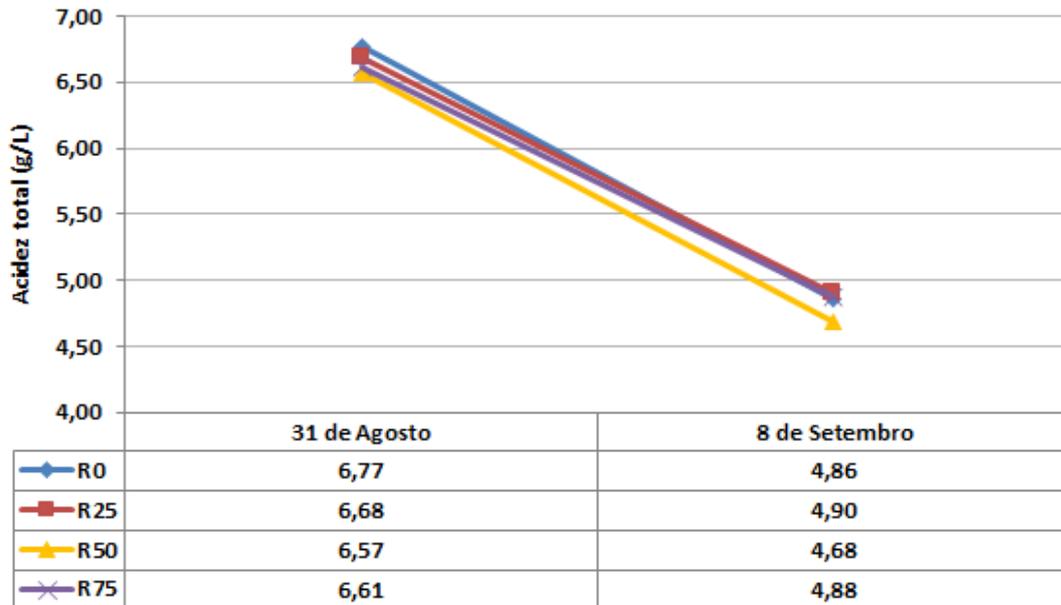


Figura 41 - Evolução da Acidez Total (g/L) entre os dias 31 de Agosto e 8 de Setembro, durante a fase de maturação. Quinta da Cabreira, 2016. Nível de significância: n.s. – não significativo.

Ácido málico (g/L)

Tal como anteriormente referido, a concentração do ácido málico (g/L), ao contrário do ácido tartárico (g/L), pode ser susceptível a mais oscilações durante a fase de maturação. Tendencialmente, pelo facto de durante esta fase do ciclo ser inibido o consumo de açúcares pela videira, ocorre a degradação deste ácido como via de obtenção de energia, daí ser expectável a sua redução neste período. Segundo Champagnol (1986) e Zamboni *et al.* (1987), verifica-se a existência de concentrações maiores deste ácido em condições de vigor e produtividades altas, estando também relacionado com a disponibilidade hídrica do solo. Partindo do princípio que o aumento do vigor das cepas se encontra relacionado com o conforto hídrico, alguns estudos demonstram que o simples facto de em videiras mais vigorosas a quantidade de folhas ensombradas ser superior origina uma menor exposição à radiação solar e temperatura, diminuindo desta forma a taxa de respiração e levando a que haja uma inevitável preservação de ácido málico (g/L) nos bagos (Kliwer, 1964; Lissarrague, 1986; García-Escudero, 1991; Morlat *et al.*, 1992; Yuste, 1995). Valores de referência para a concentração de ácido málico (g/L) são: 13,4-26,8 g/L, na fase do pintor, e 0,7-2,7g/L, na fase de maturação (Champagnol, 1984). No nosso ensaio foi descartado o resultado da modalidade R₀ do Bloco 2, por apresentar um valor muito diferente dos restantes blocos.

O gráfico da Figura 42 apresenta a evolução da concentração de ácido málico (g/L) nas diferentes modalidades, entre os dias 31 de Agosto e 8 de Setembro.

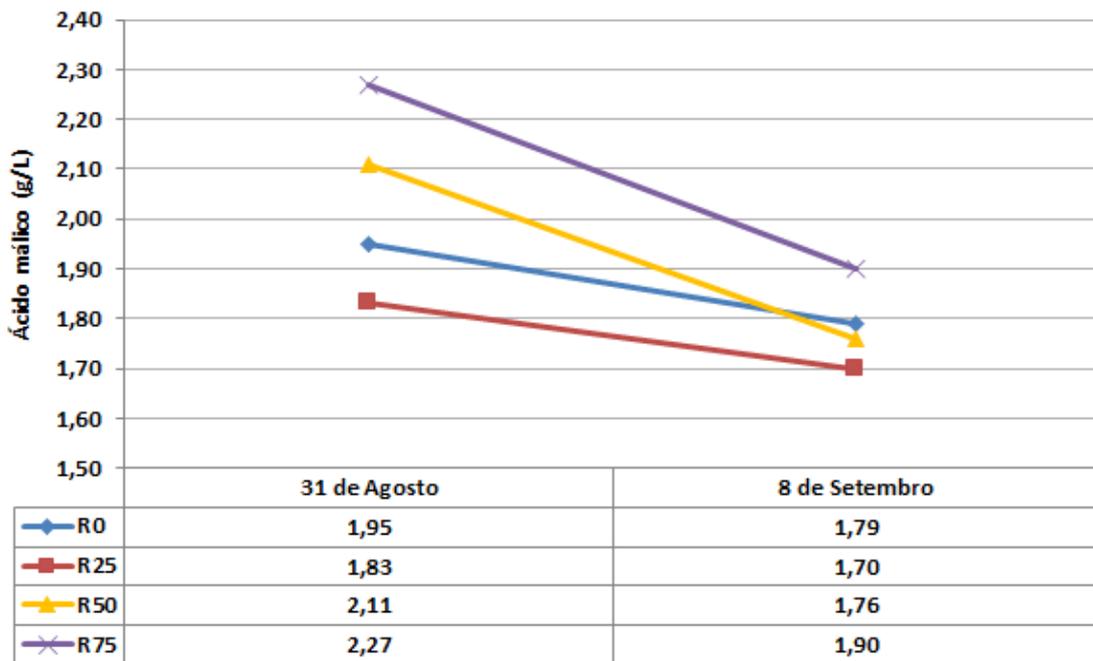


Figura 42 - Evolução da concentração de ácido málico (g/L) entre os dias 31 de Agosto e 8 de Setembro, durante a fase de maturação. Quinta da Cabreira, 2016. Nível de significância: n.s. – não significativo.

Os dados do nosso ensaio vêm comprovar o que foi referido anteriormente, havendo uma tendência natural para a descida da concentração deste ácido ao longo do tempo (Figura 42). É possível também constatar a existência de dois grupos com comportamentos distintos: as modalidades R_0 e R_{25} com baixas concentrações a 31 de Agosto e degradação após este período pouco acentuada; as modalidades R_{50} e R_{75} que, a 31 de Agosto apresentaram níveis ligeiramente superiores com uma degradação mais severa após este período (Figura 42). No dia da segunda medição (8 de Setembro) as modalidades com valores mais baixos foram a R_{25} e R_{50} , seguidas da modalidade R_0 e R_{75} (Figura 42). Os resultados obtidos a 31 de Agosto demonstram haver uma correlação entre a variável “dotação de rega” e a concentração de ácido málico, com as modalidades com maior conforto hídrico (R_{50} e R_{75}) a demonstrarem maiores concentrações deste ácido (Figura 42). Os resultados obtidos estão dentro dos valores de referência (0,7-2,7g/L), no entanto, pelo facto do ensaio estar inserido numa zona quente, é importante evitar concentrações baixas, principalmente quando se pretende a ocorrência de fermentações maloláticas. Sendo assim, no que diz respeito à concentração de ácido málico (g/L), a modalidade R_{25} é a que demonstrou possuir um menor potencial enológico.

Antocianas (mg/L)

A qualidade do mosto não depende exclusivamente das concentrações de ácidos e açúcares, pelo que o conteúdo das diversas fracções fenólicas confere características organolépticas relevantes e indispensáveis para a qualidade do mesmo. As antocianas estão inseridas no grupo dos flavonóides, sendo produzidas nas películas e polpa das castas tintureiras (Alicante de Boushet, Petit Boushet, Grand Noir de la Calmete, Sousão, etc.). São responsáveis pela produção de cores azuis, púrpura, vermelha, e laranja. Adicionalmente, estudos comprovam os seus efeitos terapêuticos e medicinais, nomeadamente o seu efeito antioxidante, acção benéfica nos níveis de colesterol (Igaraschi *et al.*, 1990), e no nível de lípidos presentes no sangue (Igaraschi e Inagaki, 1991). O seu potencial de intensidade corante encontra-se, no entanto, condicionado pela concentração de açúcares no mosto, pois, na vinificação de vinhos tintos, o álcool desempenha um papel fundamental na extracção das antocianas das películas para o mosto.

As antocianas começam a ser naturalmente sintetizadas durante a fase do pintor (Winkler *et al.*, 1974), no entanto, ao longo da fase de maturação, factores culturais e ambientais intervêm activamente na sua concentração. As condições de excessivo vigor e fraca exposição dos cachos à luz solar são factores determinantes, prejudicando a síntese deste composto (Carbonneau *et al.* 1982). Por outro lado, a exposição dos cachos a temperaturas altas, aliado a grandes amplitudes térmicas diurnas (dias quentes e noites frias) favorecem a sua síntese (Kliewer e Torres, 1972; Mori *et al.* 2005). O stress hídrico parece ter influência na concentração de antocianas, na medida em que uma carência hídrica excessiva, ao diminuir a taxa fotossintética, afecta negativamente a produção destes compostos (Magalhães, 2015). Ao invés, um excesso de água no solo provoca um grande vigor nas cepas, provocando os efeitos negativos supramencionados. Segundo Freeman e Kliewer (1983), o stress hídrico aumentou em 44% a concentração de antocianas nos bagos. Além do mais, alguns trabalhos apontam que este aumento da concentração ocorre devido a um aumento na relação película/polpa (Kennedy *et al.* 2002; Ojeda *et al.* 2005).

O gráfico da Figura 43, apresenta a evolução da concentração de antocianas (mg/L) nas diferentes modalidades, entre os dias 31 de Agosto e 8 de Setembro. Tal como nos resultados da concentração de ácido málico (g/L) foi possível verificar a existência dos mesmos grupos: as modalidades R₀ e R₂₅ tiveram uma degradação progressiva na concentração de antocianinas, enquanto as modalidades R₅₀ e R₇₅ aumentaram a sua concentração no mesmo período. A 8 de Setembro as diferenças tornaram-se bem evidentes, com as modalidades de maiores dotações

de rega a obterem valores superiores (148,50mg/L e 124,67mg/L, na R₅₀ e R₇₅, respectivamente), comparativamente às restantes (95,17mg/L e 87,67mg/L, na R₀ e R₂₅, respectivamente), mostrando claramente uma correlação entre a variável “dotação de rega” e a concentração em antocianinas (mg/L)(Figura 43). Uma das explicações para este fenómeno pode provir das diferenças da taxa fotossintética entre modalidades (Figura 35), ou seja, as modalidades com taxas de fixação de CO₂ menores (R₀ e R₂₅) viram diminuída a sua síntese de açúcares, afectando negativamente a síntese de substâncias corantes. No nosso ensaio a modalidade que obteve os melhores resultados, a 8 de Setembro, foi a R₅₀ (Figura 43).

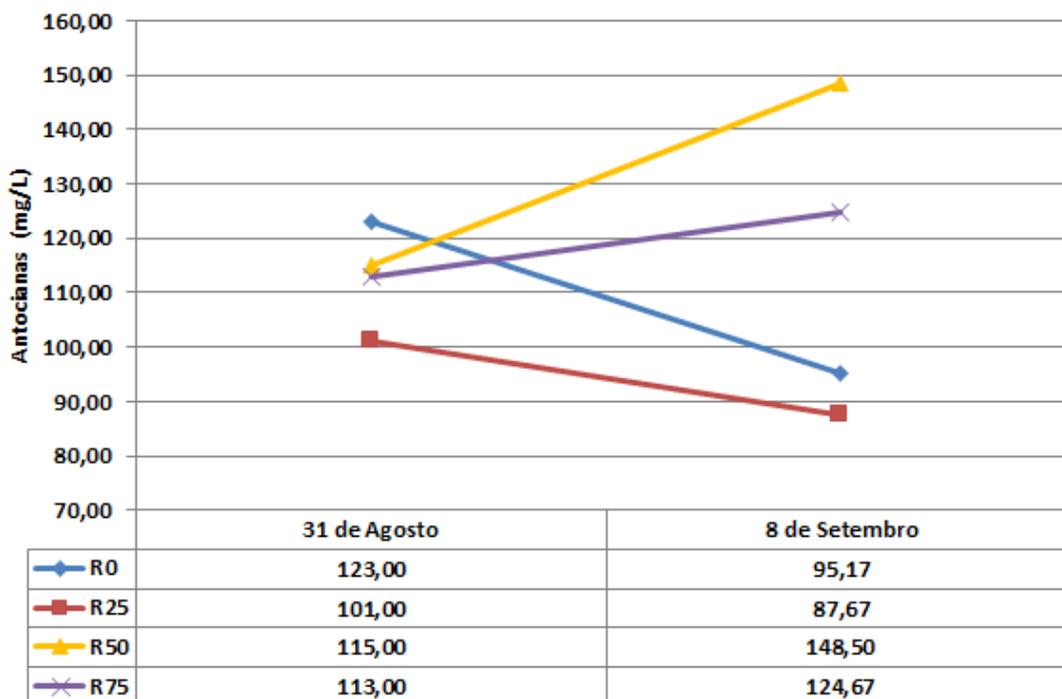


Figura 43 - Evolução da concentração de antocianinas (mg/L) entre os dias 31 de Agosto e 8 de Setembro, durante a fase de maturação. Quinta da Cabreira, 2016. Nível de significância: n.s. – não significativo.

Polifenóis (mg/L)

Para a definição da data de vindima, uma mera análise do álcool provável (%) e acidez total (g/L) são insuficientes. O conceito de maturação, para além destes factores, depende do tipo de vinho que se pretende lançar no mercado, ou seja, embora haja um ponto óptimo de maturação respeitante à relação entre açúcares acumulados no bago e acidez total (maturação industrial), do ponto de vista organoléptico, as uvas ainda podem demonstrar possibilidades de evolução. Sendo assim, surge o conceito da maturação tecnológica, a qual se traduz pelo momento óptimo de realização da vindima em função do destino pretendido (Hidalgo, 1999).

Os polifenóis, neste aspecto, desempenham uma função importante, estando relacionados com diversas características qualitativas nos vinhos (adstringência, capacidade de envelhecimento, cor, corpo). Dentro do grupo dos polifenóis estão incluídos as antocianas, os taninos, as flavonas (presente nos pigmentos brancos na película das castas brancas), entre outros (Fregoni, 1999).

O gráfico da Figura 44 apresenta a evolução da concentração de polifenóis (mg/L) nas diferentes modalidades, entre os dias 31 de Agosto e 8 de Setembro.

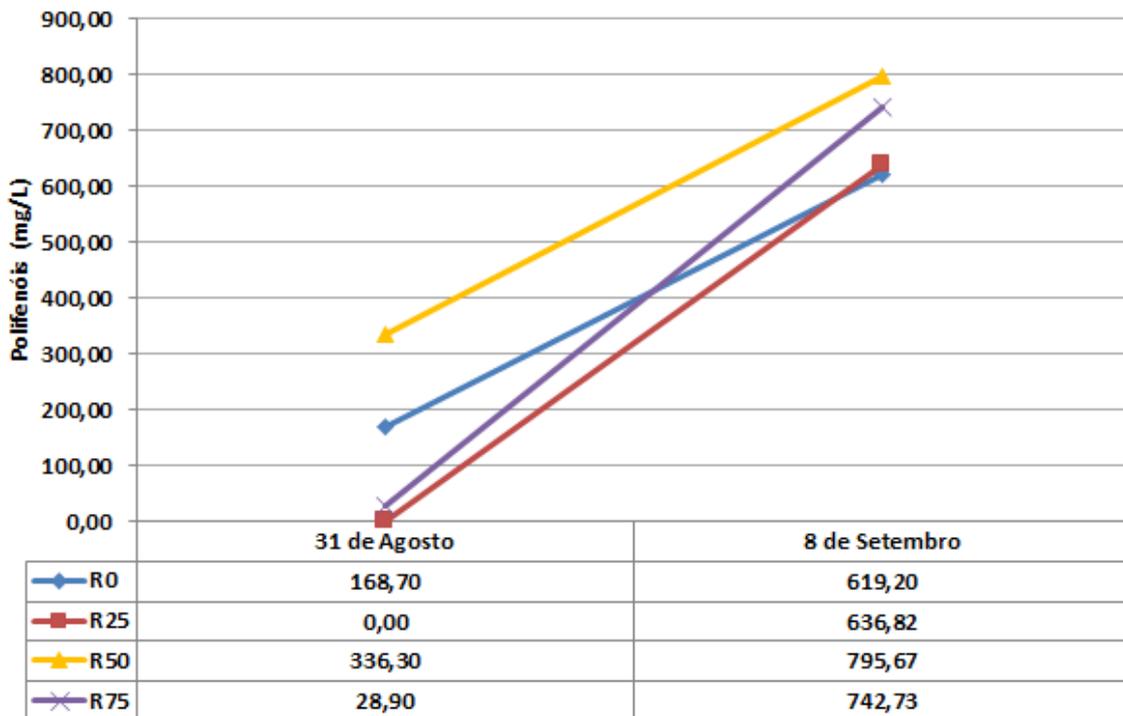


Figura 44 - Evolução da concentração de polifenóis (mg/L) entre os dias 31 de Agosto e 8 de Setembro, durante a fase de maturação. Quinta da Cabreira, 2016. (*) Valor inferior ao limite de detecção do aparelho. Nível de significância: n.s. – não significativo.

Os dados obtidos da concentração de polifenóis (mg/L) mostram um aumento substancial dos níveis no período compreendido entre 31 de Agosto e 8 de Setembro (Figura 44). No dia 31 de Agosto, a concentração de polifenóis (mg/L) nas modalidades R₂₅ e R₇₅ foi muito reduzida, comparativamente com as modalidades R₀ e R₅₀ onde se registaram valores superiores (168,70mg/L e 336,30mg/L, respectivamente) (Figura 44). A 8 de Setembro verificou-se uma convergência nos níveis de concentração em torno dos 600mg/L a 800mg/L, constatando-se que as modalidades com maiores dotações de rega (R₅₀ e R₇₅) obtiveram maiores concentrações de polifenóis (742,73mg/L e 795,67mg/L, nas modalidades R₇₅ e R₅₀, respectivamente) (Figura 44). Novamente, a modalidade R₅₀ demonstrou-se como a modalidade com maiores níveis de concentração (Figura 44).

4.7. Registos do rendimento à vindima

Durante a fase de maturação, além de se constatar uma mobilização preferencial dos fotoassimilados para os cachos, diversos estudos apontam para uma diminuição significativa do peso dos bagos em situações de stress hídrico severo (Esteba *et al.*, 2001; García-Escudero, 1991; Ojeda *et al.*, 2002; Peterlunger *et al.*, 2005; Petrie *et al.*, 2004; Girona, 2005; Girona *et al.*, 2006). É, portanto, consensual, a ideia de que a irrigação nas vinhas, ao promover a multiplicação e aumento do volume celular dos bagos (Ojeda *et al.*, 2001), origina um aumento da produtividade das videiras. Além disso, durante o vingamento, um stress hídrico severo aumenta a taxa de desavinho, afectando inevitavelmente a produtividade (Alexander 1965; Hardie e Considine, 1976).

Cachos/videira

Durante a vindima da nossa parcela, realizada a 12 de Setembro, procedeu-se ao registo dos diversos parâmetros de produtividade. A Tabela 19 expõe em média, o número de cachos por videira registados em cada modalidade.

Tabela 19 - Número de cachos por videira registados à vindima (12 de Setembro). Quinta da Cabreira, 2016. (1) n.s. – não significativo

Modalidade	R0	R25	R50	R75	Média	Sig. (1)
Número de cachos/videira	17,2	16,1	18,2	18,5	17,5	n.s.

Tal como seria expectável, a contabilização do número de inflorescências por videira (Tabela 16) serviria como um instrumento de previsão de rendimento minimamente fiável, no entanto, observou-se alguma discrepância de valores entre o número de inflorescências (Tabela 16) e o número de cachos vindimados por videira (Tabela 19). Tais diferenças podem ser fruto de diversos factores, tais como: aborto de inflorescências; passagem de máquinas e queda de pâmpanos; abrolhamento tardio dos gomos da coroa que, por essa razão, não foram contabilizados (Lopes, 1994). Os resultados obtidos demonstraram-se abaixo dos evidenciados por outros autores para a mesma casta. Gouveia (2009) obteve cerca de 20 cachos/videira, e Queiroz (2002) registou 23 cachos/videira. Ainda assim, comparando com o ano anterior, os resultados foram superiores (Pinto, 2015). Embora a previsão de rendimento por número de inflorescências não tenha mostrado diferenças entre modalidades, a contabilização dos cachos durante a vindima demonstrou haver diferenças, principalmente entre as modalidades mais irrigadas (R₅₀ e R₇₅, com 18,2 e 18,5 cachos, respectivamente) e a modalidade R₂₅, que obteve

em média 16,1 cachos/videira. Ainda assim, as diferenças entre modalidades não foram significativas, ao contrário das diferenças entre blocos, onde se verificou diferenças significativas entre o Bloco 1 e o Bloco 3 ($p < 0,01$)(Bloco 1 > Bloco 3), assim como entre os bardos exterior e interior ($p < 0,01$)(bardo exterior > bardo interior).

Peso dos cachos

Na Tabela 20 apresenta-se a média dos pesos por cacho, em gramas. Tal como expectável, a disponibilidade hídrica produziu uma influência positiva no desenvolvimento dos cachos (Tabela 20). A modalidade R_0 registou um peso médio de 120 gramas, a R_{25} de 125 gramas, a R_{50} de 131 gramas e a R_{75} obteve o valor mais expressivo com 144 gramas, 20% a mais que a modalidade sem irrigação (R_0)(Tabela 20). Provavelmente pelo facto do número de cachos ser reduzido comparativamente a outros autores, as videiras apresentaram cachos mais pesados (Gouveia, 2009; Queiroz, 2002). Tal como no número de cachos por videira, constataram-se diferenças significativas entre o Bloco 1 e o Bloco 3 ($p < 0,01$)(Bloco 1 > Bloco 3).

Tabela 20 - Peso dos cachos (gramas) registados à vindima (12 de Setembro). Quinta da Cabreira, 2016. (1) * significativo ao nível de $p < 0,05$.

Modalidade	R0	R25	R50	R75	Média	Sig. (1)
Peso dos cachos(gr)/videira	120 a	125 a	131 ab	144 b	130	*

Peso dos bagos

Como anteriormente referido, o contributo da irrigação sobre a produtividade pode ocorrer por duas vias distintas: diminuição da taxa de desavinho (Alexander 1965; Hardie e Considine, 1976); multiplicação e aumento do volume celular dos bagos (Ojeda *et al.*, 2001). Embora ambas contribuam para o aumento da produtividade, a primeira via será sempre a mais interessante, na medida em que favorece o aumento da relação película/polpa. Como o início da época de irrigação ocorreu após o vingamento, podemos considerar que todos os aumentos de produção evidenciados se deveram maioritariamente ao desenvolvimento do volume dos bagos (por multiplicação e/ou aumento do volume celular).

Na Tabela 21 apresenta-se o peso dos bagos, em gramas, entre as diferentes modalidades. Podemos observar que a modalidade R_{75} obteve um valor superior às restantes modalidades (1,41 gramas) (Tabela 21). Nas modalidades R_0 , R_{25} e R_{50} não se registaram grandes variações (1,27-1,29 gramas)(Tabela 21).

Tabela 21 - Peso dos bagos (gramas) registados à vindima (12 de Setembro). Quinta da Cabreira, 2016. (1) n.s. – não significativo

Modalidade	R0	R25	R50	R75	Média	Sig. (1)
Peso dos bagos (gr)	1,27	1,29	1,27	1,41	1,31	n.s.

Apesar da diminuição da relação película/polpa ser indesejável, a modalidade R₇₅, como evidenciado no capítulo anterior, não foi prejudicada na concentração de antocianinas (mg/L) (Figura 43), ou seja, o facto de a rega proporcionar taxas de fixação de CO₂ superiores permitiu o aumento da síntese de açúcares e conseqüente aumento de antocianinas, suplantando o efeito negativo de diluição evidenciado nesta modalidade (Tabela 21). Ainda assim, comparando com a modalidade R₅₀, a concentração de antocianinas (mg/L) foi inferior (Figura 43). Neste caso, o facto da modalidade R₅₀ possuir uma melhor relação película/polpa (Tabela 21) contribuiu para que esta obtivesse maiores concentrações de antocianinas (mg/L) (Figura 43). Podemos concluir que a modalidade R₅₀ obteve melhores resultados na concentração de antocianinas (mg/L) por conseguir um melhor compromisso entre a produção de fotoassimilados (Figura 35) e a relação película/polpa (Tabela 21).

Volume do bago

Paralelamente ao cálculo do peso dos bagos, procedeu-se à análise do volume (mL) dos mesmos. A Tabela 22 demonstra a variação na quantidade de polpa produzida entre as modalidades, sendo esta medição, um indicador importante na estimativa do rendimento. Tal como esperado, existe uma correlação entre o peso dos bagos e o seu volume, demonstrando que as variações do peso se devem maioritariamente a factores de absorção de água e desidratação (Tabela 21 e 22). Claramente, o contributo da disponibilidade hídrica se ressentiu no volume dos bagos, com a modalidade R₇₅ a registar valores superiores (0,841 mL) (Tabela 22). Já nas restantes modalidades não se registaram grandes variações (0,745-0,773 mL) (Tabela 22). Invariavelmente, o aumento do volume dos bagos, apesar de contribuir positivamente para o aumento da produtividade, diminuiu a relação película/polpa.

Tabela 22 - Volume médio do bago (mL) registados à vindima (12 de Setembro). Quinta da Cabreira, 2016. (1) n.s. – não significativo

Modalidade	R0	R25	R50	R75	Média	Sig. (1)
Volume do bago (mL)	0,745	0,773	0,758	0,841	0,779	n.s.

Produção por videira

Aquando da realização das vindimas, para além da contagem do número de cachos por videira, procedeu-se à pesagem do total de cachos produzidos pelas mesmas. A análise desta componente de rendimento é crucial, pois representa fielmente a capacidade produtiva das cepas permitindo averiguar se existe influência das diferentes dotações de rega na produtividade. Como anteriormente referido, durante a fase de vingamento as videiras encontravam-se sob as mesmas condições hídricas. Sendo assim, as diferenças de produtividade recaem sobre o desenvolvimento individual dos bagos. Diversos autores atribuem o peso dos bagos como o factor mais importante para o aumento de rendimento em videiras com irrigação (Williams e Matthews, 1990; Nadal e Arola, 1995; García-Escudero *et al.*, 1997; Tandonnet *et al.*, 1999; Ojeda *et al.*, 2001 e Rubio *et al.*, 2001). Como observado anteriormente, no nosso ensaio verificaram-se diferenças no peso dos bagos entre as modalidades (Tabela 21), pelo que tais diferenças se devem reflectir na produtividade das cepas.

A Tabela 23 exemplifica claramente essa correlação, sendo facilmente observável o papel da disponibilidade hídrica na capacidade produtiva das videiras. Assim como no peso dos bagos (Tabela 21), a produção média por videira foi notoriamente superior na modalidade R₇₅ (2,68 Kg), seguida da modalidade R₅₀ (2,40 Kg), enquanto nas modalidades restantes (R₀ e R₂₅), as videiras demonstraram menores produtividades (Tabela 23).

Tabela 23 - Médias de produção por videira (Kg) entre modalidades registados à vindima (12 de Setembro). Quinta da Cabreira, 2016. (1) n.s. – não significativo, ** significativo ao nível de $p < 0,01$.

Modalidade	Produção por videira (Kg)	Diferença da R75	Sig. (1)
R0	2,06 a	-0,62	**
R25	2,03 a	-0,65	**
R50	2,40 ab	-0,28	n.s.
R75	2,68 b	-	-

Tabela 24 - Médias de produção por videira (Kg) entre blocos registados à vindima (12 de Setembro). Quinta da Cabreira, 2016. (1) n.s. – não significativo, *** significativo ao nível de $p < 0,001$.

Bloco	Produção por videira (Kg)	Diferença do Bloco 1	Sig. (1)
1	2,59b	-	-
2	2,31 ab	-0,27	n.s.
3	1,97 a	-0,63	***

Num estudo semelhante realizado por Gonçalves *et al.* (2016), verificou-se os mesmos níveis de produtividade (2,0-2,5Kg), constatando-se também aumentos de rendimento entre as parcelas regadas e não regadas. Já no ano anterior à realização do nosso ensaio, para além dos dados obtidos por Pinto (2015) não mostrarem diferenças significativas entre as modalidades, as produtividades registadas foram substancialmente inferiores (1,5-1,7 Kg). A variância inter-anual de produtividades é também verificada em outros estudos. Num ensaio realizado com a casta “Tempranillo” na região de Valência (Espanha), Intrigliolo e Castel (2009) não registaram diferenças no rendimento em 2003, ao passo que no ano seguinte a modalidade com irrigação apresentou um rendimento 30% superior em relação à modalidade em regime de sequeiro. Podemos deduzir que as circunstâncias climáticas atípicas verificadas no ano 2015, caracterizadas por um período de ausência de água mais longo e severo (Figura 33), influenciaram a obtenção de dados menos expressivos, comparativamente com o ano de 2016.

Na Tabela 24 e Figura 45, apresentam-se as produtividades médias por videira discriminadas pelos três blocos existentes no nosso ensaio. Analisando o comportamento entre os blocos, são facilmente observáveis as diferenças de produtividade entre os mesmos, com o Bloco 1 a demonstrar-se significativamente superior ao Bloco 3 ($p < 0,001$) (Tabela 24 e Figura 45). Tais disparidades podem ser justificadas por condições edafoclimáticas diferentes entre os blocos. Ainda assim, a influência da disponibilidade hídrica apresenta-se bem evidente no rendimento das diferentes modalidades. De salientar apenas a grande produtividade da modalidade R₇₅ no Bloco 1 (3,2 Kg), e o facto da modalidade sem irrigação (R₀) obter valores superiores à R₂₅ nos Blocos 1 e 2 (Figura 45). Não obstante, tal como esperado, torna-se evidente a existência de uma correlação entre a variável “dotação de rega” e o rendimento (Figura 45).

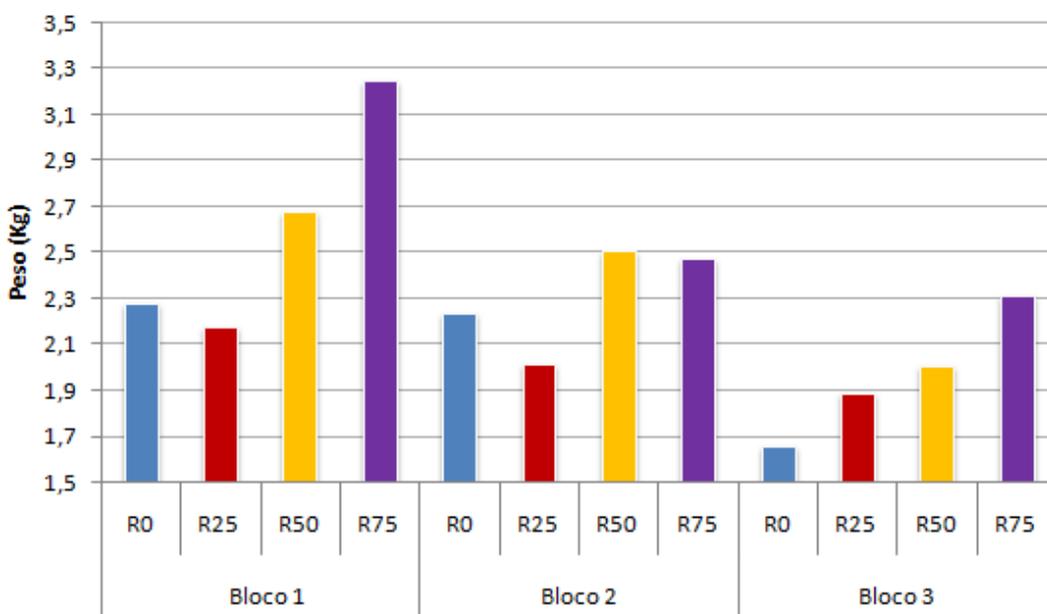


Figura 45 - Produção média por videira (Kg) de acordo com a modalidade de rega e blocos. Quinta da Cabreira, 2016.

5. Conclusões

O ensaio experimental envolveu uma análise aprofundada dos efeitos da disponibilidade hídrica na região do Douro Superior para a casta Touriga Nacional. Para tal, foram definidas quatro modalidades, cada uma correspondendo a uma dotação associada a um percentual específico da evapotranspiração cultural (ET_c). Os resultados obtidos permitiram descobrir os efeitos das diferentes modalidades nas relações hídricas entre o solo, a planta e a atmosfera, sendo possível responder a duas questões: a existência ou não de benefícios no rendimento e qualidade de colheita provindos da irrigação, e, caso existam, qual o percentual de evapotranspiração cultural (ET_c) que mais se adequa às condições edafoclimáticas da região. Embora tenha sido realizado em 2015 um estudo no mesmo local e de delineamento experimental semelhante, os resultados e as respectivas conclusões do nosso ensaio enquadram-se nas condições climáticas evidenciadas no presente ano. Assim sendo, para uma melhor compreensão dos efeitos da disponibilidade hídrica nas videiras, serão necessários mais estudos.

O ciclo vegetativo do presente ano desenvolveu-se sob um perfil climatérico atípico, mais precisamente nos meses de Abril e Maio, cujos altos índices de precipitação evidenciados contribuíram para um período de carência hídrica mais curto. Uma das consequências deste fenómeno foi a realização de menos regas, comparativamente com o ano anterior.

As medições ocorridas no início do ciclo vegetativo serviram como instrumento de aferição da homogeneidade do ensaio experimental. A carga à poda, o número de pâmpanos e inflorescências foram os parâmetros ecofisiológicos utilizados para esse fim. Através destes dados foram calculados outros parâmetros como a percentagem de abrolhamento e o Índice de Fertilidade Potencial (IFp). A análise dos resultados demonstrou homogeneidade satisfatória em toda a parcela. De apenas destacar a grande expressão vegetativa característica da casta em questão (média % abrolhamento = 122%), e algumas diferenças entre blocos e os bardos exterior e interior. Os valores do Índice de Fertilidade Potencial (IFp) demonstraram-se inferiores aos descritos na bibliografia para esta casta.

Na medição da área foliar foram notadas diferenças consideráveis entre as modalidades, registando-se valores superiores nas modalidades R₅₀ e R₇₅. Como ainda não haviam iniciado as irrigações apenas podemos deduzir que tais resultados foram reflexo das diferentes regas deficitárias impostas no ano de produção 2014/2015, dando-nos indícios de que a disponibilidade hídrica produziu diferenças significativas na acumulação de substâncias de reserva. A % da área foliar das netas foi semelhante entre as modalidades.

Contrariamente às anteriores medições, a análise da porosidade do coberto e número de camadas de folhas (NCF) ocorreu durante as regas. Os resultados demonstraram um aumento da densidade do coberto nas modalidades mais irrigadas (≈ 4 NCF, na R_{50} e R_{75}) relativamente às restantes (≈ 2 NCF, na R_0 e R_{25}). Em consequência, a % de cachos ensombrados aumentou nas modalidades de maior conforto hídrico. Na % de buracos, apenas se verificou a existência dos mesmos nas modalidades R_0 e R_{25} (13% e 4%, respectivamente).

Os dados analisados pela sonda revelaram uma fraca capacidade de retenção hídrica do solo (4 a 5 dias). A prova disso mesmo encontra-se exposta nos resultados do Potencial Hídrico Foliar (Ψ_f), os quais se demonstraram não significativos na maioria das medições. A excepção ocorreu no dia 6 de Agosto, a única medição efectuada numa madrugada pós-rega (diferenças significativas, $p < 0,01$). O que retiramos destes resultados é que o facto de não se terem verificado diferenças significativas nas medições pré-rega, não invalida que as videiras não tenham beneficiado da irrigação, simplesmente demonstra-nos que no dia que antecede a realização das regas não existe diferenciação entre modalidades. Ainda assim, verificou-se uma tendência para as modalidades menos irrigadas apresentarem níveis de stress hídrico mais severos.

As consequências dos maiores níveis de stress hídrico nas modalidades R_0 e R_{25} foram a obtenção de valores inferiores na fotossíntese líquida (A), notando-se, contrariamente às restantes, uma descida dos níveis entre as 10h e as 14h. Já na condutância estomática (g_s) e transpiração (E), os resultados não foram tão expressivos.

A 31 de Agosto e 8 de Setembro procedeu-se à recolha de bagos para posterior análise laboratorial. Devido à reduzida dimensão da amostra, a análise estatística resultou em n.s. (não significativo) na maioria dos casos. Não obstante, os dados mais interessantes do álcool provável (%) provieram da modalidade R_{75} , que a 31 de Agosto registou 14,80%, um valor consideravelmente superior às modalidades R_0 (12,80%), R_{25} (13,00%) e R_{50} (13,30%). A 8 de Setembro houve uma convergência dos valores: R_0 (14,13%), R_{25} (14,18%), R_{50} (14,38%) e R_{75} (14,52%).

Relativamente à medição do pH são de destacar duas ocorrências: maior aumento de pH verificado na modalidade sem irrigação (R_0); a modalidade que manteve os níveis de pH inferiores e a níveis mais interessantes foi a R_{25} . Ainda assim, pelo facto das diferenças não serem consideráveis podemos afirmar que a variável “dotação de rega” produz uma reduzida influência nos níveis de pH. Os resultados do pH encontraram-se dentro dos valores de referência descritos na bibliografia.

A acidez total (g/L) foi o parâmetro menos conclusivo, com as modalidades a situarem-se entre 6,57 g/L e 6,77 g/L, a 31 de Agosto, e 4,68 g/L e 4,90 g/L, a 8 de Setembro. Ainda assim, é de registar o decréscimo considerável dos níveis durante este período. Já no ácido málico (g/L) foi possível verificar a influência da densidade do coberto na degradação do mesmo, resultando num decréscimo menor na modalidade R₇₅. Ainda assim, nas duas datas, as concentrações mantiveram-se dentro dos valores de referência recomendados pela bibliografia.

Na evolução da concentração de antocianinas (mg/L) houve dois grupos com comportamentos distintos: as modalidades R₀ e R₂₅ tiveram uma degradação progressiva destes compostos, enquanto as modalidades R₅₀ e R₇₅ aumentaram as suas concentrações. A 8 de Setembro registaram-se as seguintes concentrações: R₀ (95,17 mg/L); R₂₅ (87,67 mg/L); R₅₀ (148,50 mg/L) e R₇₅ (124,67 mg/L). A concentração de polifenóis (mg/L) aumentou substancialmente no período entre as duas medições. A 31 de Agosto a modalidade com maior concentração foi a R₅₀ (336,30 mg/L). No dia 8 de Setembro, tal como na concentração de antocianinas, as modalidades com superiores dotações de rega obtiveram maiores concentrações. Os resultados foram: R₀ (619,20 mg/L); R₂₅ (636,82 mg/L); R₅₀ (795,67 mg/L) e R₇₅ (742,73 mg/L).

Assim como esperado, não houve diferenças significativas entre modalidades no número de cachos por videira. Sendo assim, qualquer variação de produtividade é consequência da variação de peso dos cachos entre as modalidades. As variações dos pesos dos cachos foram significativas ($p < 0,05$), demonstrando-se haver influência das modalidades nesta componente de rendimento. Os resultados foram: R₀ (120 gr); R₂₅ (125 gr); R₅₀ (131 gr) e R₇₅ (144 gr).

Analisando os resultados da produção por videira concluímos que as videiras da modalidade R₇₅ tiveram produtividades superiores comparativamente com as restantes, mais concretamente, as videiras da R₇₅ produziram 2,68 Kg em média, ou seja, mais 0,65 Kg que a R₂₅ ($p < 0,001$) e mais 0,62 Kg que a R₀ ($p = 0,002$). Apesar de ter produzido mais 0,28 Kg que a R₅₀, essa diferença não foi considerada estatisticamente significativa ($p = 0,362$).

Assim como em algumas medições anteriores, a reduzida amostragem para o cálculo do peso e volume do bago levou a que não fosse possível provar estatisticamente as diferenças entre modalidades. Ainda assim, a modalidade R₇₅ destacou-se das restantes, tendo-se registado em cada modalidade os seguintes resultados: R₀ (1,27 gr e 0,745 mL); R₂₅ (1,29 gr e 0,773 mL); R₅₀ (1,27 gr e 0,758 mL) e R₇₅ (1,41 gr e 0,841 mL), para o peso e volume do bago, respectivamente, mostrando haver uma correlação positiva entre o conforto hídrico e estes parâmetros.

A irrigação na vinha tem sido um tema de alguma controvérsia. Pelo observado na bibliografia e nos resultados do nosso ensaio experimental, não é possível analisar os prós e contras desta técnica cultural sem enquadrá-la a um determinado local com condições edafoclimáticas específicas. Se por um lado, é consensual os seus efeitos no rendimento desta cultura, na qualidade ainda persistem algumas dúvidas. O efeito de diluição dos bagos associado a esta técnica cultural tem sido um argumento para a sua não utilização, no entanto, a irrigação tem provado ter uma forte influência na inibição de paragens de maturação, que por sua vez são consequência de mecanismos fisiológicos utilizados para a conservação e diminuição das perdas de água. Posto isto, as condições edafoclimáticas da região serão um factor determinante para justificar a utilização da rega na vinha.

Concretamente, no nosso ensaio, a aplicação da rega provou ter efeitos positivos no rendimento e qualidade da colheita. As condições de fraca retenção hídrica no solo, aliada a um período onde os índices pluviométricos foram baixos e as temperaturas altas constroem uma justificativa sólida para o fornecimento de água às videiras neste local. Realmente notou-se tanto empiricamente como nos resultados obtidos um aumento no volume dos bagos, todavia, o teor de açúcares e as restantes concentrações foram superiores nas modalidades de maior conforto hídrico, mostrando que os efeitos benéficos de inibição de paragens de maturação produzidos pela rega suplantaram os efeitos negativos de diluição dos bagos. O resultado foi que as modalidades que sofreram menos stress hídrico obtiveram maiores produtividades e, no geral, uma qualidade superior.

Sendo assim, e analisando todos os resultados obtidos, as modalidades que demonstraram valores mais interessantes foram a R₅₀ e R₇₅. Estas conseguiram atingir produtividades significativamente superiores assim como se destacaram a nível qualitativo. Entre elas, a que melhor conciliou ganhos de produtividade com melhor potencial enológico foi a modalidade R₇₅. Associadamente acresce a vantagem desta ser a única modalidade que a 31 de Agosto apresentava um nível de álcool provável satisfatório para a realização das vindimas.

6.Referências Bibliográficas

Agroconsultores e Coba (1991). *Carta dos Solos, Carta do Uso Actual da Terra e Carta de Aptidão da Terra do Nordeste de Portugal*. Universidade de Trás-os-Montes e Alto-Douro, Projecto de Desenvolvimento Rural Integrado de Trás-os-Montes.

Agroconsultores e Geometral (1999). *Carta dos Solos e Carta de Aptidão da Terra para a Agricultura (1:25.000) em Entre-Douro-e-Minho*. Direcção Regional de Agricultura de Entre-Douro-e-Minho.

Albuquerque, M. (1993). *Réponses des cépages de Vitis vinifera L. aux variations de l'environnement: effets de la contrainte hydrique sur la photosynthèse, la photorespiration et la teneur en acide abscisique des feuilles*. Tese Universidade de Bordéus II. 213 p.

Alexander, D. McE. (1965). *The effect of high temperature on short periods of water stress on the development of small fruiting sultana vines*. Aust. J. Agric. Res. 16, 817-823.

Allen, R.W., Pereira L.S., Raes D., Smith M. (1998). *Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. 300 pp.

Aquagri. (n.d.). Sonda EnviroSCAN [HTML]. Consultado no dia 2/09/2016, às 18h05min. Retirado de: <http://www.aquagri.com/site/index.php/pt/equipamentos/sentek-sensor-technologies/150-sonda-enviroscan>

Ayars, J.E.; Johnson, R.S.; Phene, C.J.; Trout, T.J.; Clark, D.A. e Mead, R.M. (2003). *Water use by drip irrigated late season peaches*. Irrig. Sci. 22: 187-194.

Bartolomé, M.C.; Sotés, V.; Baeza, P.; Ruiz, C. e Lissarrague, J.R. (1995). *Efectos del déficit hídrico sobre el desarrollo vegetativo y fructífero del cultivar Tempranillo de vid (Vitis vinifera L.)*. Investigación Agraria: Producción y Protección Vegetales 10(2): 245-261.

Bartolomé, M.C.; Sotés, V.; Ruiz, C.; Baerza, P. e Lissarrague, J.R. (1996). *Water management: a method to improve physiological activity in Tempranillo grapevines under field conditions in a semiarid climate*. Acta Horticulturae. 427. 83-91.

Brady, N.C. (1990). *The Nature and Properties of Soils* (Tenth Edition). Macmillan Publishing Company, New York.

Branas, J. (1974). *Viticulture*. Ed. Déhan, Montpellier, 990 pp.

Bravdo, B.; Naor, A.; Poni, S.; Peterlunger, E.; Iacono, F. e Intrieri, C. (1997). *Effect of water regime on productivity and quality of fruit and wine*. Acta Horticulturae 427: 15-26.

Buttrose, M.S. (1974). *Fruitfulness in grapevines: effect of water stress*. Vitis 12: 299-305.

Carbonneau, A.; Casteran, P. e Leclair, Ph. (1982). *Application á l'étude synthétique des principaux facteurs du milieu expliquant la hiérarchie des crus*. Vignes et vins, nº especial septiembre.

Carbonneau, A. (1987). *Stress modéré sur feuillage induit par le système de conduit et régulation photosynthétique de la vigne*. 3^{ème} Symposium International sur la Physiologie de la vigne. Bordeaux. O.I.V. Ed. 378-385.

Carbonneau, A. (1998). *Irrigation, vignoble et produit de la vigne*. In: *Traité d'Irrigation*. J.-R. Tiercelin, Paris, Lavoisier Tec & Doc. Pp 257-298.

Centeno, A. (2005). *Evaluación del comportamiento de la vid (Vitis vinífera L., cv. Tempranillo) en condiciones de deficit hídrico: efectos sobre el estado hídrico, crecimiento, rendimiento, biomassa y composición de la uva*. Tese de Doutoramento. Universidade Politécnica de Madrid.

Chalmers, D.J.; Mitchell, P.D. e van Heek, L.A.G. (1981). *Control of peach tree growth and productivity by regulated water supply, tree density and summer pruning*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106: 307-12.

Champagnol F. (1984). *Eléments de physiologie de la vigne et de viticulture général*. Imp. Déhan. Montpellier. 352, 315, 325 pp.

Champagnol F. (1986). *L'acidité des moûts et des vins (2^{ème} partie). Facteurs physiologiques et agronomiques de variation*. Progrès Agricole et Viticole, 103: 361-374.

Choné, X.; Van Leeuwen, C.; Dubordieu, D. e Gaudillere, J. P. (2001). *Stem water potential is a sensitive indicator of grapevine water status*. Annals of Botany. 97(4) : 477-483.

Considine, J.A. e Knox, R.B. (1981). *Tissue origins, cell lineages and patterns of cell division in the developing dermal system of the fruits of Vitis vinífera L.* Planta 151: 403-412.

Coombe, B. e McCarthy, M.G. (2000). *Dynamics of grape berry growth and physiology of ripening*. Aust. J. Grape Wine Res. 6: 131-135.

Coombe, B. e Dry, P. (2012). *Viticulture. Volume 2 Practices*. South Australia: Winetitles.

Correia, M.J.; Pereira, J.S.; Chaves, M.M.; Rodrigues, M.L.; Pacheco, C.A. (1995). *ABA xylem concentrations determine maximum daily leaf conductance of field-grown Vitis vinifera L. plants*. PlantCellEnviron. 18, 511-521.

Crasto, Q. d. (2016). História [HTML]. Retirado de: <http://www.quintadocrasto.pt/historia/> [consultado no dia 7/10/2016, às 16h45min]

Crippen, D. D. e Morrison, J. C. (1986a). *The effects of sun exposure on the compositional development of Cabernet Sauvignon berries*. Am. J. Enol. Vitic. 37: 235-242.

Crippen, D. D. e Morrison, J.C. (1986b). *The effects of sun exposure on the compositional development of Cabernet Sauvignon berries*. Am. J. Enol. Vitic. 37: 243-247.

Davies, W.J. e Zhang, J.H. (1991). *Root signals and the regulation of growth and the development of plants in drying soil*. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology. 42: 55-76.

Davies, W.J.; Kudoyarova, G. e Hartung, W. (2005). *Long-distance ABA signaling and its relation to other signaling pathways in the detection of soil drying and the mediation of the plant's response to drought*. Journal of Plant Growth Regulation. 24: 285-295.

Deloire, A.; Carbonneau, A.; Wang, Z. e Ojeda, H. (2004). *Vine and water, a short review*. J. Int. Sci. VigneVin. 38 (1): 1-13.

Deloire, A.; Ojeda, H.; Zebic, O.; Bernard, N.; Hunter, J.; Carbonneau, A. (2005). *Influence of grapevine water status on the style of the wine*. LeProgrèsAgricoleetViticole. 122 (21): 455-462.

Dias, J. P. (2006). *Fases de maturação da uva*. Enovitis. Set.-Out.-Nov., pp, 28-36.

Dodd, I.C.; Stikic, R. e Davies, W.J. (1996). *Chemical regulation of gas exchange and growth of plants in drying soil in the field*. J. Exp. Bot. 47: 475-1490.

Dokoozlian, N. K. e Kliewer, W. M. (1996). *Influence of light on grape berry growth and composition varies during fruit development*. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 121: 869-874.

Doorenbos, J. e Pruitt, W.O. (1977). *Guidelines for predicting crop water requirements*. FAO Irrig. Drain. Paper 24.

Doorenbos, J., A.H. Kassam. (1979). *Yield response to water*. FAO, Irrigation and Drainage paper Nº 33, 193 pp.

dos Santos, T.; Lopes, C.M.; Rodrigues, M.L.; Souza, C.R.; Maroco, J.P.; Pereira, J.S.; Silva, J.R. e Chaves, M.M. (2003). *Partial root-zone drying: effects on growth, and fruit quality of field-grown grapevines (Vitisvinífera L.)*. *Funct. Plant Biol.* 30: 663-671.

Dry, P.R.; Loveys, B.R.; Botting, D. e During, H. (1996). *Effect of partial root-zone drying on grapevine vigour, yield, composition of fruit and use of water*. In: *Proceedings of the Ninth Australian Wine Industry Technical Conference*. pp. 126-131.

Dry, P.R. e Loveys, B.R. (1998). *Factors influencing grapevine vigour and the potential for control with partial root-zone drying*. *Aust. J. Grape Wine Res.* 4: 140-148.

Dry, P.R. e Loveys, B.R. (1999). *Grapevine shoot growth and stomatal conductance are reduced when part of the root system is dried*. *Vitis.* 38: 151-156.

Dry, P.R.; Loveys, B.R.; Stoll, M.; Stewart, D. e McCarthy, M.G. (2000a). *Partial root-zone drying – an update*. *Aust. Grapegrower Winemaker* 438a: 35-39.

Dry, P.R.; Loveys, B.R. e Düring, H. (2000). *Partial drying of the rootzone of grape. II. Changes in the pattern of root development*. *Vitis.* 39: 9-12.

Dry, P.R.; Loveys, B.R.; McCarthy, M.G. e Stoll, M. (2001). *Strategic irrigation management in australian vineyards*. *J. Int. Sci. VigneVin* 35: 129-139.

duToit, G.; Dry, P.R. e Loveys, B.R. (2003). *A preliminary investigation on partial root zone drying effects on grapevine performance, nitrogen assimilation and berry composition*. *South Afr. J. Enol.Viticult.* 24: 43-54.

Esteban, M.A.; Villanueva, M.J. e Lissarrague, J.R. (1999). *Effect of irrigation on changes in berry composition of Tempranillo during maturation. Sugars, organic acids and mineral elements*. *Am. J. Enol. Vitic.* 50(4): 418-434.

Esteban, M.A.; Villanueva, M.J. e Lissarrague, J.R. (2001). *Effect of irrigation on changes in the anthocyanin composition of the skin of cv. Tempranillo (V. vinífera, L.) grape berries during ripening*. *J. Sci. Food & Agric.* 81: 409-420.

Esteban, M.A.; Villanueva, M.J. e Lissarrague, J.R. (2002). *Relationships between different berry components in Tempranillo (V.vinífera, L.) grapes from irrigated and non-irrigated vines during ripening*. *J. Sci. Food & Agric.* 82: 1-11.

Fereres, E. e Soriano, M.A. (2007). *Deficit irrigation for reducing agriculture water use*. Journal of Experimental Botany 58(2): 147-159.

Freeman, B.M. e Smart, R.E. (1976). *A root observation laboratory for studies with grapevines*. Amer. J. Enol. Vitic. 27, 36-39.

Fregoni, M. (1999). *Viticultura di qualità*. Ed. L'Informatore Agrario S. r. l., 707 pp.

Galet, P. (1993). *Précis de viticulture*. Imp. Déhan, 6^{ème} ed., 582 pp.

García-Escudero, E. (1991). *Influencia de la dosis y el momento de aplicación del riego sobre la producción y desarrollo vegetativo, calidad del mosto y nutrición mineral de la vid*. Tese Doutoramento Universidade Politécnica de Madrid.

García-Escudero, E.; López, R.; Santamaría, P.; Zaballa, O. e Arroyo, M. C. (1997). *Ensayo de riego localizado en viñedos productivos cv. Tempranillo*. Viticultura/Enología profesional. 50: 35-47.

Ginestar, C.; Eastham, J.; Gray, S e Llarid, P. (1998a). *Use of sap-flow sensors to schedule vineyard irrigation I. Effects of post veraison water deficits on water relations, vine grow, arid yield of Shiraz grapevines*. Am. J. Enol. Vitic. 49: 413-420.

Ginestar, C.; ; Eastham, J.; Gray, S e Llarid, P. (1998b). *Use of sap-flow sensors to schedule vineyard irrigation I. Effects of post veraison water deficits on water relations, vine grow, arid yield of Shiraz grapevines*. Am. J. Enol. Vitic. 49: 421-427.

Girona, J. (2005). *Manejo del riego en vides para vino en España. Curso Internacional: Manejo del riego y suelo en vides para vino y mesa*. Resumen de las Conferencias, INIA, Chile (en prensa).

Girona, J.; Mata, M.; Campo J.; Arbonés, A.; Bartra, E. e Marsal, J. (2006). *The use of midday leaf water potential for scheduling deficit irrigation in vineyards*. Irrigation Science 24: 115-127.

Gómezdel Campo, M.V. (1998). *Mecanismos de adaptación a sequía en la vid. Evaluación del consumo de agua, crecimiento y desarrollo vegetativo, productividad y eficiencia en el uso del agua de cuatro genotipos de vid (Vitis vinifera L.)*. Tese de Doutoramento da Universidade Politécnica de Madrid.

Gouveia, J.P.; Pedroso, V.; Rodrigues, P.; Martins, S.; Alves, I. e Lopes, C. (2009). *Influência do regime hídrico da vinha no rendimento e qualidade da casta Touriga Nacional num terroir do Dão*. Fundação para a Ciência e Tecnologia: 10.

Goodwin, I. e Macrae, I. (1990). *Regulated deficit irrigation of Cabernet Sauvignon grapevines*. ANZ Wine Industry J. 5: 131-133.

Guardiola, J.L. e García, A. (1990). *Fisiología Vegetal I: Nutrición y transporte*. Ed. Síntesis. Madrid. 440 p.

Guerra, J. e Abade, E. (2008). *Castas do Douro. Caracterização Enológica de castas Tintas*. DRAPN

Hale, C.R. (1959). *Response of grapevines to prolonged flooding of the soil*. M.S. Thesis, University of California, Davis.

Hardie, W.J. e Considine, J.A. (1976). *Response of grapes to water-deficit stress in particular stages of development*. Amer. J. Enol. Vitic. 27, 55-61.

Hardie, W.J. e Martin, S.R. (1990). *A strategy for vine growth regulation by soil water management*. In: Williams, P.J., Davidson, D.M., Lee, T.H. (Eds) Proc: 7th Aust. Wine Ind. Techn. Conf. Adelaide, SA, 13-17 August 1989. Publ. Winetitles 1990. 51-57.

Hardie, W.J. e Martin, S.R. (2000). *Shoot growth on de-fruited grapevines: a physiological indicator for irrigation scheduling*. Aust. J. GrapeWineRes. 6: 52-58.

Hidalgo, L. (1999). *Tratado de viticultura general*. Ed. Mundi Prensa. 1123 pp.

Hunter, J.J. (1998a). *Plant spacing implications for grafted grapevine I. Soil characteristics, root growth, dry matter partitioning, dry matter composition and soil utilisation*. S. Afr. J. Enol. Vitic. Vol.19. Nº2, 25-34.

Hunter, J.J. (1998b). *Plant spacing implications for grafted grapevine II. Soil water, plant water relations, canopy physiology, vegetative and reproductive characteristics, grape composition, wine quality and labour requirements*. S. Afr. J. Enol. Vitic. Vol.19. Nº2, 35-51.

Igaraschi, K.; Abe, S. e Satoh, J. (1990) – Agric. Biol. Chem., 54: 171-175 (citado por Jackman, R. L. e Smith, J. L., 1996).

Igaraschi, K. e Inagaki, K. (1991) – Agric. Biol. Chem., 55: 285-287 (citado por Jackman, R. L. e Smith, J. L., 1996).

Infovini (n.d.). Porta-enxertos – 110 Richter. Consultado no dia 28/09/2016. Retirado de: <http://www.infovini.com/classic/pagina.php?codPagina=52&codItem=118&codPortaEnxerto=3&flash=1>

Intrigliolo, D.S.; Cárcel, S.; Chirivella, C. e Castel, J.R. (2005b). *Sensibilidad y predicción de la respuesta productiva y enológica de distintos indicadores de estrés hídrico en vid cv. Tempranillo*. Actas 20ª Reunión Anual Grupo Experimentación en Viticultura y Enología. Tomelloso, Ciudad Real.

Intrigliolo, D.S. e Castel, J.R. (2006b). *Evaluation of grapevine water status with trunk diameter sensors*. Irr. Sci.

Intrigliolo, D.S. e Castel, J. R. (2009). *Response of Vitis vinífera cv. Tempranillo to partial rootzone drying in the field. Water relations, growth, yield and fruit and wine quality*. Agricultural Water Management 96: 282-292.

IVDP. (20 de Abril de 2010). *Região*. Obtido em 22 de Setembro de 2016, de Instituto dos Vinhos do Douro e Porto: <https://www.ivdp.pt/pagina.asp?codPag=16>

Jona, R. e Botta, R. (1988). *Fruit set and early berry development in two grapevine cultivars*. Israel J. Bot. 37: 203-216.

Jones G. (2005). *Conferências Tapada*. Instituto Superior de Agronomia, 2009.

Junquera, P.; Sánchez de Miguel, P.; Linares, R.; Fuente, M. e Baeza, P. (2006). *Respuesta agronómica del viñedo a diferentes disponibilidades hídricas. Estudio de la influencia de la dosis y el reparto del riego en el tiempo*. Boletín Agrario de la Comunidad de Madrid. (en prensa)

Keller, M. e Hrazdina, G. (1998). *Interaction of nitrogen availability during bloom and light intensity during veraison. II. Effects on anthocyanin and phenolic development during grape ripening*. Am. J. Enol. Vitic. 49: 341-349.

Keller, M. (2005). *Deficit irrigation and vine mineral nutrition*. Am. J. Enol. Vitic. 53(3): 267-283.

Kennedy, J. A.; Matthews, M. A. e Waterhouse, A. L. (2002). *Effect of maturity and vine water status on grape skin and wine flavonoids*. American Journal of Enology and Viticulture. 53: 268-274.

Kenny, G.J. e Harrison, P.A. (1992). *The effects of climate variability and grape suitability in Europe*. Journal of Wine Research 3(1): 163-183.

Kliewer, W. M. (1964). *Influence of environment on metabolism of organic acids and carbohydrates in Vitis vinifera L. I. Temperature*. Plant. Physiol. 39: 869-871.

Kliewer, W. M. e Torres, R. E. (1972). *Effect of controlled day and night temperature on grape coloration*. Am. J. Enol. Vitic. 23: 71-77.

Koudouras, S.; Van Leeuwen, C.; Seguin, G.; Glories, Y. (1999). *Influence de l'alimentation sur la croissance de la vigne, la maturation des raisins et les caractéristiques des vins en zone méditerranéenne* (exemple de Némée, Grèce, cépage Saint-George, 1997). J. Int. Sci. VigneVin, 33: 149-160.

Kriedemann, P.E. e Goodwin, I. (2003). *Regulated deficit irrigation and partial root-zone drying. An overview of principles and applications*. Irrigation insights nº3. Land Water, Aust.

Lissarrague, J. R. (1986). *Estudio de los efectos del riego en la producción, desarrollo vegetativo, calidad del mosto y nutrición mineral (Vitis vinifera L.)*. Tese de Doutoramento. Universidade Politécnica de Madrid.

Liu, W.T.; Pool, R.; Wenkert, W.; Kriedemann, P.E. (1978). *Changes in photosynthesis, stomatal resistance and abscisic acid of Vitis labruscana through drought and irrigation cycles*. Am. J. Enol. Vitic. 29, 239-246.

Lopes, C. (1994). *Influência do Sistema de condução no microclima do coberto, vigor e produtividade da videira (Vitis vinifera L.)*. Tese de Doutoramento, Universidade Técnica de Lisboa, 205 pp.

Lopes, C. (1999). *Relationships between leaf water potencial and photosynthetic activity of field-grown grapevines under a mediterranean environment*. ActaHorticulturae 493: 287-292.

Lopes, C.; Pinto, P.A. (2005). *Easy and accurate estimation of grapevine leaf area with simple mathematical models*. Vitis. 44:55-61.

Loveys, B.R.; Kriedemann, P.E. (1974). *Internal control of stomatal physiology and photosynthesis. I. Stomatal regulation and associated changes in endogenous levels of abscisic and phaseic acids*. Aust. J. Plant Physiol. 1, 407-415.

Loveys, B.R. (1984a). *Diurnal changes in water relations and abscisic acid in field-grown Vitis vinifera cultivars. III. The influence of xylem-derived abscisic acid on leaf gas exchange*. New Phytol. 98, 563-573.

Loveys, B.R. (1984b). *Abscisic acid transport and metabolism in grapevine (Vitis vinifera L.)*. New Phytologist. 98: 575-582.

Loveys, B.R.; Düring, H. (1984). *Diurnal changes in water relations and abscisic acid in field-grown Vitis vinifera cultivars. II. Abscisic acid changes under semiarid conditions*. New Phytol. 97, 37-47.

Loveys, B.R.; Grant, J.; Dry, P. e McCarthy, M. (1997). *Progress in the development of partial root-zone drying*. Aust. Grapegrower Winemaker. 403: 18-20.

Loveys, B.R.; Stoll, M.; Dry, P. e McCarthy, M. (1998). *Partial root-zone drying stimulate stress responses in grapevine to improve water use efficiency while maintaining crop yield and quality*. Australian Grape grower and Winemaker, Technical issue. 414: 108-114.

Loveys, B.R.; Stoll, M.; Dry, P. e McCarthy, M. (2000). *Using plant physiology to improve the water use efficiency of horticultural crops*. Acta Hort. 537: 187-197.

Magalhães, N.; Oliveira, A. A.; Caeiro, L. (1995). *Contributo para a caracterização climática das regiões vitícolas de Portugal Continental*. 3º Simpósio Vitivinícola do Alentejo, Évora, I: 81-90.

Magalhães, N. P. (2003). *Caracterização e condução de castas tintas na Região Demarcada do Douro*. Douro - Estudos & Documentos. Vol. VIII (15): 172, 173.

Magalhães, N. (2008) *Tratado de Viticultura. A videira, a vinha e o terroir*. Chaves Ferreira Publicações.

Magalhães, N. (2015). *Tratado de Viticultura. A Videira, a vinha e o terroir*. Lisboa: Esfera Poética.

Marshall, T.J. and Holmes J.W. (1988). *Soil Physics (Second Edition)*. Cambridge University Press, Cambridge, New York, New Rochelle, Melbourne, Sydney.

Martins, A. (2008). Comunicação pessoal.

Martins, J. (2000). *Tudo sobre o Vinho do Porto*. Lisboa: Publicações Dom Quixote.

Mayson, R. (1999). *O Porto e o Douro*. Lisboa: Livros Quetzal, S.A.

McCarthy, M.G.; Loveys, B.R.; Dry, P.R. e Stoll, M. (2002). *Regulated deficit irrigation and partial rootzone drying as irrigation management techniques for grapevines*. In: *Deficit irrigation practices*, Water report 22, FAO, Roma.

McCarthy, M.G.; Jones, L.D. e Due, G. (2004). *Irrigation - Principles and practices*. Em "Viticulture-Practices", B.G. Coombe e P. Dry, eds., vol 2: 104-128, Winetitles, Adelaide, Australia.

Medrano, H.; Escalona, J.M.; Cifre, J.; Bota, J. e Flexas, J. (2003). *A ten-year study on the physiology of two grapevine cultivars under field conditions: effects of water availability from leaf photosynthesis to grape yield and quality*. *Funct. PlantBiol.* 30: 607-619.

Moreno, Y; Pardo, C. e Ortega, S. (2003). *Deshidratación prematura de bayas en cv. Merlot*. Conferências técnicas Vinitech America Latina. Santiago do Chile. Pp 65-71.

Mori, K.; Sugaya, S. e Gemma, H. (2005). *Decreased anthocyanin biosynthesis in grape berries grown under elevated night temperature condition*. *Sci. Hortic.* 105: 319-330.

Morlat, R.; Penavayre, M.; Jacquet, A.; Asselin, C. e Lemaître, C. (1992). *Influence des terroirs sur le fonctionnement hydriques et la photosynthèse de la vigne en millésime exceptionnellement sec (1990). Conséquence sur la maturation du raisin*. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 26: 197-220.

Myburgh, P.A. (2003). *Responses of Vitis vinifera L. cv Sultana to water deficits during various pre- and post-harvest phases under semi-arid conditions*. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* 24: 25-33.

Nadal, M. e Arola, L. (1995). *Effects of limited irrigation on the composition of must and wine of Cabernet Sauvignon under semi-arid conditions*. *Vitis*, 34: 151-154.

Ojeda, H.; Deloire, A.; Carbonneau, A.; Ageorges, A. e Romieu, C. (1999). *Berry development of grapevines: Relations between the growth of berries and their DNA content indicate cell multiplication and enlargement*. *Vitis* 38: 145-150.

Ojeda, H.; Deloire, A. e Carbonneau, A. (2001). *Influence of water deficits on grape berry growth*. *Vitis*, 40(3): 141-145.

Ojeda, H.; Andary, C.; Kraeva, E.; Carbonneau, A. e Deloire, A. (2002). *Influence of pre and postveraison water déficit on síntesis and concentration of skin phenolic compounds during berry growth on Vitis vinifera cv. Shiraz*. *Am. J. Enol. Vitic.* 53: 261-267.

Ojeda, H.; Carillo, N.; Deis, L.; Tisseyre, B.; Heywang, M. e Carbonneau, A. (2005). *Viticulture de precision et état hydrique. II: Comportement quantitative et qualitative de zones intraparcellaires définies à partir de la cartographie des potentiels hydriques*. In: Journées GESCO, 24. Geisenheim, Allemagne. 741-748p.

Oliveira, A. A. R. C. (1996). *Influência da estruturada vegetação, rega e despona na produtividade e qualidade em Vitis vinifera L. var. Touriga Nacional na Região Demarcada do Douro*. Dissertação de Mestrado, U.T.A.D., Vila Real, 150 p.

Peterlunger, E.; Sivilotti, P. e Colussi, V. (2005). *Water stress increased Polyphenolic quality in Merlot grapes. Proceedings of the VIIth Symp on Grapevine Physiology and Biotechnology*. ActaHorticulturae 689: 293-300.

Petrie, P.R.; Cooley, N.M. e Clingeleffer, P.R. (2004). *The effect of post-veraison water deficit on yield components and maturation of irrigated Shiraz (Vitis vinifera L.) in the current and following season*. Aust. J. Grape and Wine Research 10: 203-215.

Peynaud, E. (1981). *Connaissance et travail du vin*. Ed. Bordas, Paris.

Pinto, M. (2015). *Efeitos de estratégias de rega deficitária sobre o rendimento e qualidade da casta Touriga Nacional na Região do Douro*. Faculdade de Ciências, Universidade do Porto. Dissertação de Mestrado.

Queiroz, J. (1996). *Intervenções em Verde e a sua Influência no Rendimento e na Qualidade, Touriga Nacional – Douro*. Faculdade de Ciências, Universidade do Porto. Dissertação de Mestrado.

Queiroz, J. (2002). *Condução e Relações Rendimento Qualidade de Castas Nobres do Douro*. Faculdade de Ciências – Secção Autónoma das Ciências Agrárias, Universidade do Porto. Dissertação de Doutoramento: 225.

Queiroz, J. (2002). *Ecofisiologia da Videira*. Aulas Viticultura Geral. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Obtido em 10 de Maio de 2016.

Queiroz, J. (2002). *Poda de Inverno*. Aulas Produção Vitivinícola. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Obtido em 18 de Maio de 2016.

Queiroz, J. (2005). *Microbiologia do vinho e bioquímica das fermentações*. Aulas Enologia. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Obtido em 03 de Março de 2017.

Roby, G.; Harbertson, J. F.; Adams, D. A. e Matthews, M.A. (2004). *Berry size and vine water deficits as factors in winegrape composition: Anthocyanins and tannins*. Aust. J. Grape and Wine Research 10: 100-107.

Roby, G. e Matthews, M.A. (2004). *Relative proportions of seed, skin and flesh, in ripe berries from Cabernet sauvignon grapevines grown in a vineyard either well irrigated or under water deficit*. *Aus. J. Grape and Wine Research* 10: 74-82.

Rubio, J. A.; Yuste, J. e Baeza, P. (2001). *Effects of cluster thinning and water regime on productivity, development, must composition, and physiologic behavior on Tempranillo cultivar trained in a vertical trellis system*. 12èmes Journées GESCO, (Groupe d'Etudes des Systèmes de Conduite de la Vigne. Vol. 2: 533-539.

Santos, F.D.; Forbes, K. e Moita, R. (2001). *Climate Change in Portugal. Scenarios, impacts and adaptation measures - SIAM Executive summary and conclusions*. Gradiva, Lisboa.

Scholander, P.; Hammel, H., Bradstreet, E. & Hemmingen, A. (1965). *Sap pressure in vascular plants*. *Science*, 148 (3668), 339-346.

Schultz, H.R. (1996). *Water relations and photosynthetic responses of two grapevine cultivars of different geographical origin during water stress*. *Acta Horticulturae* 427: 251-261.

Schultz, H.R. (2000). *Climate change and viticulture: a European perspective on climatology, carbon dioxide and UVB effects*. *Aust. J. Grape Wine Research*. 6 (1): 2-12.

Schultz, H.R. (2003). *Differences in hydraulic architecture account for near-isohydric and anisohydric behaviour of two field-grown Vitis vinifera L. cultivars during drought*. *Plant, Cell and Environment*. 26: 1393- 1405.

Shackel, K.A.; H. Ahmadi, H.; Biasi, W.; Buchner, R; Goldhamer, D; Gurusinghe, S.; Hasey, J.; Kester, D.; Krueger, B.; Lampinen, B.; McGourthy, G.; Micke, W.; Mitcham, E.; Olson, B.; Pelletrau, K.; Philips, H.; Ramos, D.; Schwankl, L.; Sibbett, S.; Stevenson, M.; Thorpe, M.; Weinbaum, S. e Yeager, J. (1997). *Plant water status as an index of irrigation need in deciduous fruit trees*. *HortTechnology* 7: 23-29.

Silvestre, J. (2003). *Evapotranspiração e funcionamento hídrico em Vitis vinifera L*. Tese de Doutoramento, U.T.L., I.S.A., Lisboa.

Smart, H.E.; Barrs, H.D. (1973). *The effect of environment and irrigation interval on leaf water potential of four horticultural species*. *Agricultural and Forest Meteorology* 12: 337-346.

Smart, R. E. (1974). *Aspects of water relations of the grapevine (Vitis vinifera)*. *Am. J. Enol. Vitic.*, 25: 84-91.

Smart, R.E.; Shaulis, N.J. e Lemon, E.R. (1982). *The effect of Concord vineyard microclimate on yield II. The interrelations between microclimate and yield expresión.* Am. J. Enol. Vitic.33: 109-116.

Smart, R.E.; Stephen, M.S. e Winchester, R.V. (1988). *Light quality and quantity effects on fruit ripening for Cabernet Sauvignon.* Am. J. Enol. Vitic. 39: 250-258.

Smart, R. & Robinson, M. (1991). *Sunlight into wine. A handbook for Winegrape Canopy management.* Winetitles. Adelaide.

Sotés, V. (2007). Prólogo. In P. Trujillo, J. Lissarrague, P. Miguel. *Fundamentos, Aplicación y Consecuencias del Riego en la Vid* (p.11).Madrid, España: Agrícola Española.

Spayd, S. E.; Tarara, J. M.; Mee, D.L. e Ferguson, J. C. (2002). *Separation of sunlight and temperature effects on the composition of Vitisvinifera cv. Merlot berries.* Am. J. Enol. Vitic. 53: 171-182.

Stoll, M.; Loveys, B. e Dry, P. (2000a). *Hormonal changes induced by partial root-zone drying of irrigated grapevine.* J. Exp. Bot. 51: 1627-1634.

Stoll, M.; Dry, P.; Loveys, B.R.; Stewart, D. e McCarthy, M. (2000b). *Partial root-zone drying. Effects on root distribution and commercial application of a new irrigation technique.* WineInd. J 15: 74-77.

Tandonnet, J. P.; Ollat, N.; Neveux, M. e Renoux, J. L. (1999). *Effect of three levels of water supply on the vegetative and reproductive development of Merlot and Cabernet Sauvignon grapevines.* Acta Hort. 493: 301-307.

Thorntwaite, C. W. e Mather, J.R. (1955). *The water balance.* Publ. In *Climatology* 8(1). Centerton, N. J..

Trujillo, P.; Albuquerque, M.; Tola, E.; Castel, J.; Lorenzo, J.; Talón, P., et al. (2007). *Fundamentos, Aplicación y Consecuencias del Riego en la Vid.* Madrid, España: Agrícola Española, S.A.

Van Zyl, J.L. e H.W. Weber. (1981). *The effect of various supplementary irrigation treatments on plant and soil moisture relationships in a vineyard (Vitis vinifera var. Chenin Blanc).* S. Afr. J. Enol. Vitic. 2 : 83-99.

Van Zyl, J.L. (1984). *Response of Columbar grapevines to irrigationas regards quality aspects and growth*. S.Afr. J. Enol. Vitic. 5, 19-28.

White, R. (2006). *Principles and practice of soil science (4.ª ed.)*. Blackwell Publishing ed., 363 pp.

Williams, L. E. e Matthews, M. A. (1990). *Grapevine. Irrigation of agricultural crops*, (B. A. Stewart and D. R. Nielsen, Eds.). Madison, Wiscousin U.S.A. 1019-1055.

Williams, L.E. (2000). *Grapevine water relations*. In: Cristensen, P.L. (ed.) *Raisin production manual*, University of California, Agriculture & Natural Resources, Oakland, pp.121-126.

Williams, L.E.; Phene, C.J.; Grimes, D.W. e Trout, T.J. (2003b). *Water use of mature Thompson Seedless grapevines in California*. Irrig. Sci. 22: 11-18.

Winkler, A. J.; Cook, J. A.; Kliewer, W. M. e Lider, L. A. (1974). *General Viticulture*. University of California Press. California. USA. 709 p.

Yuste, J. (1995). *Comportamiento fisiológico y agronómico de la vid (Vitis vinifera L.) en diferentes sistemas de conducción en secano y regadío*. Tese de Doutoramento. Universidade Politécnica de Madrid. 280 p.

Zamboni, M.; Iacono, F. e Fregoni, M. (1987). *Influence de l'époque de sécheresse sur la production et sur la qualité du moût des vignes cultivées en pot*. III Symposium International sur Physiologie de la Vigne. Bordeaux (1986), 223-228 pp.

Anexo I – Fotografias obtidas a 19 de Maio

Modalidade	Bardo Interior	Bardo Exterior
R0		
R25		
R50		
R75		

Figura 46 - Aspecto das diferentes modalidades de rega, no dia 19 de Maio. Quinta da Cabreira, 2016.

Anexo II – Fotografias obtidas a 27 de Junho

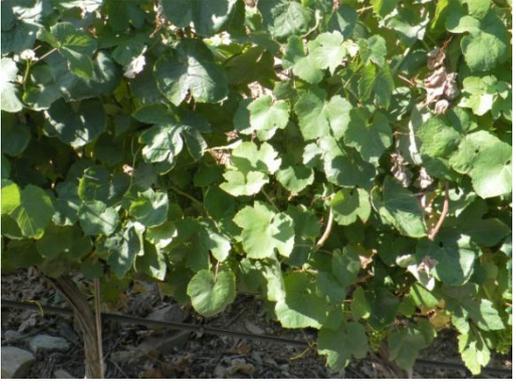
Modalidade	Bardo Interior	Bardo Exterior
R0		
R25		
R50		
R75		

Figura 47 - Aspecto das diferentes modalidades de rega, no dia 27 de Junho. Quinta da Cabreira, 2016.

Anexo III – Fotografias obtidas a 5 de Agosto

Modalidade	Bardo Interior	Bardo Exterior
R0		
R25		
R50		
R75		

Figura 48 - Aspecto das diferentes modalidades de rega, no dia 5 de Agosto. Quinta da Cabreira, 2016.

Anexo IV – Fotografias obtidas a 31 de Agosto

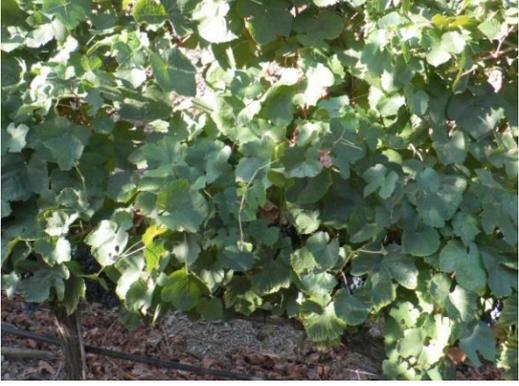
Modalidade	Bardo Interior	Bardo Exterior
R0		
R25		
R50		
R75		

Figura 49 - Aspecto das diferentes modalidades de rega, no dia 31 de Agosto. Quinta da Cabreira, 2016.

Anexo V – Registo dos controlos de maturação

Tabela 25 - Registos do Nº de Bagos, Álcool Provável (%), pH, Acidez Total e Peso (g). Quinta da Cabreira, 2016.

Data	Bloco	Modalidade	Bardo	Nº de Bagos	Álcool Provável (%)	pH	Acidez Total	Peso(g)
31 de Agosto		R0		79	12,8	3,57	6,77	
31 de Agosto		R25		77	13,0	3,57	6,68	
31 de Agosto		R50		78	13,3	3,64	6,57	
31 de Agosto		R75		80	14,8	3,61	6,61	
8 de Setembro	2	RO	Exterior	146	14,2	3,79	4,54	196,61
8 de Setembro	2	RO	Interior	159	13,7	3,70	4,72	214,59
8 de Setembro	2	R25	Exterior	160	13,9	3,68	5,02	203,08
8 de Setembro	2	R25	Interior	172	14,2	3,60	5,09	218,42
8 de Setembro	2	R50	Exterior	158	14,6	3,75	4,67	191,20
8 de Setembro	2	R50	Interior	161	13,8	3,68	4,86	243,11
8 de Setembro	2	R75	Exterior	160	15,4	3,80	4,65	209,31
8 de Setembro	2	R75	Interior	160	14,3	3,64	5,12	228,13
8 de Setembro	1	RO	Exterior	156	14,7	3,66	5,02	171,77
8 de Setembro	1	RO	Interior	168	14,1	3,61	5,19	200,64
8 de Setembro	1	R25	Exterior	160	14,6	3,67	4,89	195,60
8 de Setembro	1	R25	Interior	150	14,6	3,67	4,86	207,46
8 de Setembro	1	R50	Exterior	156	14,8	3,69	4,66	176,73
8 de Setembro	1	R50	Interior	160	13,8	3,57	5,08	205,95
8 de Setembro	1	R75	Exterior	159	13,8	3,64	4,90	202,06
8 de Setembro	1	R75	Interior	140	14,0	3,69	5,12	235,91
8 de Setembro	3	RO	Exterior	160	14,3	3,79	4,87	215,24
8 de Setembro	3	RO	Interior	160	13,8	3,73	4,82	209,14
8 de Setembro	3	R25	Exterior	160	13,8	3,68	4,62	201,46
8 de Setembro	3	R25	Interior	160	14,0	3,61	4,94	211,22
8 de Setembro	3	R50	Exterior	172	14,8	3,83	4,58	185,80
8 de Setembro	3	R50	Interior	160	14,5	3,83	4,25	221,95
8 de Setembro	3	R75	Exterior	158	15,1	3,81	4,61	206,72
8 de Setembro	3	R75	Interior	162	14,5	3,65	4,90	234,25

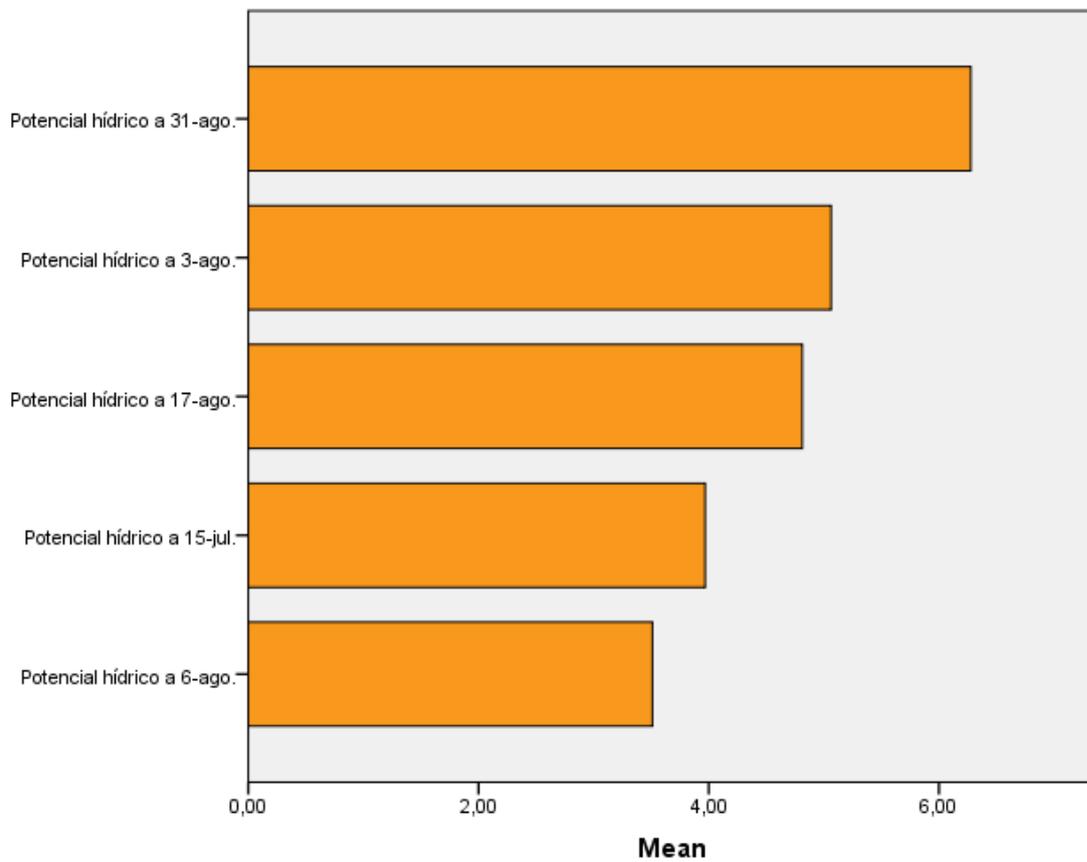
Tabela 26 - Registos do Volume (mL), Peso Médio do Bago (g), Ácido Málico (g/L), Antocianinas (mg/L) e Polifenóis (mg/L). Quinta da Cabreira, 2016.

Data	Bloco	Modalidade	Bardo	Volume (mL)	Peso Médio Bago	Ác.Málico(g/L)	Antocianinas (mg/L)	Polifenóis (mg/L)
31 de Agosto		R0				1,95	123	168,7
31 de Agosto		R25				1,83	101	*
31 de Agosto		R50				2,11	115	336,3
31 de Agosto		R75				2,27	113	28,9
8 de Setembro	2	RO	Exterior	110	1,35	20,8	124	567,9
8 de Setembro	2	RO	Interior	136	1,35	1,83	137	739,8
8 de Setembro	2	R25	Exterior	120	1,27	1,91	108	493,4
8 de Setembro	2	R25	Interior	132	1,27	1,67	118	793,2
8 de Setembro	2	R50	Exterior	110	1,21	1,91	106	623,1
8 de Setembro	2	R50	Interior	156	1,51	1,95	43	526,2
8 de Setembro	2	R75	Exterior	126	1,31	2,10	115	712,0
8 de Setembro	2	R75	Interior	144	1,43	1,71	68	498,4
8 de Setembro	1	RO	Exterior	96	1,10	1,59	81	583,5
8 de Setembro	1	RO	Interior	118	1,19	1,43	75	523,2
8 de Setembro	1	R25	Exterior	112	1,22	1,62	74	680,0
8 de Setembro	1	R25	Interior	128	1,38	1,45	115	730,8
8 de Setembro	1	R50	Exterior	102	1,13	1,60	76	726,4
8 de Setembro	1	R50	Interior	120	1,29	1,47	134	555,8
8 de Setembro	1	R75	Exterior	120	1,27	1,58	125	917,4
8 de Setembro	1	R75	Interior	152	1,69	2,23	81	735,10
8 de Setembro	3	RO	Exterior	122	1,35	2,27	80	679
8 de Setembro	3	RO	Interior	124	1,31	1,84	74	621,8
8 de Setembro	3	R25	Exterior	122	1,26	1,90	61	587,6
8 de Setembro	3	R25	Interior	128	1,32	1,65	50	535,9
8 de Setembro	3	R50	Exterior	110	1,08	1,77	304	1092,7
8 de Setembro	3	R50	Interior	134	1,39	1,87	228	1249,8
8 de Setembro	3	R75	Exterior	120	1,31	2,07	237	923,2
8 de Setembro	3	R75	Interior	130	1,45	1,72	122	670,3

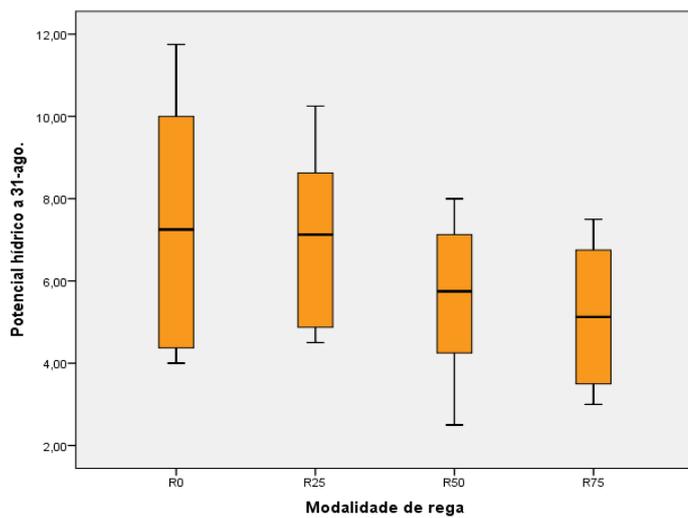
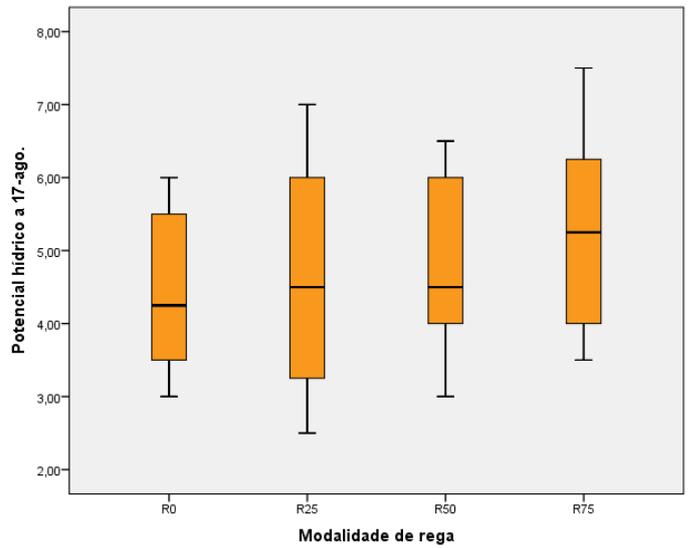
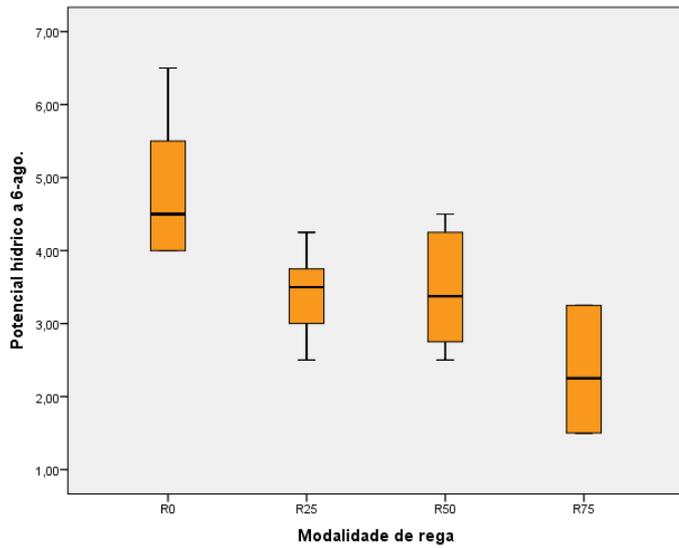
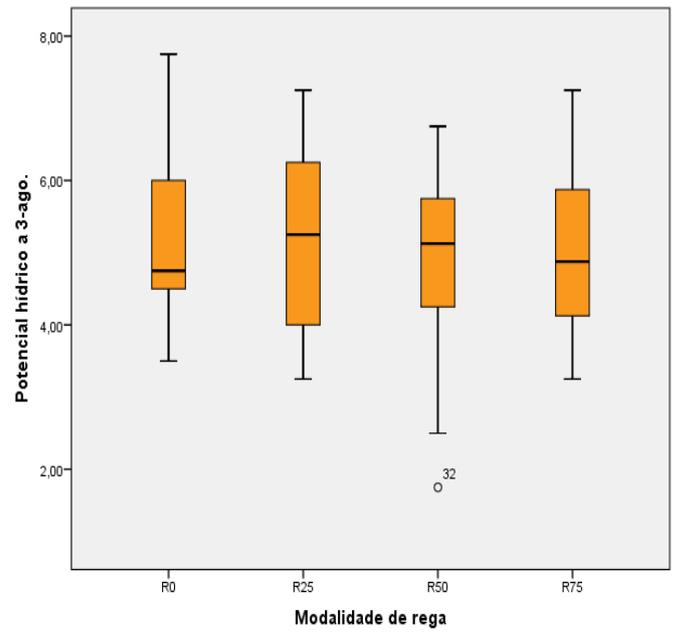
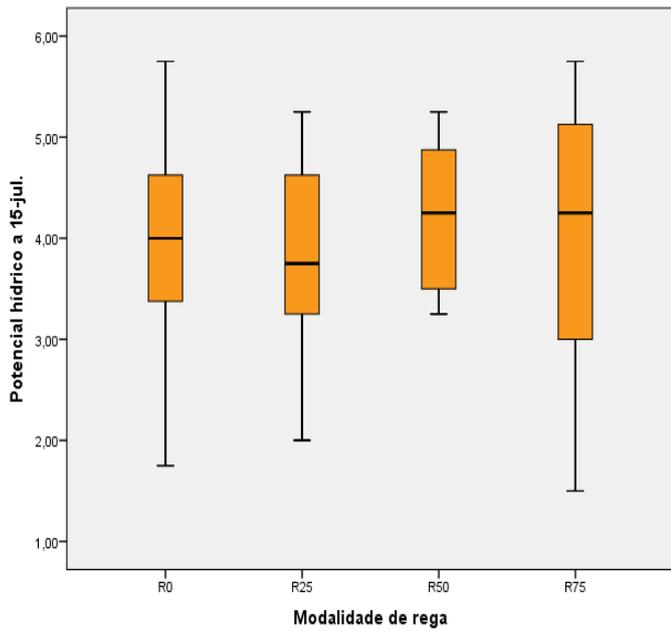
Anexo VI – Tratamento Estatístico

Potencial Hídrico Foliar (Ψ_f)

Descriptive Statistics					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Potencial hídrico a 15-jul.	48	1,50	5,75	3,9688	1,04248
Potencial hídrico a 3-ago.	48	1,75	7,75	5,0625	1,31935
Potencial hídrico a 6-ago.	48	1,50	6,50	3,5104	1,17256
Potencial hídrico a 17-ago.	48	2,50	7,50	4,8125	1,30313
Potencial hídrico a 31-ago.	48	2,50	11,75	6,2760	2,29954



Efeitos de estratégias de rega deficitária sobre o rendimento e qualidade da casta Touriga Nacional na Região do Douro



Análise estatística entre modalidades:

		Multiple Comparisons					95% Confidence Interval	
Dependent Variable			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	Lower Bound	Upper Bound	
Potencial hídrico a 15-jul.	Tukey HSD	R0	R25	0,14583	0,43470	0,987	-1,0148	1,3065
			R50	-0,29167	0,43470	0,907	-1,4523	0,8690
			R75	-0,06250	0,43470	0,999	-1,2231	1,0981
		R25	R0	-0,14583	0,43470	0,987	-1,3065	1,0148
			R50	-0,43750	0,43470	0,746	-1,5981	0,7231
			R75	-0,20833	0,43470	0,963	-1,3690	0,9523
		R50	R0	0,29167	0,43470	0,907	-0,8690	1,4523
			R25	0,43750	0,43470	0,746	-0,7231	1,5981
			R75	0,22917	0,43470	0,952	-0,9315	1,3898
		R75	R0	0,06250	0,43470	0,999	-1,0981	1,2231
			R25	0,20833	0,43470	0,963	-0,9523	1,3690
			R50	-0,22917	0,43470	0,952	-1,3898	0,9315
Potencial hídrico a 3-ago.	Tukey HSD	R0	R25	0,08333	0,55216	0,999	-1,3909	1,5576
			R50	0,43750	0,55216	0,858	-1,0368	1,9118
			R75	0,22917	0,55216	0,976	-1,2451	1,7034
		R25	R0	-0,08333	0,55216	0,999	-1,5576	1,3909
			R50	0,35417	0,55216	0,918	-1,1201	1,8284
			R75	0,14583	0,55216	0,993	-1,3284	1,6201
		R50	R0	-0,43750	0,55216	0,858	-1,9118	1,0368
			R25	-0,35417	0,55216	0,918	-1,8284	1,1201
			R75	-0,20833	0,55216	0,981	-1,6826	1,2659
		R75	R0	-0,22917	0,55216	0,976	-1,7034	1,2451
			R25	-0,14583	0,55216	0,993	-1,6201	1,3284
			R50	0,20833	0,55216	0,981	-1,2659	1,6826
Potencial hídrico a 17-ago.	Tukey HSD	R0	R25	-0,08333	0,53728	0,999	-1,5179	1,3512
			R50	-0,29167	0,53728	0,948	-1,7262	1,1429
			R75	-0,70833	0,53728	0,556	-2,1429	0,7262
		R25	R0	0,08333	0,53728	0,999	-1,3512	1,5179
			R50	-0,20833	0,53728	0,980	-1,6429	1,2262
			R75	-0,62500	0,53728	0,653	-2,0595	0,8095
		R50	R0	0,29167	0,53728	0,948	-1,1429	1,7262
			R25	0,20833	0,53728	0,980	-1,2262	1,6429
			R75	-0,41667	0,53728	0,865	-1,8512	1,0179
		R75	R0	0,70833	0,53728	0,556	-0,7262	2,1429
			R25	0,62500	0,53728	0,653	-0,8095	2,0595
			R50	0,41667	0,53728	0,865	-1,0179	1,8512
Potencial hídrico a 31-ago.	Tukey HSD	R0	R25	0,29167	0,89205	0,988	-2,0901	2,6734
			R50	1,62500	0,89205	0,277	-0,7568	4,0068
			R75	2,14583	0,89205	0,091	-0,2359	4,5276
		R25	R0	-0,29167	0,89205	0,988	-2,6734	2,0901
			R50	1,33333	0,89205	0,449	-1,0484	3,7151
			R75	1,85417	0,89205	0,176	-0,5276	4,2359
		R50	R0	-1,62500	0,89205	0,277	-4,0068	0,7568
			R25	-1,33333	0,89205	0,449	-3,7151	1,0484
			R75	0,52083	0,89205	0,936	-1,8609	2,9026
		R75	R0	-2,14583	0,89205	0,091	-4,5276	0,2359
			R25	-1,85417	0,89205	0,176	-4,2359	0,5276
			R50	-0,52083	0,89205	0,936	-2,9026	1,8609

Potencial hídrico a 15-jul.

Modalidade de rega	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	
Tukey HSD ^a	R25	12	3,7708
	R0	12	3,9167
	R75	12	3,9792
	R50	12	4,2083
	Sig.		0,746

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 12,000.

Potencial hídrico a 3-ago.

Modalidade de rega	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	
Tukey HSD ^a	R50	12	4,8125
	R75	12	5,0208
	R25	12	5,1667
	R0	12	5,2500
	Sig.		0,858

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 12,000.

Potencial hídrico a 17-ago.

Modalidade de rega	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	
Tukey HSD ^a	R0	12	4,5417
	R25	12	4,6250
	R50	12	4,8333
	R75	12	5,2500
	Sig.		0,556

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 12,000.

Potencial hídrico a 31-ago.

Modalidade de rega	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	
Tukey HSD ^a	R75	12	5,1458
	R50	12	5,6667
	R25	12	7,0000
	R0	12	7,2917
	Sig.		0,091

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 12,000.

Kruskal-Wallis Test

Modalidade de rega	Ranks		
	N	Mean Rank	
Potencial hídrico a 6-ago.	R0	12	40,17
	R25	12	23,17
	R50	12	24,17
	R75	12	10,50
	Total	48	

Mann-Whitney Test

Ranks				
Modalidade de rega		N	Mean Rank	Sum of Ranks
Potencial hídrico a 6-ago.	R0	12	16,83	202,00
	R50	12	8,17	98,00
	Total	24		

Potencial hídrico a 6-ago.	
Mann-Whitney U	20,000
Wilcoxon W	98,000
Z	-3,037
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,002
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	0,002 ^b

Ranks				
Modalidade de rega		N	Mean Rank	Sum of Ranks
Potencial hídrico a 6-ago.	R0	12	18,50	222,00
	R75	12	6,50	78,00
	Total	24		

Potencial hídrico a 6-ago.	
Mann-Whitney U	0,000
Wilcoxon W	78,000
Z	-4,197
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,000
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	0,000 ^b

T-Test

Group Statistics					
Modalidade de rega		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Potencial hídrico a 6-ago.	R25	12	3,4167	0,59671	0,17225
	R75	12	2,3333	0,76376	0,22048

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances				t-test for Equality of Means					
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference		
								Lower	Upper	
Potencial hídrico a 6-ago.	Equal variances assumed	1,833	0,189	3,872	22	0,001	1,08333	0,27979	0,50308	1,66358
	Equal variances not assumed			3,872	20,783	0,001	1,08333	0,27979	0,50111	1,66556

T-Test

Group Statistics

Modalidade de rega	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Potencial hídrico R50	12	3,4583	0,78937	0,22787
a 6-ago. R75	12	2,3333	0,76376	0,22048

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Potencial hídrico a 6-ago.	Equal variances assumed	0,120	0,733	3,548	22	0,002	1,12500	0,31708	0,46743	1,78257
	Equal variances not assumed			3,548	21,976	0,002	1,12500	0,31708	0,46739	1,78261

Análise estatística entre os Blocos:

Multiple Comparisons

Dependent Variable				Mean Difference (I-J)		Sig.	95% Confidence Interval	
					Std. Error		Lower Bound	Upper Bound
Potencial hídrico a 15-jul.	Tukey HSD	Bloco 1	Bloco 2	0,93750 [*]	0,29650	0,008	0,2189	1,6561
			Bloco 3	-0,60938	0,29650	0,111	-1,3280	0,1092
			Bloco 2	-0,93750 [*]	0,29650	0,008	-1,6561	-0,2189
		Bloco 3	Bloco 1	-1,54688 [*]	0,29650	0,000	-2,2655	-0,8283
			Bloco 2	0,60938	0,29650	0,111	-0,1092	1,3280
			Bloco 1	1,54688 [*]	0,29650	0,000	0,8283	2,2655
Potencial hídrico a 3-ago.	Tukey HSD	Bloco 1	Bloco 2	1,42188 [*]	0,34312	0,000	0,5903	2,2535
			Bloco 3	-0,76563	0,34312	0,077	-1,5972	0,0660
			Bloco 2	-1,42188 [*]	0,34312	0,000	-2,2535	-0,5903
		Bloco 3	Bloco 1	-2,18750 [*]	0,34312	0,000	-3,0191	-1,3559
			Bloco 2	0,76563	0,34312	0,077	-0,0660	1,5972
			Bloco 1	2,18750 [*]	0,34312	0,000	1,3559	3,0191
Potencial hídrico a 6-ago.	Tukey HSD	Bloco 1	Bloco 2	0,56250	0,40252	0,351	-0,4131	1,5381
			Bloco 3	-0,31250	0,40252	0,719	-1,2881	0,6631
			Bloco 2	-0,56250	0,40252	0,351	-1,5381	0,4131
		Bloco 3	Bloco 1	-0,87500	0,40252	0,087	-1,8506	0,1006
			Bloco 2	0,31250	0,40252	0,719	-0,6631	1,2881
			Bloco 1	0,87500	0,40252	0,087	-0,1006	1,8506
Potencial hídrico a 31-ago.	Tukey HSD	Bloco 1	Bloco 2	1,62500 [*]	0,62615	0,033	0,1074	3,1426
			Bloco 3	-2,03125 [*]	0,62615	0,006	-3,5488	-0,5137
			Bloco 2	-1,62500 [*]	0,62615	0,033	-3,1426	-0,1074
		Bloco 3	Bloco 1	-3,65625 [*]	0,62615	0,000	-5,1738	-2,1387
			Bloco 2	2,03125 [*]	0,62615	0,006	0,5137	3,5488
			Bloco 1	3,65625 [*]	0,62615	0,000	2,1387	5,1738

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Potencial hídrico a 15-jul.

Bloco	N	0.05	
		1	2
Tukey HSD ^a			
Bloco 2	16	3,1406	
Bloco 1	16		4,0781
Bloco 3	16		4,6875
Sig.		1,000	0,111

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 16,000.

Potencial hídrico a 3-ago.

Bloco	N	0.05	
		1	2
Tukey HSD ^a			
Bloco 2	16	3,8594	
Bloco 1	16		5,2813
Bloco 3	16		6,0469
Sig.		1,000	0,077

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 16,000.

Potencial hídrico a 6-ago.

Bloco	N	for alpha = 0.05
		1
Tukey HSD ^a		
Bloco 2	16	3,0313
Bloco 1	16	3,5938
Bloco 3	16	3,9063
Sig.		0,087

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 16,000.

Potencial hídrico a 31-ago.

Bloco	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Tukey HSD ^a				
Bloco 2	16	4,5156		
Bloco 1	16		6,1406	
Bloco 3	16			8,1719
Sig.		1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 16,000.

Kruskal-Wallis Test

Ranks			
Bloco		N	Mean Rank
Potencial hídrico a 17-ago.	Bloco 1	16	21,59
	Bloco 2	16	16,56
	Bloco 3	16	35,34
	Total	48	

Análise estatística entre os bardos:

T-Test

Group Statistics					
Bardo		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Potencial hídrico a 15-jul.	Interior	24	3,5833	1,10500	0,22556
	Exterior	24	4,3542	0,83052	0,16953
Potencial hídrico a 3-ago.	Interior	24	4,9063	1,41193	0,28821
	Exterior	24	5,2188	1,22987	0,25105
Potencial hídrico a 6-ago.	Interior	24	3,2083	0,81982	0,16734
	Exterior	24	3,8125	1,39535	0,28483
Potencial hídrico a 31-ago.	Interior	24	5,9792	2,28525	0,46647
	Exterior	24	6,5729	2,32365	0,47431

Independent Samples Test										
		Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Potencial hídrico a 15-jul.	Equal variances assumed	1,840	0,182	-2,732	46	0,009	-0,77083	0,28216	-1,33880	-0,20287
	Equal variances not assumed			-2,732	42,699	0,009	-0,77083	0,28216	-1,33998	-0,20168
Potencial hídrico a 3-ago.	Equal variances assumed	0,342	0,562	-0,818	46	0,418	-0,31250	0,38221	-1,08186	0,45686
	Equal variances not assumed			-0,818	45,150	0,418	-0,31250	0,38221	-1,08225	0,45725
Potencial hídrico a 6-ago.	Equal variances assumed	5,202	0,027	-1,829	46	0,074	-0,60417	0,33035	-1,26912	0,06079
	Equal variances not assumed			-1,829	37,188	0,075	-0,60417	0,33035	-1,27340	0,06507
Potencial hídrico a 31-ago.	Equal variances assumed	0,015	0,903	-0,893	46	0,377	-0,59375	0,66526	-1,93285	0,74535
	Equal variances not assumed			-0,893	45,987	0,377	-0,59375	0,66526	-1,93286	0,74536

Rendimento entre modalidades

Cachos/videira:

Multiple Comparisons

Dependent Variable: N° Cachos/Videira

(I) Modalidade de rega		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
					Lower Bound	Upper Bound	
Tukey HSD	R0	R25	1,033	0,942	0,691	-1,40	3,47
		R50	-1,017	0,942	0,702	-3,45	1,42
		R75	-1,350	0,942	0,480	-3,79	1,09
	R25	R0	-1,033	0,942	0,691	-3,47	1,40
		R50	-2,050	0,942	0,133	-4,49	0,39
		R75	-2,383	0,942	0,058	-4,82	0,05
	R50	R0	1,017	0,942	0,702	-1,42	3,45
		R25	2,050	0,942	0,133	-0,39	4,49
		R75	-0,333	0,942	0,985	-2,77	2,10
R75	R0	1,350	0,942	0,480	-1,09	3,79	
	R25	2,383	0,942	0,058	-0,05	4,82	
	R50	0,333	0,942	0,985	-2,10	2,77	

N° Cachos/Videira

Modalidade de rega	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	
Tukey HSD ^a	R25	60	16,13
	R0	60	17,17
	R50	60	18,18
	R75	60	18,52
	Sig.		0,058

Produção por videira (Kg):

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Produção por videira (Kg)							
(I) Modalidade de rega			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	R0	R25	0,0300	0,1736	0,998	-0,419	0,479
		R50	-0,3383	0,1736	0,211	-0,787	0,111
		R75	-0,6217*	0,1736	0,002	-1,071	-0,173
	R25	R0	-0,0300	0,1736	0,998	-0,479	0,419
		R50	-0,3683	0,1736	0,149	-0,817	0,081
		R75	-0,6517*	0,1736	0,001	-1,101	-0,203
	R50	R0	0,3383	0,1736	0,211	-0,111	0,787
		R25	0,3683	0,1736	0,149	-0,081	0,817
		R75	-0,2833	0,1736	0,362	-0,732	0,166
	R75	R0	0,6217*	0,1736	0,002	0,173	1,071
		R25	0,6517*	0,1736	0,001	0,203	1,101
		R50	0,2833	0,1736	0,362	-0,166	0,732

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Produção por videira (Kg)

Modalidade de rega	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	
Tukey HSD ^a	R25	60	2,027	
	R0	60	2,057	
	R50	60	2,395	2,395
	R75	60		2,678
	Sig.		0,149	0,362

Peso dos Cachos (gr):

Dependent Variable: **Peso dos cachos (gr)**

(I) Modalidade de rega		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
					Lower Bound	Upper Bound	
Tukey HSD	R0	R25	-5,693	6,755	0,834	-23,17	11,78
		R50	-11,129	6,755	0,354	-28,61	6,35
		R75	-24,231*	6,755	0,002	-41,71	-6,75
	R25	R0	5,693	6,755	0,834	-11,78	23,17
		R50	-5,436	6,755	0,852	-22,91	12,04
		R75	-18,539*	6,755	0,033	-36,02	-1,06
	R50	R0	11,129	6,755	0,354	-6,35	28,61
		R25	5,436	6,755	0,852	-12,04	22,91
		R75	-13,102	6,755	0,214	-30,58	4,37
	R75	R0	24,231*	6,755	0,002	6,75	41,71
		R25	18,539*	6,755	0,033	1,06	36,02
		R50	13,102	6,755	0,214	-4,37	30,58

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Peso dos cachos (gr)

Modalidade de rega	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	
Tukey HSD ^a	R0	60	119,55	
	R25	60	125,24	
	R50	60	130,68	130,68
	R75	60		143,78
	Sig.		0,354	0,214

Rendimento entre blocos

Cachos/videira:

Dependent Variable: **Nº Cachos/Videira**

(I) Bloco			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	Bloco 1	Bloco 2	1,775	0,811	0,075	-0,14	3,69
		Bloco 3	2,425 [*]	0,811	0,009	0,51	4,34
	Bloco 2	Bloco 1	-1,775	0,811	0,075	-3,69	0,14
		Bloco 3	0,650	0,811	0,702	-1,26	2,56
	Bloco 3	Bloco 1	-2,425 [*]	0,811	0,009	-4,34	-0,51
		Bloco 2	-0,650	0,811	0,702	-2,56	1,26

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Nº Cachos/Videira

Bloco	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Tukey HSD^a	Bloco 3	80	16,48
	Bloco 2	80	17,13
	Bloco 1	80	18,90
	Sig.		0,702

Produção por videira (Kg):

Dependent Variable: **Produção por videira (Kg)**

(I) Bloco			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	Bloco 1	Bloco 2	0,2862	0,1505	0,140	-0,069	0,641
		Bloco 3	0,6275 [*]	0,1505	0,000	0,273	0,982
	Bloco 2	Bloco 1	-0,2862	0,1505	0,140	-0,641	0,069
		Bloco 3	0,3413	0,1505	0,062	-0,014	0,696
	Bloco 3	Bloco 1	-0,6275 [*]	0,1505	0,000	-0,982	-0,273
		Bloco 2	-0,3413	0,1505	0,062	-0,696	0,014

Produção por videira (Kg)

Bloco	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Tukey HSD^a	Bloco 3	80	1,966
	Bloco 2	80	2,308
	Bloco 1	80	2,594
	Sig.		0,062

Peso dos Cachos (gr):

Dependent Variable: **Peso dos cachos (gr)**

(I) Bloco			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tamhane	Bloco 1	Bloco 2	3,886	6,325	0,903	-11,39	19,16
		Bloco 3	18,134*	5,143	0,002	5,72	30,55
	Bloco 2	Bloco 1	-3,886	6,325	0,903	-19,16	11,39
		Bloco 3	14,248	6,104	0,062	-0,51	29,00
	Bloco 3	Bloco 1	-18,134*	5,143	0,002	-30,55	-5,72
		Bloco 2	-14,248	6,104	0,062	-29,00	0,51

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Peso dos cachos (gr)				
Bloco		N	Subset for alpha = 0.05	
			1	2
Tukey HSD^a	Bloco 3	80	119,02	
	Bloco 2	80		133,26
	Bloco 1	80		137,15
	Sig.		1,000	0,786

Rendimento entre bardos

Cachos/videira:

T-Test

Group Statistics					
Bardo		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Nº Cachos/Videira	Interior	120	16,58	4,934	0,450
	Exterior	120	18,43	5,332	0,487

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Nº Cachos/Videira	Equal variances assumed	1,203	0,274	-2,790	238	0,006	-1,850	0,663	-3,156	-0,544
	Equal variances not assumed			-2,790	236,583	0,006	-1,850	0,663	-3,157	-0,543

Produção por videira (Kg):

T-Test

Group Statistics					
Bardo		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Produção por videira (Kg)	Interior	120	2,168	1,0142	0,0926
	Exterior	120	2,410	0,9373	0,0856

Bardo		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower		Upper
Produção por videira (Kg)	Equal variances assumed	0,222	0,638	-1,917	238	0,056	-0,2417	0,1261	-0,4900	0,0067
	Equal variances not assumed			-1,917	236,536	0,056	-0,2417	0,1261	-0,4900	0,0067

Peso dos Cachos (gr):

T-Test

Group Statistics					
Bardo		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Peso dos cachos (gr)	Interior	120	130,02	44,548	4,067
	Exterior	120	129,60	29,871	2,727

Bardo		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower		Upper
Peso dos cachos (gr)	Equal variances assumed	14,560	0,000	0,087	238	0,931	0,424	4,896	-9,221	10,070
	Equal variances not assumed			0,087	208,015	0,931	0,424	4,896	-9,228	10,077

Regressão linear

Cachos/videira:

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	0,284 ^a	0,081	0,069	5,027

a. Predictors: (Constant), A vinha estava no bloco 1?, A vinha estava no bardo exterior?, Foi usada a rega R75?

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	523,239	3	174,413	6,903	0,000^b
	Residual	5962,761	236	25,266		
	Total	6486,000	239			

a. Dependent Variable: N° Cachos/Videira

b. Predictors: (Constant), A vinha estava no bloco 1?, A vinha estava no bardo exterior?, Foi usada a rega R75?

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	15,536	0,546		28,447	0,000
	Foi usada a rega R75?	1,356	0,749	0,113	1,809	0,072
	A vinha estava no bardo exterior?	1,850	0,649	0,178	2,851	0,005
	A vinha estava no bloco 1?	2,100	0,688	0,190	3,051	0,003

a. Dependent Variable: N° Cachos/Videira

Produção por videira (Kg):

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	0,341 ^a	0,116	0,105	0,9290

a. Predictors: (Constant), A vinha estava no bloco 1?, A vinha estava no bardo exterior?, Foi usada a rega R75?

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	26,753	3	8,918	10,332	0,000^b
	Residual	203,699	236	0,863		
	Total	230,452	239			

a. Dependent Variable: Produção por videira (Kg)

b. Predictors: (Constant), A vinha estava no bloco 1?, A vinha estava no bardo exterior?, Foi usada a rega R75?

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1,886	0,101		18,687	0,000
	Foi usada a rega R75?	0,519	0,138	0,229	3,747	0,000
	A vinha estava no bardo exterior?	0,242	0,120	0,123	2,015	0,045
	A vinha estava no bloco 1?	0,457	0,127	0,220	3,591	0,000

a. Dependent Variable: Produção por videira (Kg)

Peso dos Cachos (gr):

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	0,254 ^a	0,065	0,053	36,838

a. Predictors: (Constant), A vinha estava no bloco 1?, A vinha estava no bardo exterior?, Foi usada a rega R75?

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	22084,698	3	7361,566	5,425	0,001^b
	Residual	320263,660	236	1357,049		
	Total	342348,358	239			

a. Dependent Variable: Peso dos cachos (gr)

b. Predictors: (Constant), A vinha estava no bloco 1?, A vinha estava no bardo exterior?, Foi usada a rega R75?

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	121,697	4,003		30,405	0,000
	Foi usada a rega R75?	18,624	5,492	0,214	3,391	0,001
	A vinha estava no bardo exterior?	-0,424	4,756	-0,006	-0,089	0,929
	A vinha estava no bloco 1?	11,010	5,044	0,137	2,183	0,030

a. Dependent Variable: Peso dos cachos (gr)

Controlo de maturação

Análise estatística entre modalidades:

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Álcool Provável (%)	Between Groups	0,571	3	0,190	0,886	0,465
	Within Groups	4,298	20	0,215		
	Total	4,870	23			
Acidez Total (g/L)	Between Groups	0,184	3	0,061	1,201	0,335
	Within Groups	1,020	20	0,051		
	Total	1,203	23			
Peso Médio Bago	Between Groups	0,078	3	0,026	1,650	0,210
	Within Groups	0,317	20	0,016		
	Total	0,395	23			
Ácido Málico (g/L)	Between Groups	0,140	3	0,047	0,808	0,504
	Within Groups	1,159	20	0,058		
	Total	1,299	23			
Polifenóis (mg/L)	Between Groups	128947,375	3	42982,458	1,250	0,318
	Within Groups	687793,695	20	34389,685		
	Total	816741,070	23			

Kruskal-Wallis Test

Ranks			
Modalidade de rega		N	Mean Rank
pH	R0	6	13,92
	R25	6	8,08
	R50	6	15,42
	R75	6	12,58
	Total	24	
Antocianas (mg/L)	R0	6	11,83
	R25	6	9,00
	R50	6	14,50
	R75	6	14,67
	Total	24	

Test Statistics ^{a,b}		
	pH	Antocianas (mg/L)
Chi-Square	3,619	2,570
df	3	3
Asymp. Sig.	0,306	0,463

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: Modalidade de rega

Análise estatística entre blocos:

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Álcool Provável (%)	Between Groups	0,031	2	0,015	0,067	0,935
	Within Groups	4,839	21	0,230		
	Total	4,870	23			
pH	Between Groups	0,034	2	0,017	3,572	0,046
	Within Groups	0,099	21	0,005		
	Total	0,133	23			
Acidez Total (g/L)	Between Groups	0,284	2	0,142	3,237	0,060
	Within Groups	0,920	21	0,044		
	Total	1,203	23			
Peso Médio Bago	Between Groups	0,011	2	0,005	0,293	0,749
	Within Groups	0,384	21	0,018		
	Total	0,395	23			
Polifenóis (mg/L)	Between Groups	127105,356	2	63552,678	1,935	0,169
	Within Groups	689635,714	21	32839,796		
	Total	816741,070	23			

Multiple Comparisons

Dependent Variable			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
						Lower Bound	Upper Bound	
pH	Tukey HSD	Bloco 1	Bloco 2	-0,05500	0,03438	0,268	-0,1417	0,0317
			Bloco 3	-0,09125*	0,03438	0,038	-0,1779	-0,0046
		Bloco 2	Bloco 1	0,05500	0,03438	0,268	-0,0317	0,1417
			Bloco 3	-0,03625	0,03438	0,552	-0,1229	0,0504
		Bloco 3	Bloco 1	0,09125*	0,03438	0,038	0,0046	0,1779
			Bloco 2	0,03625	0,03438	0,552	-0,0504	0,1229

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Álcool Provável (%)

		alpha = 0.05	
Bloco	N	1	
Tukey HSD ^a	Bloco 2	8	14,263
	Bloco 1	8	14,300
	Bloco 3	8	14,350
	Sig.		0,930

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 8,000.

pH

		Subset for alpha = 0.05		
Bloco	N	1	2	
Tukey HSD ^a	Bloco 1	8	3,6500	
	Bloco 2	8	3,7050	3,7050
	Bloco 3	8		3,7413
	Sig.		0,268	0,552

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 8,000.

Acidez Total (g/L)

		Subset for alpha = 0.05		
Bloco	N	1	2	
Tukey HSD ^a	Bloco 3	8	4,6988	
	Bloco 2	8	4,8338	4,8338
	Bloco 1	8		4,9650
	Sig.		0,416	0,436

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 8,000.

Peso Médio Bago

		alpha = 0.05	
Bloco	N	1	
Tukey HSD ^a	Bloco 1	8	1,2846
	Bloco 3	8	1,3067
	Bloco 2	8	1,3362
	Sig.		0,729

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 8,000.

Polifenóis (mg/L)

		alpha = 0.05	
Bloco	N	1	
Tukey HSD ^a	Bloco 2	8	619,2500
	Bloco 1	8	681,5250
	Bloco 3	8	795,0375
	Sig.		0,152

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 8,000.

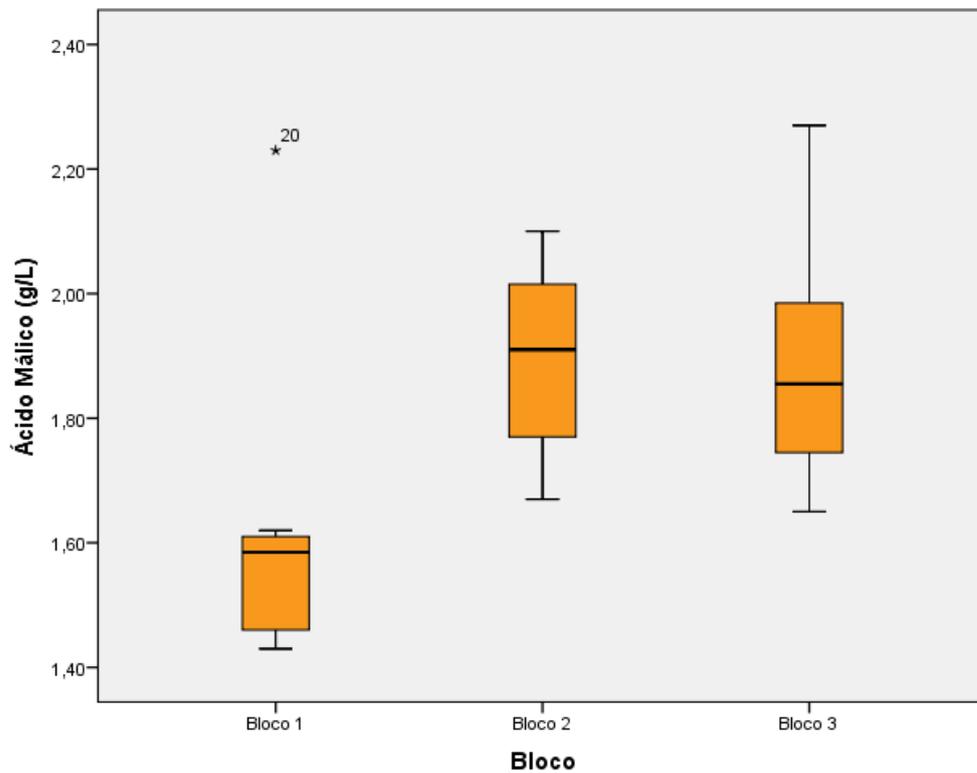
Kruskal-Wallis Test

Ranks			
Bloco		N	Mean Rank
Ácido Málico (g/L)	Bloco 1	8	6,38
	Bloco 2	8	16,13
	Bloco 3	8	15,00
	Total	24	
Antocianinas (mg/L)	Bloco 1	8	11,88
	Bloco 2	8	12,44
	Bloco 3	8	13,19
	Total	24	

Test Statistics ^{a,b}		
	Ácido Málico (g/L)	Antocianinas (mg/L)
Chi-Square	9,109	0,139
df	2	2
Asymp. Sig.	0,011	0,933

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: Bloco



Análise estatística entre bardos:

Group Statistics					
	Bardo	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Álcool Provável (%)	Interior	12	14,108	0,3118	0,0900
	Exterior	12	14,500	0,5117	0,1477
pH	Interior	12	3,6650	0,06987	0,02017
	Exterior	12	3,7325	0,06877	0,01985
Peso Médio Bago	Interior	12	1,3804	0,12846	0,03708
	Exterior	12	1,2379	0,09115	0,02631
Ácido Málico (g/L)	Interior	12	1,7350	0,23087	0,06665
	Exterior	12	1,8667	0,23527	0,06792

Independent Samples Test											
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means							
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference		
										Lower	Upper
Álcool Provável (%)	Equal variances assumed	3,078	0,093	-2,264	22	0,034	-0,3917	0,1730	-0,7504	-0,0330	
	Equal variances not assumed			-2,264	18,178	0,036	-0,3917	0,1730	-0,7548	-0,0285	
pH	Equal variances assumed	0,578	0,455	-2,385	22	0,026	-0,06750	0,02830	-0,12619	-0,00881	
	Equal variances not assumed			-2,385	21,994	0,026	-0,06750	0,02830	-0,12619	-0,00881	
Peso Médio Bago	Equal variances assumed	0,437	0,516	3,136	22	0,005	0,14257	0,04547	0,04828	0,23687	
	Equal variances not assumed			3,136	19,836	0,005	0,14257	0,04547	0,04768	0,23747	
Ácido Málico (g/L)	Equal variances assumed	0,162	0,691	-1,384	22	0,180	-0,13167	0,09515	-0,32900	0,06567	
	Equal variances not assumed			-1,384	21,992	0,180	-0,13167	0,09515	-0,32901	0,06567	

Mann-Whitney Test

Ranks				
Bardo		N	Mean Rank	Sum of Ranks
Acidez Total (g/L)	Interior	12	15,46	185,50
	Exterior	12	9,54	114,50
	Total	24		
Antocianas (mg/L)	Interior	12	11,71	140,50
	Exterior	12	13,29	159,50
	Total	24		
Polifenóis (mg/L)	Interior	12	11,67	140,00
	Exterior	12	13,33	160,00
	Total	24		

Test Statistics ^a			
	Acidez Total (g/L)	Antocianas (mg/L)	Polifenóis (mg/L)
Mann-Whitney U	36,500	62,500	62,000
Wilcoxon W	114,500	140,500	140,000
Z	-2,051	-0,549	-0,577
Asymp. Sig. (2-	0,040	0,583	0,564
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	0,039^b	0,590 ^b	0,590 ^b

a. Grouping Variable: Bardo

b. Not corrected for ties.

