

Impacto do *Crop* *Forcing* e irrigação na casta Touriga Nacional na Região do Douro

Joana Raquel Freitas Ribeiro

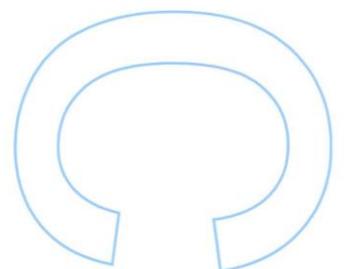
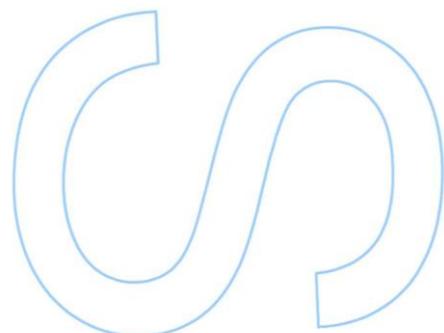
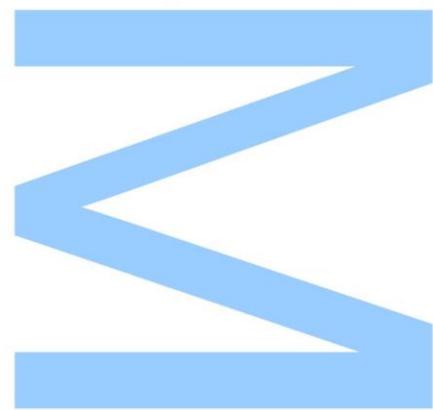
Mestrado em Engenharia Agronómica

Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território

2020

Orientador

Jorge Bernardo Lacerda de Queiroz, Professor Auxiliar, FCUP

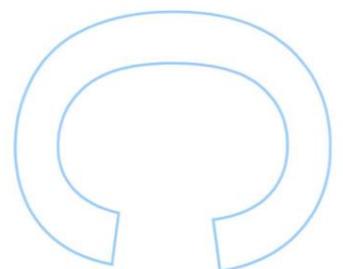
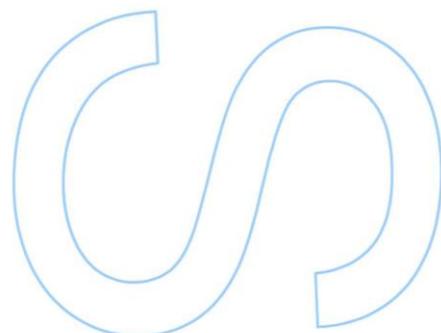
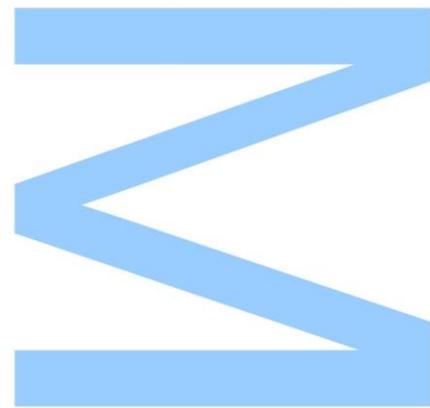




Todas as correções determinadas
pelo júri, e só essas, foram efetuadas.

O Presidente do Júri,

Porto, ____/____/____



AGRADECIMENTOS

A realização e conclusão deste trabalho não seria possível sem o apoio, energia e força de várias pessoas, às quais estarei eternamente grata.

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer ao Professor Jorge Queiroz, que me deu a oportunidade de realizar esta tese, numa das áreas que mais me apaixonou, por todos os ensinamentos transmitidos ao longo destes dois anos de Mestrado, por toda a disponibilidade e apoio durante a realização desta tese e por todas as soluções encontradas para que este trabalho fosse possível.

À Inês Cabral, que tive o prazer de conhecer durante a realização deste trabalho, uma pessoa altruísta, incrível e amiga. A toda a ajuda que prestou ao longo destes meses, a toda a informação que me disponibilizou, às horas passadas a aconselhar como fazer este trabalho. Obrigada por todos os momentos passados na Quinta do Ataíde e da Cabreira, que por mais duros que fossem, havia conversas e gargalhadas, que faziam os dias passar mais depressa e a menor custo. Obrigada pelo companheirismo. Obrigada por tudo!

À Engenheira Joana Valente, pela ajuda e disponibilidade dada durante os dias de trabalho, aliadas à conversa, que, mais uma vez, permitiam que os dias passassem a menor custo, por mais intensivos que fossem.

À Andreia Silva, que conheci no mestrado, mas rapidamente criamos amizade. Obrigada pela ajuda prestada na Quinta do Ataíde, por todas as gotas de suor partilhadas, por todas as chamadas de uma hora, ou mais, de duração e por todas as mensagens trocadas com desabafos e conversa alheia.

A todos os amigos e colegas que de uma forma direta ou indireta, contribuíram ou auxiliaram na elaboração deste estudo, pela paciência, atenção e curiosidade que prestaram em todos os momentos.

Ao meu namorado por ter caminhado ao meu lado, pela sua paciência e compreensão prestada durante a realização deste trabalho.

À minha madrinha, por toda a ajuda disponibilizada, apoio e preocupação, não só na realização desta dissertação, mas também, durante toda a minha vida.

Por último, tendo consciência que sozinha nada disto teria sido possível, dirijo um agradecimento especial à minha família. Aos meus irmãos, por conseguirem fazer-me rir, mesmo quando a paciência era pouca. E, especialmente, aos meus pais, por

todo o apoio incondicional, incentivo, amizade e paciência demonstrados. Tudo o que sou e fiz devo-lhes a eles!

SUMÁRIO

A Região Demarcada do Douro está situada numa latitude com clima tipicamente mediterrânico, onde se encontram condições de stress hídrico e térmico a partir da primavera. Durante o verão, quando ocorre a maturação da uva e devido às temperaturas elevadas existe degradação dos compostos fenólicos, importantes para a qualidade do vinho. O *Crop Forcing* (CF), surge como uma técnica de combate a estas alterações, sendo que consiste numa segunda poda tardia que tem como objetivo atrasar a maturação das uvas. Esta prática é realizada após o vingamento, sendo as varas do ano podadas a cinco olhos.

O objetivo do estudo apresentado, além de comparar duas modalidades de rega diferentes, pretende entender como é que a mudança da maturação para os meses mais frios, realizando podas na videira, afetará o rendimento e qualidade das uvas, o comportamento das videiras e a sua influência na fenologia, na casta Touriga Nacional, na Região Demarcada do Douro, sub-região do Douro Superior.

Ao longo deste estudo, serão estudadas três modalidades de CF, realizados 15 ou 30 dias após o vingamento (CF1 e CF2, respetivamente) e controlo (videiras que não são submetidas a CF). Além disso, serão analisadas diferentes dotações de rega, 30% e 70% da evapotranspiração, para cada modalidade de CF, acrescentando videiras não irrigadas ao controlo. Foram, ainda, comparados os valores deste ano com os anos anteriores de ensaio, 2018 e 2019.

Através deste estudo, conclui-se que, de facto, existe alteração no rendimento (e não na qualidade) das plantas com diferentes irrigações, sendo a rega a 30% de evapotranspiração a mais adequada. E, as uvas das videiras sujeitas a CF apresentam menor rendimento, maior acidez e menor pH, não se destacando, nas restantes componentes de qualidade avaliadas, das videiras não sujeitas a CF.

Palavras-chave: Alterações climáticas, Fertilidade, Segunda poda, Qualidade, Rendimento, *Vitis vinifera* L.

ABSTRACT

The Douro region is in a latitude with typical Mediterranean climate, where conditions of water and thermal stress from spring are found. In the summer, when grape ripening happens and because of high temperatures, there is a phenolic compounds degradation, important for the wine quality. Crop Forcing (CF), emerges as a technique to combat these changes, and consists of a late second pruning that aims to delay the grape maturation. This practice is performed after fruit setting, and the canes are pruned to five buds.

The aim to this study, besides comparing two different irrigation modalities, is to understand how changing maturation for the cooler months will affect the yield and quality of the berries, the behavior of the vines and its influence on phenology, in the Touriga Nacional variety, in the Douro Demarcated Region, Douro Superior sub-region.

Throughout this study, three types of CF will be studied, carried out 15 or 30 days after fruit setting (CF1 and CF2, respectively) and control (vines that do not undergo CF). In addition, different irrigation appropriations, 30% and 70% of evapotranspiration will be analyzed for each mode of CF, adding non-irrigation to the controlled vines. The values of the present year were compared with the values of the past two years, 2018 and 2019.

Through this study, it is concluded that, in fact, there is a change in the yield (and not in the quality) of the plants with different irrigations, with irrigation at 30% evapotranspiration being the most appropriate, in the controlled vines. And, the grapes of the forced vines have lower yield, greater acidity, and lower pH, not standing out, in the remaining quality components evaluated, of the non-forced vines.

Keywords: Climate change, Fertility, Double-pruning, Quality, *Vitis vinifera* L., Yield.

Índice

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1. Região Demarcada do Douro	14
2.1.1. Clima	15
2.2. Composição e evolução da maturação da uva.....	17
2.2.1. Açúcares	18
2.2.2. Ácidos.....	19
2.2.3. Compostos fenólicos	20
2.2.4. Substâncias aromáticas.....	22
2.3. Influência do clima no desenvolvimento da videira e qualidade da uva.....	23
2.3.1. Temperatura	24
2.3.2. Exposição solar	27
2.3.3. Necessidades hídricas.....	27
2.4. Viticultura em Modo de Produção Biológico.....	29
2.5. Alterações climáticas	31
2.6. Alternativas de combate a altas temperaturas durante a maturação.....	33
2.6.1. Poda Tardia.....	34
2.6.2. <i>Crop Forcing</i>	35
2.7. Indicadores do estado hídrico	36
2.7.1. Potencial hídrico foliar	37
3. MATERIAL E MÉTODOS	39
3.1. Localização do campo de ensaio	39
3.2. Descrição da parcela experimental.....	39
3.3. Características edafoclimáticas	40
3.4. Material Vegetativo	41
3.4.1. Casta Touriga Nacional	41
3.4.2. Porta-enxerto 196-17 CASTEL (196-17 CL)	42
3.5. Delineamento experimental	43

3.6.	Rega.....	44
3.7.	Operações culturais.....	44
3.8.	Registos efetuados.....	44
3.8.1.	Fenologia.....	44
3.8.2.	Carga à poda, abrolhamento e fertilidade.....	46
3.8.3.	Peso de lenha de poda.....	46
3.8.4.	Área foliar.....	47
3.8.5.	Superfície foliar exposta.....	49
3.8.6.	Registos da atividade fisiológica.....	50
3.8.7.	Evolução da maturação e Qualidade da vindima.....	52
3.8.8.	Vindima.....	52
3.9.	Análise estatística.....	53
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
4.1.	Caracterização Climática.....	54
4.2.	Evolução Fenológica.....	60
4.3.	Peso da lenha de poda.....	61
4.4.	Área Foliar.....	72
4.5.	Superfície Foliar Exposta.....	79
4.6.	Potencial Hídrico.....	80
4.7.	Evolução da maturação, qualidade da vindima e componentes de rendimento	87
5.	CONCLUSÕES.....	102
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	105

Figura 1. Região Demarcada do Douro e Sub-Regiões que a constituem (Silva, 2019)	15
Figura 2. Precipitação anual na Região Demarcada do Douro entre 1950 e 2000 (Jones, 2013)	16
Figura 3. Temperaturas médias anuais na Região Demarcada do Douro entre os anos de 1950 e 2000 (Jones, 2013).	17
Figura 4. Disposição da vinha na Quinta do Ataíde e localização da parcela do ensaio. Fonte: (Symington, s.d.)	40
Figura 5. Aspeto da folha e cacho da casta Touriga Nacional. Fotografia tirada em Vairão (17 de junho 2020). Fonte da 2ª imagem: (Infovini, n.d.)	42
Figura 6. Distribuição esquemática das videiras submetidas ao ensaio. R0CF0: sem irrigação e sem Crop Forcing; R30CF0: irrigação a 30 % de evapotranspiração e sem Crop Forcing; R70CF0: irrigação a 70 % de evapotranspiração e sem Crop Forcing; R30CF1: irrigação a 30 % de evapotranspiração e com Crop Forcing 15 dias após o vingamento; R70CF1: irrigação a 70 % de evapotranspiração e com Crop Forcing 15 dias após o vingamento; R30CF2: irrigação a 30 % de evapotranspiração e com Crop Forcing 30 dias após o vingamento; R70CF2: irrigação a 70 % de evapotranspiração e com a Crop Forcing 30 dias após o vingamento.	43
Figura 7. Ciclo biológico da <i>Vitis vinifera</i> L. Condições: Hemisfério Norte (barra de cima, a castanho); Hemisfério Sul (barra de baixo, a amarelo). Fonte: Adaptado de Labruwere et al. (2015)	45
Figura 8. Ilustração da medição da área foliar no campo, nas folhas principais e netas	47
Figura 9. Equipamento de medição de área foliar 'Li-Cor 3100 Area Meter'. Fotografia tirada em Vairão (4 de junho)	49
Figura 10. Aspeto da câmara Scholander e colocação do pecíolo na válvula da respetiva câmara. (Quinta do Ataíde (25 de agosto de 2020)).	51
Figura 11. OenoFoss TM e leitor de microplacas.	52
Figura 12. Temperatura mínima, máxima e média, em °C, e precipitação, em mm, registadas nos meses de novembro de 2017 a outubro de 2018, na estação meteorológica existente na Quinta do Ataíde.	54
Figura 13. Evapotranspiração potencial, em mm, e insolação, em W/m ² , registados nos meses de novembro de 2017 a outubro de 2018, na estação meteorológica existente na Quinta do Ataíde.	55
Figura 14. Temperatura mínima, máxima e média, em °C, e precipitação, em mm, registadas nos meses de novembro de 2018 a outubro de 2019, na estação meteorológica existente na Quinta do Ataíde.	56

Figura 15. Evapotranspiração potencial, em mm, e insolação, em W/m ² , registados nos meses de novembro de 2018 a outubro de 2019, na estação meteorológica existente na Quinta do Ataíde.....	56
Figura 16. Temperatura mínima, máxima e média, em °C, e precipitação, em mm, registadas nos meses de novembro de 2019 a outubro de 2020, na estação meteorológica existente na Quinta do Ataíde.....	57
Figura 17. Evapotranspiração potencial, em mm, e insolação, em W/m ² , registados nos meses de novembro de 2019 a outubro de 2020, na estação meteorológica existente na Quinta do Ataíde.....	58
Figura 18. Peso de lenha da poda (kg) por videira nos anos do ensaio. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan (p<0.05), no respetivo ano.	62
Figura 19. Peso de lenha de poda (kg) por modalidade e ano. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan (p<0.05), na respetiva modalidade.....	63
Figura 20. Peso de lenha aquando da realização do CF em 2020. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan (p<0.05).	63
Figura 21. Carga à poda em CF0 e após realização da segunda poda em CF1 e CF2, dos anos 2018, 2019 e 2020. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan (p<0.05), no respetivo ano.	64
Figura 22. Carga à poda em CF0 e após a realização da segunda poda em CF1 e CF2, por ano. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan (p<0.05), na respetiva modalidade.	65
Figura 23. Número de pâmpanos (olhos abrolhados) em CF0 e após a realização da segunda poda em CF1 e CF2, dos anos 2018, 2019 e 2020. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan (p<0.05), no respetivo ano.	66
Figura 24. Número de pâmpanos (olhos abrolhados) em CF0 e após a realização da segunda poda em CF1 e CF2, nos anos 2018, 2019 e 2020. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan (p<0.05), na respetiva modalidade.....	66
Figura 25. Número de inflorescências, nos anos 2018, 2019 e 2020. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan (p<0.05), no respetivo ano.	67

Figura 26. Número de inflorescências, entre os três anos. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan ($p < 0.05$), na respetiva modalidade.....	68
Figura 27. Taxa de abrolhamento (%), dos anos 2018, 2019 e 2020. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan ($p < 0.05$), no respetivo ano.	69
Figura 28. Evidente acrotonia em videiras submetidas a CF. (Quinta do Ataíde (11 de agosto de 2020)).....	69
Figura 29. Taxa de abrolhamento (%), nos anos 2018, 2019 e 2020. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan ($p < 0.05$), na respetiva modalidade.....	70
Figura 30. Índice de fertilidade potencial, nos anos 2018, 2019 e 2020. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan ($p < 0.05$), no respetivo ano.	71
Figura 31. Índice de fertilidade potencial, nos anos 2018, 2019 e 2020. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan ($p < 0.05$), na respetiva modalidade.....	71
Figura 32. Área foliar principal em 2020 (m^2 por videira). Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan ($p < 0.05$), no respetivo dia.	73
Figura 33. Área foliar secundária (m^2 por videira) em 2020. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan ($p < 0.05$), no respetivo dia.	74
Figura 34. Área foliar total (m^2 por videira) em 2020. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan ($p < 0.05$), no respetivo dia.	75
Figura 35. Diferença entre videiras não submetidas e submetidas a CF. À esquerda, bardo de videiras não submetidas a CF. Foto tirada na Quinta do Ataíde (11 de agosto de 2020). À direita, bardo de videiras submetidas a CF. Foto tirada na Quinta do Ataíde (24 de agosto de 2020).....	76
Figura 36. Área foliar Total (m^2 por videira) no Li-Cor e pelo método Lopes & Pinto (2005), para as diferentes modalidades. A análise estatística foi realizada através do teste T-student.....	76
Figura 37. Área foliar total à data de vindima (m^2 /videira), dos anos 2018, 2019, 2020. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan ($p < 0.05$), no respetivo ano.	77

Figura 38. Área foliar total à data de vindima (m^2 /videira), entre os três anos. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan ($p < 0.05$), na respetiva modalidade.....	78
Figura 39. Aparência dos sintomas provocados por ataque de cigarrinha verde (Empoasca vitis) representado nas duas fotografias em videiras não submetidas a CF e submetidas a CF, respetivamente. Sintomas comuns de descloração dos bordos delimitado pelas nervuras, progredindo para o interior do limbo e adquirindo uma coloração avermelhada. (Quinta do Ataíde (7 de setembro de 2020 e 22 de setembro de 2020, respetivamente)).....	78
Figura 40. Destruição causada pela passagem da máquina de vindima nas videiras em que se realizou CF. (Quinta do Ataíde (22 de setembro de 2020)).	79
Figura 41. Superfície foliar exposta (m^2 / ha) em 2020. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan ($p < 0.05$), no respetivo dia.	80
Figura 42. Potencial hídrico de base (MPa) no estado fenológico Fecho do Cacho em 2019 e 2020.....	83
Figura 43. Potencial hídrico de base (MPa) no estado fenológico 'Pintor' em 2019 e 2020.	85
Figura 44. Evolução do peso do bago (g) em 2020.....	88
Figura 45. Evolução do Teor de Sólidos Solúveis ($^{\circ}$ Brix) em 2020.....	89
Figura 46. Evolução do pH em 2020.....	89
Figura 47. Evolução da Acidez Total (g/L) em 2020.....	90
Figura 48. Evolução de ácido tartárico (g/L) em 2020.....	91
Figura 49. Evolução de ácido málico (g/L) em 2020.....	92
Figura 50. Evolução da Intensidade da cor (nm) em 2020.....	92
Figura 51. Evolução de Fenólicos totais (AU) em 2020.....	93
Figura 52. Número de cachos por videiras à vindima de 2019 e 2020 Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan ($p < 0.05$), no respetivo ano.	94
Figura 53. Tamanho dos cachos (cm) por videira à vindima de 2019 e 2020. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan ($p < 0.05$), para o respetivo ano.	96
Figura 54. Rendimento por videira (kg) entre modalidades, em 2019 e 2020. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan ($p < 0.05$), para o respetivo ano.	97
Figura 55. Aspeto das videiras CF1 e CF2, respetivamente. (Quinta do Ataíde, 30 de junho de 2020)).....	114

Figura 56. Diferentes estados de desenvolvimento, no mesmo dia, nas videiras CF0, CF1 e CF2, respetivamente. (Quinta do Ataíde, 14 de julho de 2020)).	114
Figura 57. Diferentes estados de desenvolvimento, no mesmo dia, nas videiras CF0, CF1 e CF2, respetivamente. (Quinta do Ataíde (7 de setembro de 2020)).	114
Figura 58. Diferentes estados de desenvolvimento, no mesmo dia, nas videiras CF1 e CF2, respetivamente. (Quinta do Ataíde (22 de setembro de 2020)).	115
Figura 59. Diferentes estados de desenvolvimento, no mesmo dia, nas videiras CF1 e CF2, respetivamente. (Quinta do Ataíde (6 de outubro de 2020)).	115

Tabela 1. Área total e de vinha das sub-regiões da Região Demarcada do Douro. Fonte: IVDP (n.d.).....	15
Tabela 2. Precipitação anual mínima e máxima e respetiva mediana para as diferentes sub-regiões entre os anos 1950 e 2000. Fonte: Jones (2012)	16
Tabela 3. Temperatura média anual mínima e máxima e respetiva mediana para as diferentes sub-regiões entre os anos 1950 e 2000. Fonte: Jones (2012)	17
Tabela 4. Resultados obtidos por Gu et al. (2012), no que diz respeito à qualidade do bago	35
Tabela 5. Níveis de défice hídrico em vinha, medidos pelo potencial hídrico do pecíolo a meio do dia; potencial hídrico da folha a meio do dia e potencial hídrico da folha antes de amanhecer em MPa (Van Leeuwen et al., 2009)	38
Tabela 6. Data de rega e diferente quantidade de água no ano de 2020	44
Tabela 7. Escala de Baggiolini (1952).....	45
Tabela 8. Datas da medição da área foliar, respetiva modalidade medida e estado fenológico.	48
Tabela 9. Registos dos potenciais hídricos, às respetivas horas, tendo em conta a modalidade e o estado fenológico.....	51
Tabela 10. Data da realização da vindima para cada modalidade CF.....	53
Tabela 11. Valores de temperatura e precipitação desde 1931 a 1960 (31-60) e nos anos vitícolas em que se realizou o ensaio 2017/2018, 2018/2019, 2019/2020. Respetivo total de precipitação cumulativa e temperatura média.	58
Tabela 12. Data de Crop Forcing e datas de abrolhamento e floração para cada modalidade ao longo dos três anos de ensaio.	61
Tabela 13. Datas de vingamento e Pintor e data de vindima para cada modalidade ao longo dos três anos de ensaio.	61
Tabela 14. Potencial hídrico de base (MPa) (de 2 de junho a 28 de julho). Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan ($p<0.05$), no respetivo dia.	81
Tabela 15. Potencial hídrico de base (MPa) (de 11 de agosto a 19 de outubro). Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan ($p<0.05$), no respetivo dia.	81
Tabela 16. Potencial hídrico de base (MPa) nos anos 2019 e 2020, para o estado fenológico Fecho do Cacho. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan ($p<0.05$), no respetivo ano.	82
Tabela 17. Potencial hídrico de base (MPa) nos anos 2019 e 2020 para o estado fenológico Pintor. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan ($p<0.05$), no respetivo ano.	84

Tabela 18. Potencial hídrico diário (MPa) em 2020. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan ($p < 0.05$), na respetiva hora.	86
Tabela 19. Número de cachos por videira entre os anos 2019 e 2020. A análise estatística foi realizada através do teste T-student.....	95
Tabela 20. Tamanho dos cachos (cm) por videira à vindima de 2019 e 2020. A análise estatística foi realizada através do teste T-student.....	96
Tabela 21. Rendimento por videira (kg) entre os anos 2019 e 2020. A análise estatística foi realizada através do teste T-student.	97
Tabela 22. Efeito de CF e irrigação no peso e composição dos bagos no final da maturação. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan ($p < 0.05$).....	101
Tabela 23. Efeito de CF e irrigação na acidez dos bagos no final da maturação. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan ($p < 0.05$).....	101

LISTA DE ABREVIATURAS

ADVID – Associação para o Desenvolvimento da Viticultura Duriense

AF – Área Foliar

Agrobio – Associação Portuguesa de Agricultura Biológica

AT – Acidez titulável / total

AU – Unidade de Absorvância

CF – *Crop Forcing* (segunda poda)

CF0 – Controlo - Videiras não submetidas a *Crop Forcing*

CF1 – *Crop Forcing* 15 dias após o vingamento

CF2 – *Crop Forcing* 30 dias após o vingamento

DOP – Denominação de Origem Protegida

E – Taxa de Transpiração

ET – Evapotranspiração

ET₀ – Evapotranspiração Potencial ou de Referência

ET_c – Evapotranspiração da Cultura

ET_p – Evapotranspiração Potencial

Hs – Altura do solo à vegetação

Ht – Altura total da sebe

Hv – Altura da vegetação

IFP – Índice de Fertilidade Potencial

IPCC – *International Panel on Climate Change*

IVDP – Instituto dos Vinhos do Douro e Porto

IVV – Instituto da Vinha e do Vinho

K_c – Coeficiente de Cultura

L2D_N – Nervura Lateral Direita da folha secundária maior

L2d_N - Nervura Lateral Direita da folha secundária menor

L2D_P – Nervura Lateral Direita da folha principal maior

L2d_P - Nervura Lateral Direita da folha principal menor

L2E_N – Nervura Lateral Esquerda da folha secundária maior

L2e_N – Nervura Lateral Esquerda da folha secundária menor

L2E_P – Nervura Lateral Esquerda da folha principal maior

L2e_P – Nervura Lateral Esquerda da folha principal menor

Lc – Largura da sebe ao nível dos cachos

Ls – Largura média da sebe
Lt – Largura no topo da vegetação
MPa – Mega Pascal
NAA – Auxina Ácido 1-naftalenacético
NC – Normal Climatológica
NFN - Número de Folhas Secundárias
NFP – Número de Folhas Principais
ns – Não Significativo
OMM – Organização Meteorológica Mundial
P_{exp} – Perímetro exposto da sebe
R0 – Videiras não regadas
R30 – Videiras regadas a 30% ET_C
R70 – Videiras regadas a 70% ET_C
RDD – Região Demarcada do Douro
RDI – Rega Deficitária Controlada
SFE – Superfície Foliar Exposta
SIAM – *Climate Change in Portugal. Scenarios, Impacts and Adaptation Measures*
TA – Taxa de Abrolhamento
TSS – Teor de Sólidos Solúveis
UE – União Europeia
VISCA – *Vineyards Integrated Smart Climate Application*
 Ψ_0 – Potencial Hídrico de base
 Ψ_f – Potencial Hídrico Foliar
 Ψ_{min} – Potencial Hídrico ao meio dia
 Ψ_{stem} – Potencial Hídrico do caule
196-17 CL – 196-17 CASTEL

1. INTRODUÇÃO

A região do Douro é reconhecida pelos seus vinhos DOP Douro e DOP Porto. Trata-se de uma região rica em microclimas como consequência da sua acidentada orografia. Assim, esta região divide-se em três sub-regiões: Baixo Corgo, Cima Corgo e Douro Superior, cada uma definida pelo seu mesoclima e distância ao oceano (IVV, 2018b). Em 2019, a região duriense era caracterizada por mais de 43 000 ha de vinha, representando cerca de 23% de toda a região do Porto e Douro (IVV, 2019)

O presente estudo foi realizado na sub-região Douro Superior, a mais extensa, mas com menor percentagem de área vitícola, devido à maior distância dos centros urbanos e à dificuldade dos acessos. É a região com orografia mais favorável e é caracterizada por ter um clima tipicamente mediterrânico. Está localizada na zona mais oriental do Douro e, portanto, mais afastada do oceano, como tal, as temperaturas podem alcançar facilmente os 40°C. Além de temperaturas altas, observa-se um nível de humidade atmosférica relativamente baixo, ocorrendo défices de água no solo elevados em determinados meses. Consequentemente, a vinha sofrerá stress hídrico durante o período ativo de produção e, desta forma, a região está classificada como semi-árida (Magalhães, 2008; Jones & Alves, 2012a)

Apesar da adaptabilidade da cultura a diferentes condições climáticas, a videira pode ser severamente afetada por condições de stress hídrico ou calor extremo. Temperaturas muito altas afetam a fisiologia e o rendimento da planta, provocando o seu desenvolvimento precoce (Dalla Marta *et al.*, 2010; Bock *et al.*, 2011; Molitor *et al.*, 2014).

A temperatura é, ainda, o fator ambiental mais importante que influencia a acumulação de compostos fenólicos durante a maturação. A sua acumulação atinge um pico máximo quando o bago está à temperatura ideal, entre os 15°C e os 25°C durante o dia e 10°C a 20°C durante a noite, mas é inibida quando está a temperaturas acima ou abaixo do ótimo (Kliewer & Torres, 1972a; Azuma *et al.*, 2012). O calor excessivo irá reduzir o metabolismo da videira, resultando em perdas de qualidade, de aroma ou de cor. Os açúcares serão elevados e a acidez mais baixa, o que irá levar ao risco de degradação organolética, afetando a qualidade dos vinhos (Orduna, 2010). Já a quantidade de compostos fenólicos, antocianinas e taninos diminui com o aumento da temperatura (Cohen *et al.*, 2008).

Na região do Douro foram realizados vários estudos de projeção do futuro e conclui-se que, as produtividades, nas áreas mais secas como Douro Superior e Cima

Corgo terão menor produção, enquanto a área de Baixo Corgo poderá vir a aumentar a sua produtividade, por ser uma área com maior precipitação (Gouveia *et al.*, 2011; Santos *et al.*, 2011; Santos *et al.*, 2013). Além da temperatura, muitos são os fatores que influenciam a qualidade da produção desta cultura, como a concentração de CO₂, radiação solar, precipitação, entre outros (Gouveia *et al.*, 2011).

Como combate a estas alterações climáticas, surgem novos projetos, sendo que esta dissertação está integrada no projeto VISCA (*Vineyards Integrated Smart Climate Application*), que tem como objetivo criar uma aplicação que disponibilize ao produtor, informações que ajudem a tomar decisões a médio e longo prazo de acordo com as previsões meteorológicas e projeções climáticas. Além disso, está a ser testada uma nova técnica, denominada *Crop Forcing* (CF), que consiste numa segunda poda tardia, realizada após o vingamento onde são deixados vários olhos nas varas do ano (Gu *et al.*, 2012). Desta forma, o projeto de investigação apresentado tem como objetivo, entender como é que a mudança da maturação para os meses mais frios, ao submeter as videiras a *Crop Forcing*, retirando todas as varas, folhas e cachos depois do vingamento, afetará o rendimento e qualidade das uvas, o comportamento das videiras e a sua influência na fenologia. Adicionalmente pretende-se comparar duas modalidades de rega com diferentes dotações.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Região Demarcada do Douro

A região Demarcada do Douro está dividida em três sub-regiões. Demarcações que se começam a discutir entre 1758 e 1761. Na altura, estas demarcações, denominadas Pombalinas, por terem sido decretadas pelo Marquês de Pombal, delimitavam a zona que produzia o vinho de melhor qualidade e que se poderia exportar para Inglaterra. No entanto, em resposta às imensas solicitações dos viticultores para ampliação da área, foi revista a demarcação da região, no período de 1788 e 1801. Desta revisão resultaram novas demarcações conhecidas como “Demarcações Subsidiárias ou Marianas”. Ao longo dos anos, as demarcações passaram por várias reformulações, sendo corrigida pela última vez em 1908 (Nogueira, 2016) .

De momento, a região Demarcada do Douro (RDD) abrange as denominações DOP Porto e a DOP Douro. Atualmente, os últimos dados relativos à área coberta de vinha, são de 2019, constatando que a RDD tem cerca de 250 000 ha em que, segundo o IVV, mais de 43 000 ha estão ocupados por vinha, representando cerca de 23% de toda a região do Porto e Douro, de um total nacional de 192 743 ha (IVV, 2019).

Esta região está situada a nordeste do país, ao longo do Rio Douro numa extensão de 100 km, sendo que a vinha se instala nas encostas do Douro e seus afluentes – Corgo, Pinhão, Tua, Sabor, Varosa, Távora, Torto e Côa (Magalhães, 2008).

Trata-se de uma região rica em microclimas como consequência da sua acidentada orografia. Assim, divide-se em três sub-regiões (Figura 1): Baixo Corgo, Cima Corgo e Douro Superior, cada uma definida pelo seu mesoclima e distância ao oceano (IVV, 2018b). A sub-região de Baixo Corgo é a mais húmida, onde há mais precipitação e temperaturas mais amenas, devido à aproximação ao Atlântico. Trata-se da sub-região que apresenta menor área total (45 000 ha), contudo é a que apresenta maior densidade de vinha por se tratar de uma região mais fértil (Tabela 1). Na sub-região de Cima Corgo, o clima torna-se progressivamente mais mediterrâneo, com a diminuição da precipitação e aumento das temperaturas estivais. Apresenta 95 000 ha de área total, com menor área percentual de vinha, que o Baixo Corgo. A sub-região do Douro Superior é a região mais extensa (110 000 ha), mas com menor área de vinha, devido à sua maior distância dos centros urbanos e à dificuldade de acessos. Está localizada na zona mais oriental do Douro e, portanto, mais afastada do oceano. Como tal, as temperaturas podem alcançar facilmente os 40°C. Além de temperaturas altas,

observa-se um nível de humidade atmosférica relativamente baixo, podendo ocorrer elevados défices de água no solo em determinados meses. Consequentemente, a vinha sofrerá stress hídrico durante o período ativo de produção (Magalhães, 2008; Jones *et al.*, 2012a; IVDP, n.d.).

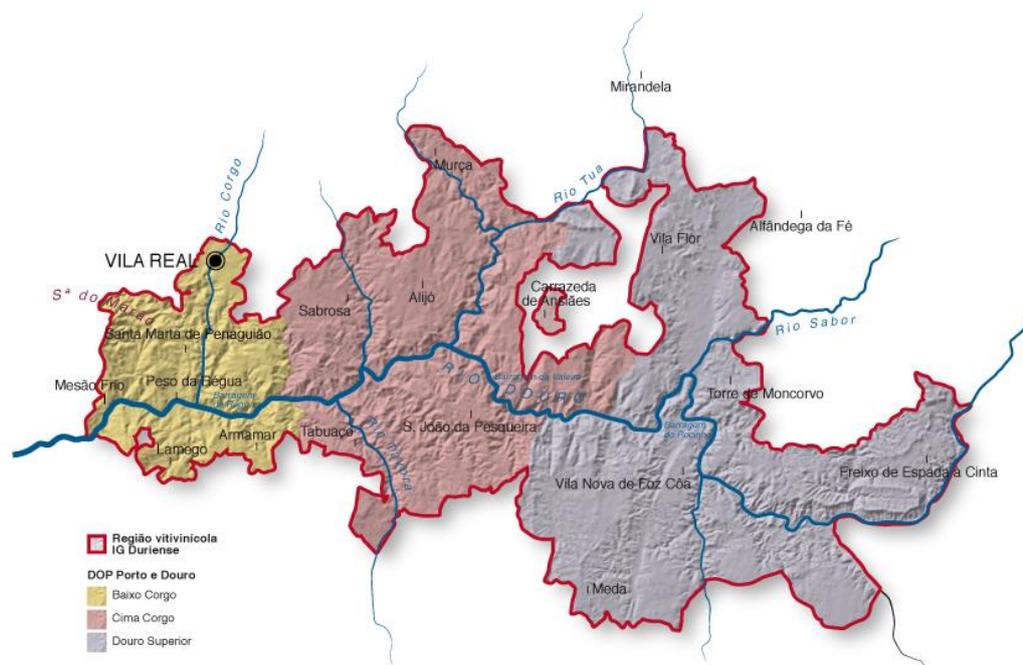


Figura 1. Região Demarcada do Douro e Sub-Regiões que a constituem (Silva, 2019)

Tabela 1. Área total e de vinha das sub-regiões da Região Demarcada do Douro. Fonte: IVDP (n.d.).

Sub-região	Área Total (ha)	Área de vinha (ha)	% de vinha / área total
Baixo Corgo	45 000	14 501	32,2
Cima Corgo	95 000	20 915	22
Douro Superior	110 000	10 197	9,3

2.1.1 Clima

O clima na Região Demarcada do Douro é caracterizado por uma forte consistência interanual da insolação total, temperatura e evapotranspiração potencial, assim como uma significativa variação interanual da precipitação. Geralmente a RDD é caracterizada por verões quentes e secos, seguidos de invernos frios, acrescentando ainda o facto de na maior parte dos anos, as plantas sofrerem stress devido ao calor e escassez de água no verão (Jones & Alves, 2012b). Caracteriza-se, assim, por um clima

tipicamente mediterrânico, o que limita o desenvolvimento e produção da videira e a qualidade da vindima (Jones, 2013).

Relativamente à média de precipitação entre os anos 1950 e 2000 (Figura 2), observa-se que a zona mais a este da região (sub-região Douro Superior) apresenta valores de precipitação menores em relação à zona mais a oeste (Baixo Corgo).

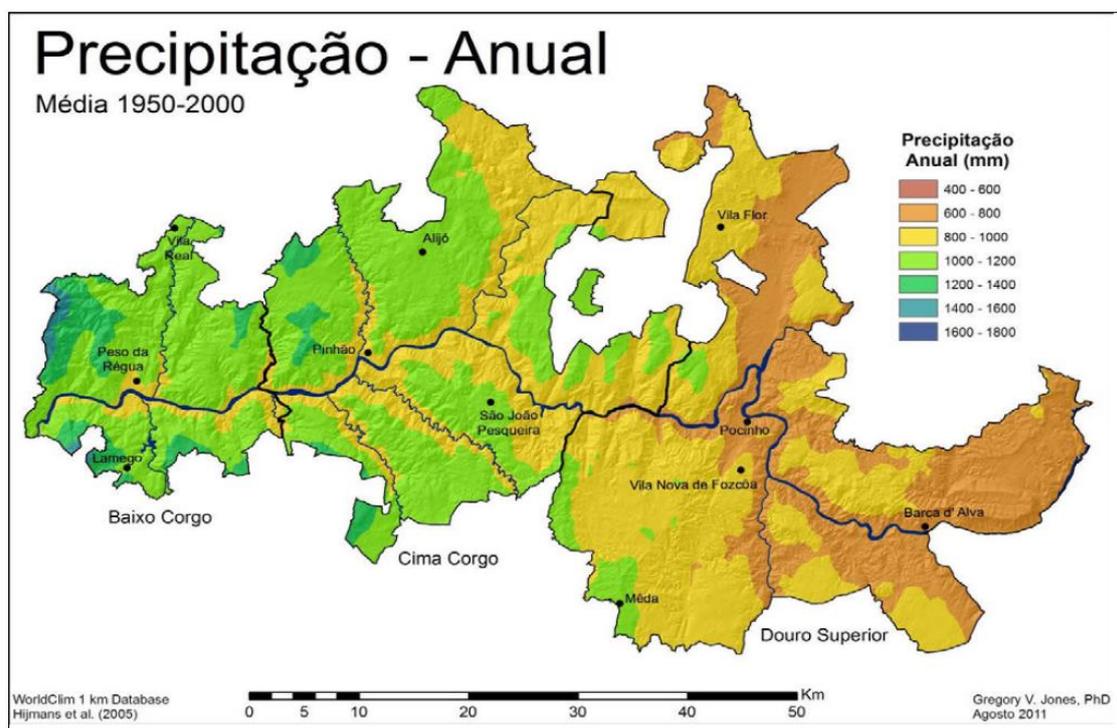


Figura 2. Precipitação anual na Região Demarcada do Douro entre 1950 e 2000 (Jones, 2013)

Desta maneira, RDD apresenta uma média anual de 950 mm, sendo que a sub-região Baixo Corgo, alcança a mediana de 1190 mm, Cima Corgo de 1026 mm e a sub-região mais seca, Douro Superior, com 832 mm (Jones, 2012) (Tabela 2).

Tabela 2. Precipitação anual mínima e máxima e respetiva mediana para as diferentes sub-regiões entre os anos 1950 e 2000. Fonte: Jones (2012)

Sub-região	Mínimo (mm)	Mediana (mm)	Máximo (mm)
Baixo Corgo	971	1190	1625
Cima Corgo	778	1026	1314
Douro Superior	643	832	1123

A temperatura média anual (Figura 3) ronda os 13,7°C, sendo que as zonas com menor elevação e viradas a este, apresentam valores mais altos (Jones, 2012). Estas variações, nesta região, devem-se à morfologia das encostas, à maior ou menor

facilidade de penetração dos fluxos de ar e a variações em relação à exposição à luz solar (Almeida, 2008).

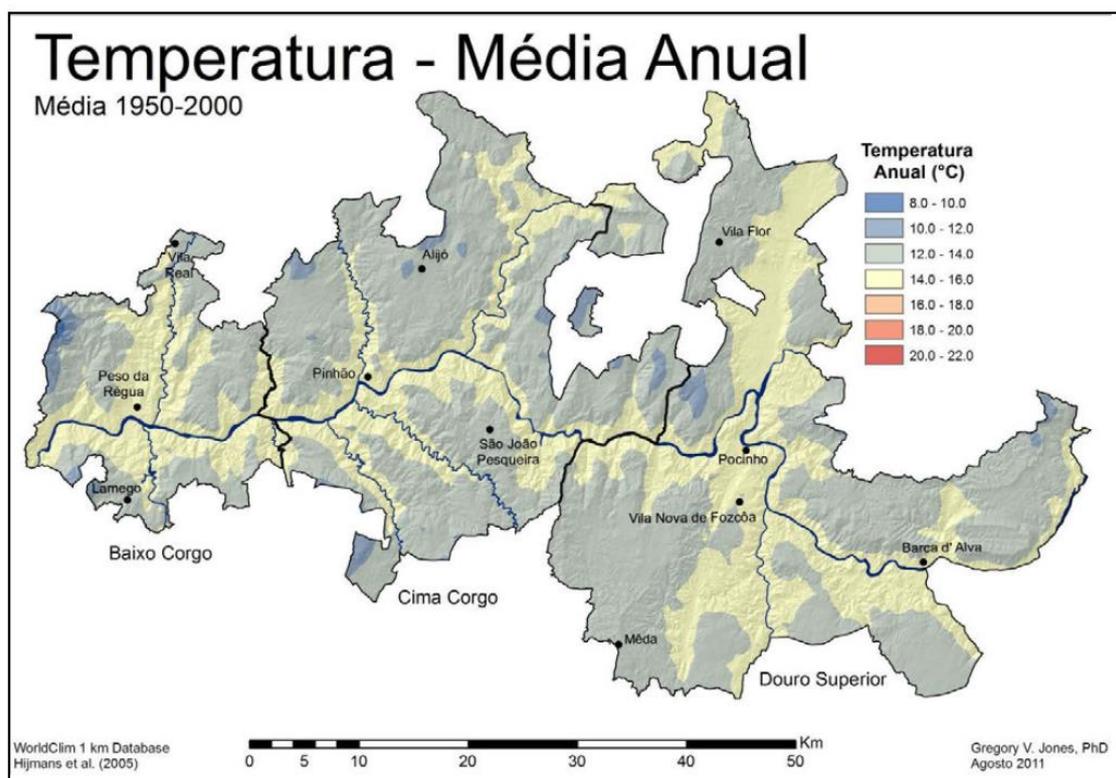


Figura 3. Temperaturas médias anuais na Região Demarcada do Douro entre os anos de 1950 e 2000 (Jones, 2013).

No que diz respeito às diferenças entre sub-regiões, as temperaturas médias anuais não apresentam grandes variações, existindo, no entanto, uma variação relativamente grande ao longo das estações. Isto é, apesar de no Inverno as sub-regiões apresentarem valores relativamente semelhantes, no Verão, o Douro Superior apresenta valores de temperaturas máximas superiores relativamente ao Baixo Corgo e Cima Corgo, representado na tabela 3 (Jones, 2012).

Tabela 3. Temperatura média anual mínima e máxima e respetiva mediana para as diferentes sub-regiões entre os anos 1950 e 2000. Fonte: Jones (2012)

Sub-região	Mínimo (°C)	Mediana (°C)	Máximo (°C)
Baixo Corgo	8,6	13,6	15,5
Cima Corgo	11	13,5	15,7
Douro Superior	11,5	13,8	15,5

2.2. Composição e evolução da maturação da uva

O crescimento do bago processa-se desde o vingamento até à maturação, sendo que, no processo de maturação ocorrem as mais importantes alterações na composição dos bagos, com a acumulação de carboidratos simples, redução nas concentrações

de ácidos orgânicos, pigmentação das películas, formação de antocianinas e biossíntese de muitos compostos aromáticos, como terpenos, norisoprenóides e outros precursores de aromas (Conde *et al.*, 2006; Kuhn *et al.*, 2013; Robinson *et al.*, 2014; González-Barreiro *et al.*, 2015). Além disso, dá-se a síntese de vários compostos fenólicos como taninos, ácidos hidroxicinâmicos (Kuhn *et al.*, 2013; Teixeira *et al.*, 2013).

Estas transformações não ocorrem simultaneamente. É possível distinguir vários estados diferentes de ótimos de maturação que não costumam coincidir no tempo: maturação fisiológica, que corresponde à germinação da grainha; industrial, que privilegia a concentração máxima de açúcar ou mínima de acidez total; enológica, quando atinge as características ótimas para o seu destino final, tendo em conta o tipo de vinho que se deseja produzir (Pérez-Magariño & González-San José, 2006). Deste modo, o processo de maturação – através do acompanhamento da evolução dos teores de açúcares e de ácidos orgânicos - será importante para uma posterior escolha da data de vindima, para se obter vinhos de qualidade desejada (Coombe & McCarthy, 2000).

2.2.1. Açúcares

Um dos fenómenos mais importantes que condicionam a maturação do bago é a acumulação de açúcar neste. Por um lado, traduz o potencial em álcool no decurso da maturação, por outro, constitui o ponto de partida da síntese de outros compostos importantes, como propriedades sensoriais da uva e fontes de precursores para a síntese de ácidos orgânicos, compostos fenólicos e aromáticos (Dai *et al.*, 2011; Kuhn *et al.*, 2013).

A concentração de açúcares é fortemente afetada pelas condições do meio associados à atividade fotossintética e é promovida pela restrição da disponibilidade hídrica, com a diminuição da temperatura e exposição à luz solar (Kuhn *et al.*, 2013), podendo também depender das características específicas das castas e dos porta-enxertos (Dai *et al.*, 2011; Cosme *et al.*, 2016).

Durante a fase de maturação da uva, a acumulação de sacarose é produzida nas folhas pela assimilação de carbono fotossintético e transportado, via floema, por ação de gradientes de concentração osmótica entre o conteúdo das células da planta inteira e a solução da polpa dos bagos. Durante todo o crescimento herbáceo a concentração em açúcar dos bagos é praticamente nula, semelhante à das folhas (2% do peso fresco do bago), pois estes são intensamente metabolizados para o desenvolvimento do fruto e, particularmente, para o crescimento e maturação das grainhas (Deloire, 2010). A acentuada acumulação dos açúcares nas uvas tem início

após o pintor em que se dá a conversão em hexoses (glucose e frutose) por ação de enzimas invertases (Magalhães, 2008; Cosme *et al.*, 2016). Durante a maturação os níveis de frutose e glucose gradualmente vão-se equilibrando devido ao abrandamento da atividade de síntese (Magalhães, 2008). Desta forma, no fim da maturação, as uvas podem conter entre 15 e 25% de açúcares, que mais tarde, através da fermentação irá originar o álcool presente no vinho (Peynaud, 1989).

2.2.2. Ácidos

Na uva, os ácidos principais correspondem ao ácido tartárico, málico e cítrico, sendo que os dois primeiros representam cerca de 90% da acidez total. Além destes, existem pequenas concentrações de ácidos como o succínico, láctico e acético. A composição em ácidos é, no entanto, bastante influenciada por fatores como a casta, as condições ambientais ou as práticas culturais (Cosme *et al.*, 2016).

Os ácidos málico e tartárico são produzidos nas folhas e bagos verdes e, desde o vingamento até ao pintor, as suas concentrações vão aumentando progressivamente, atingindo a máxima concentração antes do início da fase de maturação, havendo um declínio a partir desta, segundo curvas distintas (Magalhães, 2008)

Uma vez sintetizado, o ácido tartárico permanece constante, visto que não foi encontrada nenhuma enzima capaz de o degradar no bago, assim a diminuição na sua concentração durante a maturação deve-se ao efeito de diluição aquando do aumento de volume do bago (Magalhães, 2008). O ácido málico sofre uma degradação mais intensa durante a maturação chegando, geralmente, a valores inferiores ao ácido tartárico. A concentração de ácido málico atinge um pico máximo próximo ao estado fenológico Pintor e diminui intensamente após esta fase, consequência da diluição e também da sua combustão para a obtenção de energia (Bobeica *et al.*, 2015). Segundo Champagnol (1984) os valores de ácido málico, na maturação variam entre 0,7 e 2,7 g/L e de ácido tartárico variam entre 6,0 e 9,0 g/L.

O ácido tartárico é responsável pelo aroma ácido do vinho, contribuindo para a estabilidade biológica e longevidade, enquanto o ácido málico confere, ao vinho, um aroma a fruta verde e paladar agressivo (Conde *et al.*, 2006), podendo ser corrigido pela fermentação malolática, em que as bactérias convertem o ácido málico em ácido láctico.

Na avaliação da componente ácida das uvas ao longo da maturação é comum recorrer-se à determinação da acidez total e do pH.

2.2.3. Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos apresentam funções importantes na adaptação das plantas atuando como inibidores ativos de crescimento biológico e são ainda responsáveis pela coloração e aromas da uva, afetando a cor, a estrutura, características sensoriais, gustativas e a adstringência dos vinhos (Conde *et al.*, 2006; Teixeira *et al.*, 2013).

Estes compostos, que se podem encontrar na uva madura ou durante a maturação, subdividem-se em dois grupos. O grupo dos flavonóides, que são mais abundantes na uva, tendo como principais exemplos as antocianinas, as proantocianidinas (ou taninos condensados) e os fenóis simples, em que os principais compostos são os estilbenos e ácidos fenólicos (Teixeira *et al.*, 2013).

Os compostos fenólicos constituem características específicas das castas, sendo fortemente influenciados por fatores climáticos, como a radiação ou a temperatura, além de variarem de acordo com o estado de maturação e vigor vegetativo (Obreque-Slier *et al.*, 2010; Flamini *et al.*, 2013a). Após o início da maturação da uva, o teor de compostos fenólicos das películas aumenta, enquanto os teores de taninos nas grainhas vão diminuindo (Adams, 2006; Obreque-Slier *et al.*, 2010).

A análise dos teores de açúcares e ácidos são as mais utilizadas para estabelecer a data de vindima (Coombe *et al.*, 2000), no entanto não expressam o ponto ótimo de maturação, sendo a quantificação dos compostos fenólicos, mais precisamente, dos teores de antocianinas e taninos, utilizada para definir com maior precisão o momento de colheita (Conde *et al.*, 2006).

2.2.3.1. Antocianinas

As antocianinas representam os pigmentos rosados das castas tintas, situando-se principalmente na película, e, nas castas tintureiras, também na polpa (Teixeira *et al.*, 2013). Podem ainda estar presentes nas folhas no final do ciclo vegetativo (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006), além de diferentes órgãos como pedúnculo, ráquis e lançamentos (Kuhn *et al.*, 2013). Quimicamente são constituídas por cinco moléculas: petunidina; cianidina; peonidina; malvidina; delphinidina (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006). A malvidina é preponderante sob a forma de mono e diglicosídeos de malvidina. Os monoglicosídeos de malvidina são o constituinte principal da matéria corante de *V. vinifera*, enquanto os diglicosídeos de malvidina ocorrem nas uvas de origem americana (*V. labrusca* e outras espécies) e em alguns híbridos (Guerra, 2012; Teixeira *et al.*, 2013). A sua síntese começa no pintor e vai-se acumulando ao longo da maturação da

uva (Pérez-Magariño *et al.*, 2006; Basile *et al.*, 2018). A taxa de acumulação de antocianinas relaciona-se com várias condições agroambientais, tais como, a cultivar, o clima, as condições do solo, condições de rega e práticas culturais. No entanto, pode ocorrer um decréscimo destas mesmo antes da vindima e/ou durante a sobre maturação (Magalhães, 2008).

A temperatura é um fator importante na síntese de antocianinas, sendo que em regiões frias, a concentração é menor, enquanto quando cultivados em locais até 35°C e com grande amplitude térmica, apresentam condições mais favoráveis, originando vinhos com mais cor (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006). A radiação solar é o fator que mais terá impacto na formação de antocianinas, sendo a concentração destes compostos favorecida pelo aumento da exposição à luz, principalmente em resposta à radiação UV (Teixeira *et al.*, 2013; Del-Castillo-Alonso *et al.*, 2020).

A extração das antocianinas da película da uva para o vinho depende, não só, da sua concentração, como também da relação açúcares/ácidos e da tendência desta para as libertar (Ortega-Regules *et al.*, 2006). Estudos demonstram que existe um aumento de antocianinas durante a maturação da uva (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006). A noção de extratibilidade depende muito do estado de maturação em que as uvas se encontram, pois deste fator vai depender a capacidade de rutura das películas e assim a consequente libertação das antocianinas. Quando comparado o tempo de colheita, as uvas vindimadas no momento certo de vindima ou em sobre maturação produzem um vinho com uma maior quantidade de antocianinas – embora estes pigmentos tendam a diminuir a partir da vindima -, em relação a uvas vindimadas anteriormente (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006; Magalhães, 2008).

2.2.3.2. Taninos

Os taninos são a classe mais abundante de compostos fenólicos solúveis encontrados na uva e encontram-se sobretudo nas camadas hipodérmicas das películas e no tegumento das sementes (Adams, 2006). Apresentam ação fotoprotetora à radiação UV (Flamini *et al.*, 2013b) e estão localizados nos vacúolos e na parede celular (Teixeira *et al.*, 2013). O termo ‘tanino’ é designado para as substâncias (flavan-3-óis, flavonóis e flavanonóis) que têm a propriedade de reagir fortemente com proteínas e que contribuem para a estabilização dos vinhos (Guerra, 2012), são ainda responsáveis pelas características organolépticas das uvas e vinho como resultado das suas propriedades tânicas, que dependem da sua estrutura e do seu grau de polimerização (Freitas *et al.*, 1998). Acidez e adstringência são dois dos principais atributos do vinho que são principalmente induzidos por estes compostos e variam conforme o seu grau

de polimerização (Teixeira *et al.*, 2013). Durante a maturação, as propriedades coloidais tendem a diminuir, resultando em menor agressividade e adstringência (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006).

2.2.4. Substâncias aromáticas

As substâncias aromáticas pertencem a um grupo de moléculas voláteis que podem ser identificadas nas uvas e vinhos. Esses compostos químicos estão relacionados com atributos sensoriais associados a características aromáticas como flores, frutas, vegetais, especiarias, produtos tostados, entre outros (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006; González-Barreiro *et al.*, 2015). Estas substâncias localizam-se preferencialmente na película e na polpa, aumentando a sua concentração no decurso da maturação, em paralelo com o acréscimo de açúcares nos bagos (Conde *et al.*, 2006; González-Barreiro *et al.*, 2015).

Podem ser divididos em três grupos: compostos aromáticos voláteis (terpenóides e pirazinas); compostos precursores não voláteis (glicosídeos, ácidos fenólicos, ácidos gordos, entre outros); compostos aromáticos não voláteis (terpenóides glicosilados, norisoprenóides glicosilados, entre outros) (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006; González-Barreiro *et al.*, 2015). Entre os principais grupos de compostos aromáticos, destacam-se os terpenóides, com dezenas de compostos que apresentam aromas a frutos e flores. Entre os cerca de 4000 terpenóides existentes, dos quais aproximadamente 40 foram identificados nas uvas. Possuem destaque nos atributos sensoriais de muitos vinhos e impacto sinérgico (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006; González-Barreiro *et al.*, 2015), ou seja, resultante da combinação do efeito dos diferentes compostos (concentração e diversidade) presentes na uva.

Os norisoprenóides derivam da degradação oxidativa dos carotenoides, que assim como muitos monoterpenos, estão presentes sob formas de glicosídeos não voláteis na uva, sendo libertados apenas durante o processo de vinificação (Robinson *et al.*, 2014).

Muitos compostos voláteis sulfurados com função tiol (mercaptanos) causam aromas negativos aos vinhos (ovo em decomposição), enquanto outros contribuem positivamente, sendo associados a aromas frutados, minerais, tostados, entre outros (Kuhn *et al.*, 2013; Robinson *et al.*, 2014; González-Barreiro *et al.*, 2015; Ilc *et al.*, 2016).

Outros compostos como os derivados furanos ou derivados de ácidos gordos contribuem com aromas tostados e de caramelo, e aromas vegetais ou “verdes”,

respetivamente. Voláteis derivados de açúcares e de aminoácidos e ácidos orgânicos, ésteres e álcoois superiores também apresentam importância na composição aromática dos vinhos (Robinson *et al.*, 2014; González-Barreiro *et al.*, 2015; Ilc *et al.*, 2016).

O termo 'aroma' está associado à combinação dos vários grupos e formas químicas existentes, resultando numa personalidade individual ou de um grupo de variedades (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006; González-Barreiro *et al.*, 2015). Os aromas subdividem-se em aromas da uva (primários), aromas originados da fermentação (secundários) e aromas do processo de armazenamento ou envelhecimento (terciários) (Robinson *et al.*, 2014; Ilc *et al.*, 2016), sendo que os aromas primários estão relacionados com características específicas da casta, teor de açúcar (grau de maturação), condições atmosféricas e solo (Magalhães, 2008).

2.3. Influência do clima no desenvolvimento da videira e qualidade da uva

Embora o êxito da viticultura possa estar associado a determinadas características do solo, são as condições climáticas derivadas de fatores geográficos diversos, como a latitude, a altitude, exposição ou proximidade ao mar, que mais definem as suas potencialidades e impõem os limites da sua viabilidade económica (Magalhães, 2008). O conceito *terroir* é o mais adequado para explicar as várias influências que dizem respeito à relação entre as características do produto agrícola (qualidade, organoléptica) e a origem geográfica que pode influenciar essas características (Van Leeuwen & Seguin, 2006). Em viticultura, *terroir* pode ser definido, num determinado local, como um ecossistema interativo que inclui o clima, o solo, e a vinha, bem como fatores humanos (história, socio-economia, práticas vitícolas e enológicas) (Van Leeuwen *et al.*, 2006; OIV, 2010).

Desta maneira, a composição final do bago pode resultar de numerosos processos de acumulação ou perda de metabolitos, que são influenciados por diversos fatores climáticos (Kuhn *et al.*, 2013). Fatores como temperatura, radiação solar e precipitação são importantes no desenvolvimento de aromas, precursores de aromas, compostos fenólicos, ácidos orgânicos e açúcares. Por exemplo Costa *et al.* (2015) estudaram a adaptabilidade das castas francesas 'Alicante Bouschet', 'Cabernet Sauvignon', 'Merlot', 'Pinot Noir' e 'Syrah' em dois locais distintos, região do Douro e Dão, pela análise comparativa de duas variedades cultivadas tradicionalmente nessas regiões (Touriga Nacional e Tinta Roriz) e concluíram que as castas francesas se adaptaram bem ao novo *terroir*. No entanto, obtiveram efeito nos parâmetros enológicos

das variedades. De facto, algumas castas francesas, como ‘Merlot’ ou ‘Pinot Noir’ cultivadas na região do Dão, apresentaram um grau alcoólico mais elevado do que na região do Douro. As castas ‘Touriga Nacional’ e ‘Tinta Roriz’ apresentaram diferenças significativas entre as regiões de cultivo no grau estimado de álcool, pH e acidez titulável. A variedade ‘Touriga Nacional’ apresentou maior grau estimado de álcool e pH e menor acidez titulável na região do Douro em comparação com a região do Dão, enquanto a variedade ‘Tinta Roriz’ apresentou maior valor de pH e menores valores de grau estimado de álcool e acidez titulável no Douro. Este impacto da região em termos de parâmetros enológicos e fitoquímicos também foi demonstrado no estudo realizado com a variedade ‘Syrah’ em regiões com diferentes altitudes no Brasil. Esta variedade cultivada a 1100 m de altitude apresentou maiores valores de ácidos málico e succínico no mosto, além de maior teor de taninos e antocianinas. Cultivado em baixa altitude (350 m), apresentou níveis mais elevados de ácido tartárico e cítrico no mosto e taninos nas sementes (de Oliveira *et al.*, 2019).

2.3.1. Temperatura

A temperatura, é o fator mais importante na influência da fisiologia da videira, composição do bago e características do vinho (Jones *et al.*, 2005), além de condicionar fenómenos como a hidrólise de amido – indispensável ao arranque do ciclo vegetativo – e condições para o crescimento vegetativo e reprodutivo, influencia a repartição dos fotoassimilados e intensidade respiratória (Magalhães, 2008).

Na primavera, temperaturas prolongadas acima de 10°C iniciam o crescimento vegetativo. No entanto, durante esse estado, temperaturas abaixo de 0°C podem afetar negativamente o crescimento vegetativo da planta, enquanto temperaturas abaixo dos 2,2°C podem reduzir significativamente o rendimento. Durante a maturação, geadas ou gelo podem levar à rutura das uvas, o que potencia o desenvolvimento de doenças e poderá mesmo resultar em perdas significativas de peso dos frutos (Jones, 2015). É também em condições de baixas temperaturas que se regista, além do baixo crescimento vegetativo, uma produção de hidratos de carbono limitada, pelo que a videira manifesta um desenvolvimento quase nulo, ou mesmo um aspeto clorótico (Magalhães, 2008).

Pelo contrário, quando as temperaturas são extremamente altas, pode levar a maior percentagem de mortalidade por abscisão, inativação enzimática e perda de aroma/qualidade do bago (Mullins *et al.*, 1992). Altas temperaturas irão afetar a fisiologia e o rendimento da planta (Kliewer, 1977a), provocando, desta forma, o seu

desenvolvimento precoce (Dalla Marta *et al.*, 2010; Bock *et al.*, 2011; Molitor *et al.*, 2014).

Temperaturas elevadas levam a que o crescimento e amadurecimento dos bagos acelere, resultando num aumento do teor de sólidos solúveis e do pH, baixa acidez, menor conteúdo de antocianinas e precursores de aroma. Além disso, a amplitude térmica entre dia e noite tem elevada importância na maturação da uva. Noites frias associadas a dias com temperatura elevada, reduzem o pH e a degradação dos ácidos orgânicos quando comparada a regiões de cultivo com dias com baixa amplitude térmica (Jackson & Lombard, 1993). A acumulação de compostos, durante a maturação do bago, atinge um pico máximo quando este está à temperatura ideal, entre os 15°C e os 25°C durante o dia e 10°C a 20°C durante a noite, mas é inibida quando está a temperaturas acima ou abaixo do ótimo (Kliwer *et al.*, 1972a; Azuma *et al.*, 2012). Acima dos 25°C, a fotossíntese decresce mesmo que seja sujeita a exposição solar (Huglin & Schneider, 1998), já em temperaturas extremamente altas, acima de 30°C, o tamanho e peso do bago diminui (Hale & Buttrose, 1974), no entanto, estes valores podem variar consoante a casta em estudo.

Relativamente à influência da temperatura na fotossíntese, Magalhães (2008) escreve que acima de um determinado limite térmico de tolerância, a produtividade fotossintética e a mobilização de fotoassimilados diminui drasticamente, embora de forma reversível, contudo, acima de valores extremos de temperatura podem ocorrer danos irreversíveis, afetando os centros de reação das membranas tilacoidais, com conseqüente destruição do aparelho fotossintético e morte de tecidos. Gladstones (1992) conclui que para uma completa maturação fisiológica é fundamental existirem condições ideais para a fotossíntese, garantindo assim um fornecimento regular de açúcar para os cachos e permitindo os processos enzimáticos para a formação de aroma e cor, de modo a produzir uvas de qualidade.

No que diz respeito à qualidade da vindima, a temperatura influencia a acidez total do bago (Coombe, 1986). Em relação à temperatura, o ácido tartárico é relativamente estável e o ácido málico varia ligeiramente, diminuindo com as temperaturas elevadas (Huglin *et al.*, 1998). Dois estudos (Bergqvist *et al.*, 2001; Conde *et al.*, 2006) concluíram que à medida que a temperatura aumenta, as necessidades energéticas crescem e, para manter a produção de energia, a célula recorre ao ácido málico armazenado.

Acidez total baixa está relacionada com pH alto, sendo esta relação afetada inversamente, pela acumulação de potássio – maior acumulação de potássio, menor

acidez total -, que por sua vez, depende da temperatura. Em climas quentes ocorre uma maior oxidação dos ácidos, málico e tartárico, com conseqüente aumento do pH, o qual pode ainda ser incrementado pela acumulação de potássio, que salifica o ácido tartárico (Coombe, 1986). Além disso, os níveis de potássio sobem significativamente nos cachos, especialmente durante a maturação da uva (Williams & Biscay, 1991).

Temperaturas acima dos 40°C durante o crescimento e maturação da uva resultam num atraso no vingamento, bagos mais pequenos, baixo teor de sólidos solúveis e baixa acidez titulável (Soar *et al.*, 2009), além de uma redução de glucose e frutose em bagos a temperaturas de 40/20°C (Sepúlveda & Kliewer, 1986). Segundo Greer and Weston (2010) o crescimento da uva e a acumulação de açúcares são travados a temperaturas de 40/25°C durante a iniciação floral, vingamento e maturação.

A temperatura tem ainda um papel importante nas características aromáticas e na cor da uva, e, posteriormente, no vinho (Jackson *et al.*, 1993).

A cor é também muito influenciada pela temperatura durante a noite (Tonietto & Carbonneau, 2004). No entanto, ainda não se chegou a consenso acerca da temperatura específica, visto que a radiação também apresenta um papel importante (Huglin *et al.*, 1998; Ryona *et al.*, 2008).

A variação de compostos fenólicos nas uvas é bastante significativa e a amplitude desta depende da casta e, como anteriormente dito, depende das condições climáticas e do estado fenológico em que a videira se encontra (Kliewer & Torres, 1972b). Baumes *et al.* (2002) concluíram que a radiação afeta a acumulação de carotenoides, aumentando a sua síntese no pré e durante o vingamento, no entanto, após o vingamento esta diminui, produzindo a substância de aroma-ativo, norisoprenoides. Esta degradação dos carotenoides dá-se devido ao desaparecimento de grande parte dos pigmentos fotossintéticos. Já no caso dos monoterpenos, estes continuam a sintetizar durante a maturação do bago.

Além da luz, a temperatura também apresenta um papel direto na formação destes compostos (Huglin *et al.*, 1998). Temperaturas acima do ótimo têm efeito na concentração de antocianinas, o que irá levar a alterações no perfil das mesmas, formando antocianinas à base de malvidina e levando à sua diminuição (Ortega-Regules *et al.*, 2006; Tarara *et al.*, 2008), podendo mesmo chegar a uma inibição completa e irreversível quando se atingem temperaturas muito elevadas (Kliewer, 1977b). Vários estudos mostram que amadurecimento em condições de baixa temperatura noturna – grande amplitude térmica – favorece a síntese de antocianinas e precursores de aroma (Jackson *et al.*, 1993; Bergqvist *et al.*, 2001; Tonietto *et al.*, 2004).

O calor excessivo irá reduzir o metabolismo da videira, resultando em perdas de qualidade, de aroma ou de cor. Os açúcares continuarão altos e a acidez mais baixa, o que irá levar ao risco de degradação organoléptica, afetando a qualidade dos vinhos (Orduna, 2010). A acumulação de açúcar nos bagos é acelerada enquanto a maturação fenólica (aromática), através das antocianinas, é retardada devido à inibição de enzimas metabólicas da biossíntese de fenóis (Mori *et al.*, 2007), assim a quantidade de compostos fenólicos, antocianinas e taninos diminui com o aumento da temperatura (Cohen *et al.*, 2008).

Desta maneira, com o aumento das temperaturas e um período de abrolhamento também mais quente, será natural que se produzam vinhos menos equilibrados com grandes níveis de álcool, baixa acidez, falta de cor e uma alteração no aroma (Orduna, 2010; Palliotti & Poni, 2016).

2.3.2. Exposição solar

Um outro fator importante na maturação da uva e desenvolvimento da planta é a exposição solar. Uma planta sujeita a grande exposição da radiação tem uma baixa fixação de CO₂. No entanto, este fator associado a condições de stress hídrico e térmico, pode levar a um aumento da atividade fotossintética até um valor máximo, seguido de uma depressão drástica, quando os valores da temperatura e potencial hídrico foliar passam a condicionar a abertura estomática (Moutinho-Pereira, 2000).

2.3.3. Necessidades hídricas

A quantidade de água presente no solo é um último fator importante na qualidade do bago (Conradie *et al.*, 2002). As respostas da videira ao stress hídrico são complexas, envolvendo mudanças adaptativas. Essa complexidade vem do efeito combinado do stress hídrico, da alta temperatura e da alta taxa de transpiração no verão, afetando assim o rendimento da videira, a qualidade dos bagos e do vinho (Chaves *et al.*, 2010; Flexas *et al.*, 2010; Lovisolo *et al.*, 2010).

Como tal, entre os mecanismos fisiológicos de prevenção de seca, o fecho dos estomas está identificado como a adaptação mais importante, no entanto, quando este é prolongado pode limitar a fotossíntese, assimilação de açúcares e a produção de carboidratos (Tomás *et al.*, 2012; Mirás-Avalos *et al.*, 2016). Além disso, a regulação da condutividade hidráulica da planta (Lovisolo *et al.*, 2008) e a regulação da pressão osmótica (Rodrigues *et al.*, 1993) também demonstraram contribuir para a abertura dos estomas e melhoria do desempenho da videira sob condições de stress hídrico.

Os mecanismos envolvidos na resposta da videira ao stress hídrico dependem de vários fatores como o genótipo da planta, intensidade da seca e o período em que esta acontece. As etapas de abrolhamento até à floração são críticas para estabelecer o tamanho da canópis e a produtividade, no entanto, nesta altura não é necessária a irrigação pois nas condições de Portugal os níveis de água no solo são suficientes. Já na fase de floração deve ser evitado o stress hídrico para garantir que não há queda de flores e garantir ainda um ótimo vingamento, prevenindo perdas de produtividade. Durante a fase de maturação podem ser utilizadas estratégias de déficit de água para controlar o tamanho do bago. No entanto, stress hídrico severo pode afetar a taxa de indução das inflorescências nos olhos e resultar em perdas de produtividade no ano seguinte (Chalmers, n.d.).

Canópis muito densas resultantes de água em abundância e disponibilidade de nutrientes resultam em uvas com menor teor de açúcar, maior acidez e perda de cor (Jackson *et al.*, 1993). Como tal, segundo Dry *et al.* (2001), stress hídrico moderado parece ser o mais eficiente se aplicado durante a fase de crescimento do bago, limitando o seu crescimento e reduzindo a densidade da vegetação.

Clima seco influencia a qualidade das uvas em relação ao álcool provável, cor e perfil aromático (Tonietto *et al.*, 2004). Para uma mesma concentração de acidez total, o pH é menor em condições de maior disponibilidade hídrica. Condições de déficit hídrico favorecem o catabolismo do ácido málico (Esteban *et al.*, 2001).

Além disso, como revisto por Scholasch and Rienth (2019), o déficit de água pode induzir mudanças, tal como a temperatura, no perfil das antocianinas, favorecendo a acumulação de antocianinas à base de malvidina e petunidina, segundo uns autores (Jeong *et al.*, 2004; Castellarin *et al.*, 2007; Cook *et al.*, 2015), no entanto, outros relatam um aumento da concentração de proantocianidina (taninos) na película da uva (Kyrleou *et al.*, 2016; Cáceres-Mella *et al.*, 2017). Zsófi *et al.* (2014) relata ainda uma maior concentração de polifenóis totais. A modulação da estrutura de antocianinas em resposta ao déficit hídrico parece ser altamente dependente das variedades (Niculcea *et al.*, 2014).

De maneira a controlar o vigor da canópis, a produtividade e a qualidade aquando da vindima, e tornando a gestão da água da rega mais eficiente, foram realizados vários estudos utilizando diferentes modelos de rega deficitária, mostrando que estes são dependentes de quando a irrigação é aplicada em relação ao estado do crescimento do bago. Os dois modelos de rega deficitária mais utilizados são a rega deficitária controlada (*Regulated deficit irrigation* - RDI) e a rega radicular alternada

(*Partial root-zone drying* - PRD). Ambos mantêm a planta em déficit hídrico, mas diferem nos seus princípios fisiológicos, metodologia e período em que o stress hídrico é imposto. Para a RDI, o período do déficit de água é normalmente pretendido pouco depois do vingamento do fruto, de maneira a reduzir o crescimento vegetativo e o desenvolvimento precoce do bago, resultando em bagos mais pequenos, com melhor qualidade e um rendimento menor. Depois do estado pintor, a irrigação é controlada de maneira a manter a atividade foliar para promover a síntese de açúcares e a sua translocação para as uvas (McCarthy, 2000; Intrigliolo & Castel, 2009). Contrastando com este regime, as videiras expostas a PRD, têm as suas zonas de irrigação alternadas, com metade do sistema radicular seco, enquanto a outra metade é irrigada, alternando geralmente ao fim de 15 ou 20 dias e mantém, por norma, o tamanho do bago e o rendimento independentemente da redução na quantidade água (Kriedemann & Goodwin, 2003). Stoll *et al.* (2000) relataram que o principal efeito da PRD nas videiras é a produção de moléculas sinal (por exemplo, Ácido Abscísico - ABA) nas raízes secas, que são transportadas para as folhas onde desencadeiam uma redução na condutância estomática, reduzindo a transpiração sem nenhum efeito importante a nível da fotossíntese e conseqüentemente no crescimento ou produtividade da planta.

Um estudo ainda não publicado (Cabral *et al.*, 2020), realizado, na Região do Douro, analisou a irrigação numa parcela na sub-região do Douro Superior, estudando duas dotações de rega – a 30% e 70 % de evapotranspiração –, além do controlo, sem irrigação (R0). Concluíram que a rega a 30% de evapotranspiração (R30) melhora, ligeiramente, a qualidade da uva, sendo desnecessária acima disso. Comprovou que R30 promoveu um ligeiro aumento do número de cachos e peso dos cachos na colheita e, em relação a esta modalidade, a dotação de rega a 70% de evapotranspiração (R70) não obteve vantagens. Não registaram alteração nos parâmetros de teor de sólidos solúveis, nem acidez e, ainda observaram uma pequena redução no número de fenóis totais.

2.4. Viticultura em Modo de Produção Biológico

A agricultura em Modo de Produção Biológico torna-se uma possibilidade para enfrentar impactos negativos no ambiente que advêm da agricultura intensiva (Kristiansen *et al.*, 2006). A definição de agricultura biológica, segundo a Associação Portuguesa de Agricultura Biológica (Agrobio), é “um modo de produção que visa produzir alimentos e fibras têxteis de elevada qualidade, saudáveis, ao mesmo tempo que promove práticas sustentáveis e de impacto positivo no ecossistema agrícola. Assim, através do uso adequado de métodos preventivos e culturais, tais como as

rotações, os adubos verdes, a compostagem, as consociações e a instalação de sebes vivas, entre outros, fomenta a melhoria da fertilidade do solo e a biodiversidade.” (Agrobio, n.d.).

A agricultura biológica tem tido, assim, um acréscimo significativo em todo o globo, sendo que nos últimos 10 anos houve um aumento de 102,6 %, obtendo um total de 69 845 243 ha de terrenos associados a agricultura biológica. A Oceânia, em 2017, tratava-se do continente que apresentava maior número de hectares convertidos em agricultura biológica (35 894 365 ha), seguido da Europa com 14 669 246 ha (FIBL/IFOAM, 2020).

Portugal, em 2018, apresentava 213 118 ha de terrenos convertidos ou em conversão para a agricultura biológica, sendo que desse total, 3 657 ha eram dedicados à produção de uva. Dessa maneira, 1,9 % dos terrenos de exploração vitícolas estão homologados como produtores de agricultura biológica (EC, n.d.).

A produção biológica da vinha não se trata apenas da substituição de produtos químicos sintetizados por produtos autorizados para esta prática, trata-se também de estabelecer condições ecológicas de modo a promover a biodiversidade local, melhorar a qualidade dos solos e reduzir o impacto no meio ambiente, com o objetivo de potenciar processos ecológicos naturais favoráveis ao meio ambiente e à produção da vinha, utilizando fertilizantes naturais como alternativa aos fertilizantes químicos e utilizando predadores naturais de pragas de insetos como alternativa aos pesticidas (Neves, 2012).

De maneira a conservar a natureza, são várias as técnicas utilizadas. A nível de solo, deve-se incorporar compostos, resíduos de cultura e empalhamento de maneira a que estes reativem a atividade biológica. Já a nível vertical, ou seja, a fauna e a flora presentes nos diferentes estratos (herbáceos, arbustivo e arbóreo), a plantação de árvores, arbustos e plantas herbáceas ajuda a atrair e manter organismos benéficos que controlam as pragas, funcionando como local de refúgio, alimento e nidificação. O exemplo mais comum é o do enrelvamento na entrelinha, que tem como benefícios, além da conservação da biodiversidade, a diminuição da erosão, drenagem da água em excesso, manutenção e melhoria da estrutura do solo, reciclagem de matéria orgânica, fixação de azoto pelas leguminosas, entre outros (Magalhães, 2008).

Vários estudos mostram uma maior abundância e diversidade em vinhas biológicas (Kremen *et al.*, 2002; Retallack, 2011; Froidevaux *et al.*, 2017). Verifica-se que as vinhas biológicas, comparadas com as vinhas convencionas, apresentam um maior número de fungos no solo (Radić *et al.*, 2014), maior abundância e diversidade

de espécies de artrópodes, devido à presença de um número superior de estruturas ecológicas e uma menor intensidade de manutenção, com a eliminação de produtos químicos sintéticos, proporcionando, estes artrópodes, a disponibilidade de alimento a diversas espécies de morcegos e por consequente o seu aumento em número e diversidade (Wickramasinghe *et al.*, 2004; Gaigher & Samways, 2010).

Existe ainda, comprovadamente, um aumento da biodiversidade em vinhas biológicas, sendo um método importante a ser implementado para a conservação da natureza (Barbaro *et al.*, 2017; Puig-Montserrat *et al.*, 2017).

Em termos de qualidade do vinho, comparando a viticultura convencional com a viticultura biológica, Lante *et al.* (2004) observaram que as análises químicas (álcool, açúcar, acidez total e volátil, sulfuroso total e livre, pH) e os dados sensoriais, realizados a 23 vinhos italianos comercializados feitos a partir de uvas biológicas e não biológicas, não obtiveram diferenças significativas. Observa-se ainda que quando aplicada a viticultura biológica, não se observam pesticidas, quer no sumo da uva, quer no vinho. Tal deve-se ao facto de não serem utilizados pesticidas sistémicos que penetram na planta e acabam em resíduos no vinho. Além disso, estes pesticidas, hipoteticamente presentes, poderão ter um efeito cancerígeno (Dani *et al.*, 2007; Dutra *et al.*, 2018).

O vinho biológico não tem uma definição concreta. Na União Europeia, apenas as uvas podem ser certificadas como biológicas e a única menção autorizada é “vinho proveniente de uvas biológicas”. No entanto, fora da UE, um vinho pode ser rotulado “vinho de uvas biológicas” ou “vinho biológico”. O termo “vinho biológico” pode ser entendido de várias formas: uns acreditam que a definição proclama falta de sulfitos, outros esperam que estes vinhos sejam completamente isentos de químicos. No entanto, não existem vinhos sem sulfitos, sendo que estes são um acidente da natureza, visto que os sulfitos são um subproduto natural do processo de fermentação. Vinhos com baixo teor de sulfitos ou sem adição destes, existem. Como tal, na UE, devem ser aplicadas as normas para o fabrico deste tipo de vinho, através de teores máximos de sulfitos (Azabagaoglu *et al.*, 2007; Waite, 2012).

2.5. Alterações climáticas

Nas regiões vitícolas no mundo, tem-se vindo a registar um aumento da temperatura na época de crescimento da planta, permitindo que as regiões mais frias do globo, como norte da Europa, produzam vinho de melhor qualidade. Como tal, no futuro as projeções climáticas indicam que algumas regiões poderão sofrer consequências negativas e outras, beneficiar destas alterações no clima (Jones *et al.*,

2005). Um estudo feito por Jones *et al.* (2005), mostra que o aquecimento durante a fase de crescimento da planta, entre os anos 1950-2000 teve um aumento médio de 1,3°C, resultando num aumento das temperaturas mínimas, maior acumulação de calor e diminuição de geadas. Por outro lado, segundo o IPCC – *International Panel on Climate Change* – espera-se que a temperatura global aumente 2 a 5°C até 2100 (IPCC, 2013), mostrando ainda que as regiões que agora são apropriadas para a produção de vinho, mais tarde, passarão a não o ser e verificar-se-á uma movimentação da produção de vinho para locais que neste momento são frescos demais para tal (IPCC, 2007). Além disso, observaram-se alterações nos estados fenológicos da videira nos últimos anos, em diversas localizações do globo, indicando que as videiras, com temperaturas mais elevadas respondem através de um desenvolvimento precoce, além de estas temperaturas encurtarem o intervalo entre os estados (Jones *et al.*, 2005; Jones, 2007; Dalla Marta *et al.*, 2010; Bock *et al.*, 2011; Molitor *et al.*, 2014).

Estes tipos de alterações verificar-se-ão em Portugal. Segundo o projeto SIAM, verificar-se-á uma menor percentagem de precipitação, sendo que esta irá reduzir cerca de 10%. Este estudo prevê que os invernos se tornem mais chuvosos e os verões mais secos, além de aumentar ainda o número de condições adversas extremas, tal como um maior número de cheias (Almeida, 2008).

Uma contínua mudança na composição da atmosfera irá provocar inevitavelmente uma mudança nos padrões da precipitação. Esta terá variações espaciais significativas, uma maior precipitação nas latitudes elevadas e nas regiões equatoriais e menor precipitação nas latitudes médias, em particular na região mediterrânica e do Sul da Europa, onde Portugal se situa. Haverá ainda uma maior frequência de fenómenos climáticos extremos, por exemplo, episódios de precipitação intensa concentrada em intervalos de tempo curtos e períodos de seca. A observação recente, nas últimas três décadas, mostra uma maior frequência de períodos de precipitação intensa em várias regiões do globo (IPCC, 2007).

Estudos realizados para a região demarcada do Douro, mostram que no período entre 1950 e 2000, uma parte desta região estava sob o efeito de um aumento de temperatura durante a fase de desenvolvimento da videira (Abril a Outubro) (Jones *et al.*, 2005). Para além disso, um outro estudo realizado entre 1967 e 2010 mostra que a temperatura durante a fase de desenvolvimento (Março a Setembro) subiu 2.9°C (Jones *et al.*, 2012b).

Futuramente, este aumento de temperatura e baixa precipitação na região poderão levar a vários tipos de impactos na viticultura: na fenologia da videira, na produtividade ou na qualidade do vinho. Vários estudos efetuados em Portugal realizaram projeções futuras para os estados fenológicos da videira de 16 variedades nativas, concluindo que o abrolhamento e a floração irão acontecer 2 a 5 dias mais cedo e a maturação 7 a 15 dias mais cedo, até ao ano de 2070, dependendo do cenário futuro e da variedade (Fraga *et al.*, 2016b). Este desenvolvimento precoce vai trazer vários problemas. O abrolhamento e floração mais cedo podem resultar num aumento do risco de geadas, aumentando também o número de ataques de pragas e doenças (Van Niekerk *et al.*, 2011).

O efeito na produtividade dependerá das concentrações de CO₂, radiação, temperatura, precipitação e muitos outros fatores. Para a região do Douro, vários estudos indicam que a produtividade irá aumentar com as alterações sentidas (Santos *et al.*, 2011; Santos *et al.*, 2013). No entanto, estes estudos foram realizados tendo em conta a região do Baixo Corgo, a sub-região mais húmida da RDD. O aumento de condições atmosféricas extremas, irão levar a uma variabilidade interanual da produtividade, o que poderá afetar o mercado vinícola (Jones *et al.*, 2005).

O aumento da temperatura, inibirá a formação de antocianinas, alterando a cor e aroma do bago, além de ser esperado um aumento na concentração de açúcares e baixa acidez, afetando a qualidade do vinho e a sustentabilidade da existência de várias variedades de vinho, como já está a acontecer em várias partes do globo (Jones, 2012; Fraga *et al.*, 2016a; Hopkins, 2020).

2.6. Alternativas de combate a altas temperaturas durante a maturação

Como alternativa de combate a altas temperaturas, o interesse está em atrasar a maturação para meses mais frescos, visto que, como observado anteriormente, a maturação em meses mais frescos é favorável para conservar atributos sensoriais, mantendo a acidez e os componentes de aroma e a maturação fenólica. Assim, e como revisto por van Leeuwen *et al.* (2019) existem algumas alternativas:

- Utilizar variedades, clones ou porta-enxertos de vingamento tardio;
- Aumentar a altura do caule, pois as temperaturas mais altas localizam-se perto do solo e o gradiente da temperatura vertical resultante pode ser usado

para melhorar o microclima da zona do cacho através de variações nesta altura;

- Diminuir a relação área foliar / peso do fruto visto que, valores mais baixos podem atrasar consideravelmente a acumulação de açúcar e ainda atrasar a maturação das uvas, com efeito limitado na acidez total;
- Mover para altitudes mais elevadas, visto que as temperaturas baixam 0,65°C a cada 100 m. Para este caso apenas devem ser considerados locais em que a topografia permite, como a região do Douro.
- Aplicação de auxina ácido 1-naftalenacético (NAA), pois estas moléculas têm capacidade de atrasar a maturação da uva quanto aplicada antes do estado fenológico de pintor (Davies, 2017), além de se tratar de uma molécula que provoca poucas ou pequenas alterações nos metabolitos de aroma do vinho e no carácter sensorial do mesmo e não apresenta efeitos prejudiciais como outras moléculas.
- Poda tardia.
- *Crop Forcing*.

2.6.1. Poda Tardia

Quando a poda de inverno é realizada mais tarde, o abrolhamento é adiado por alguns dias (Friend & Trought, 2007). No entanto, as diferenças tendem a tornar-se menores com o desenvolver dos estados fenológicos seguintes. As diferenças são mais significativas quando a poda é realizada no momento em as videiras estão no estado fenológico de 2 a 3 folhas, sem afetar o rendimento ou o peso de poda do ano seguinte (Moran *et al.*, 2019). Moran *et al.* (2017) concluíram ainda que a qualidade do vinho, avaliada pela intensidade da cor e pela análise sensorial, foi aprimorada pela poda tardia, porque o amadurecimento do fruto ocorreu sob temperaturas mais baixas, associadas ao atraso na fenologia. Friend *et al.* (2007) mostraram que quando a poda tardia é realizada na variedade Merlot, na Nova Zelândia, quando os rebentos apicais apresentam cerca de 5 cm de comprimento, havia uma redução de açúcares e um aumento de ácidos orgânicos na uva. Frioni *et al.* (2016) concluíram igualmente uma redução na acumulação de açúcar e um aumento de antocianinas e concentração de fenólicos, no entanto, observaram uma redução de 50% no rendimento nas videiras podadas tardiamente.

2.6.2. Crop Forcing

A técnica *Crop Forcing* (CF), consiste numa segunda poda tardia, realizada após o vingamento onde são deixados vários olhos nas varas do ano. As videiras quando são “forçadas” a sair da fase de dormência podem dar fruto várias vezes ao ano. Este tipo de tratamento é utilizado para alterar a altura de maturação para um período mais quente ou mais frio, dependendo do que se pretende obter. Alterando para um período mais quente, diminui o risco de pragas e doenças, enquanto que para um período mais frio se obterão melhores vinhos (Gu *et al.*, 2012).

Há alguns estudos que descrevem a realização de uma segunda poda de forma a melhorar a qualidade das uvas e do vinho em regiões mais quentes (Fang *et al.*, 2005; Palliotti *et al.*, 2017; Martínez-Moreno *et al.*, 2019; Pou *et al.*, 2019; Toda *et al.*, 2019; Prats-Llinàs *et al.*, 2020), sendo que em Portugal até então não foi executado nenhum ensaio.

Gu *et al.* (2012), desenvolveu na Califórnia, um dos primeiros estudos acerca desta técnica e concluiu que após a segunda poda, o período de amadurecimento em condições mais frias resultou em: bagos mais pequenos com pH mais baixo; maior acidez titulável (AT); maiores quantidades de antocianinas, taninos e compostos fenólicos, no entanto, o autor concluiu que quanto mais tarde se realiza o CF, menor será o teor em taninos. Desta forma, resultaram bagos de melhor qualidade, além de não se observarem grandes diferenças no rendimento entre as plantas controlo e as videiras submetidas ao CF. Foram realizados, ainda, CF no mês de julho, no entanto não obtiveram fruto e como tal, o autor concluiu que a melhor altura para que ocorra este novo crescimento da videira, é em junho antes de o estado fenológico de pintor (Baggiolini, 1952) (Tabela 4).

Tabela 4. Resultados obtidos por Gu *et al.* (2012), no que diz respeito à qualidade do bago

Modalidade	Peso fresco dos bagos (g)	TSS (°Brix)	pH	AT (g l ⁻¹)	Antocianinas (mg g ⁻¹)	Taninos (mg g ⁻¹)	Compostos fenólicos (mg g ⁻¹)
Controlo	1,04	24,50	3,59	5,83	0,58	0,52	0,73
CF a 10 de junho	0,87	24,20	3,50	6,54	1,11	1,00	1,56
CF a 17 de junho	0,85	23,60	3,39	6,63	1,21	0,92	1,30
CF a 24 de junho	0,85	23,10	3,40	6,65	1,22	0,91	1,51

Um estudo mais recente que avalia a quantidade das antocianinas em videiras submetidas a CF, sugere um aumento significativo de antocianinas totais no bago (Tian & Gu, 2019), resultando numa concentração mais equilibrada destas, o que contribuiu para uma cor mais vibrante dos vinhos tintos produzidos a partir daqueles bagos, tal como Gu *et al.* (2012) tinha verificado.

O presente estudo trata-se da continuação de um ensaio realizado desde 2018, (Cabral *et al.*, 2019), sendo que no mesmo ano se observou um atraso na fenologia das videiras, tal como nas investigações anteriormente descritas. Neste estudo foram observadas videiras não submetidas a CF (controlo) e videiras submetidas a CF, 15 e 30 dias após o vingamento do fruto. Nas videiras submetidas a CF 15 dias após o vingamento, os autores, não obtiveram resultados, pois as mesmas, devido às condições climáticas, caracterizadas por uma Primavera e início de Verão chuvosos, levaram a um ataque intenso de míldio (*Plasmopara viticola*), o que impediu a recolha de resultados robustos. No entanto, neste estudo tal como os descritos anteriormente, *Crop Forcing* realizado 30 dias após o vingamento (CF30), resultou em bagos mais pequenos, com menor pH, maior acidez total e menor conteúdo de açúcar.

2.7. Indicadores do estado hídrico

O estado hídrico da videira está dependente das características do solo e do clima (Van Leeuwen *et al.*, 2004), sendo que o solo influencia a capacidade de retenção da água e o clima atua através da precipitação, temperatura e da evapotranspiração de referência (ET_0). É o estado hídrico que condiciona todas as funções fisiológicas da planta e resulta da relação entre a quantidade de água absorvida do solo e a água perdida por evapotranspiração das videiras e interferências das resistências ao fluxo de água de plantas circundantes (Magalhães, 2008).

A absorção de água pela videira pode ser monitorizada através de: monitorização da água no solo, pelo uso de tensiómetros; sondas de marca de água; sondas de humidade de neutrões ou “Time Domain Reflectometry”; modelo de balanço hídrico. Podendo ainda ser monitorizadas através do uso de indicadores fisiológicos (Van Leeuwen *et al.*, 2009), sendo que os mais utilizados são o potencial hídrico da planta (folhas ou pâmpanos) e a discriminação de isótopos de carbono (Gaudin *et al.*, 2012)

Será descrita, no subcapítulo seguinte, a técnica utilizada neste ensaio.

2.7.1. Potencial hídrico foliar

O potencial hídrico foliar traduz o estado energético da água no interior da planta (Magalhães, 2008). A água é retirada do solo através da planta devido à força de sucção, à medida que a água evapora das folhas. Na planta, a água move-se pelo xilema, transportando a água desde as raízes até às folhas. A água nestes vasos está sobre tensão e, à medida que o solo seca ou devido a qualquer outro fator, as raízes tornam-se incapazes de acompanhar o ritmo de evaporação das folhas, esta tensão aumenta, e neste caso, a planta experimenta déficit hídrico (Prichard *et al.*, 2004).

O potencial hídrico foliar (Ψ_f), antes do amanhecer ou de base (Ψ_{pd} ou Ψ_0), ao meio dia (Ψ_{min}) ou em folhas não transpiráveis ou potencial de água do caule (Ψ_{stem}) têm sido frequentemente utilizados, em vários países, como indicadores do *stress* hídrico nas videiras (Choné *et al.*, 2000).

O Ψ_f não é constante, varia ao longo do dia e no decorrer do ciclo vegetativo, em função das condições hídricas do solo, da demanda evaporativa e do estado fisiológico da videira (Magalhães, 2008). Desta forma, estes fatores devem ser minimizados realizando as medições quando o potencial hídrico da folha for relativamente estático (Prichard *et al.*, 2004). Williams and Araujo (2002) referem que as medições realizadas durante o dia e a meio do dia não são fiáveis, devido a uma falta de correlação entre o Ψ_f e outros parâmetros fisiológicos. Assim, as medições dos potenciais hídricos devem ser realizadas antes do amanhecer (Schultz, 1995). A medição do Ψ_0 tem sido muito utilizado em estudos na vinha, uma vez que ao fim da noite as condições microclimáticas são homogêneas nas folhas e não ocorre transpiração (os estomas estão fechados). Sendo assim, nesta altura o potencial hídrico é relativamente similar em todas as folhas da cepa (Van Leeuwen *et al.*, 2009), para além disso assume-se que, antes do sol nascer o potencial hídrico entre a vinha e o solo encontra-se em equilíbrio, refletindo desta forma, a disponibilidade de água no terreno (Williams *et al.*, 2002). Uma vez que o potencial hídrico foliar máximo será antes do nascer do sol, o potencial hídrico foliar mínimo é, usualmente, medido ao meio dia solar, pois nesta altura ocorrerá regulação estomática e as folhas expostas à radiação solar estarão a executar processos fisiológicos como a fotossíntese e transpiração (Van Leeuwen *et al.*, 2009).

Na prática, o potencial hídrico nas plantas é medido recorrendo a uma câmara de pressão de acordo com a metodologia descrita por Scholander *et al.* (1965), sendo que estes valores expressam a tensão a que a água se encontra nos vasos xilémicos (Magalhães, 2008).

A câmara de pressão é um dispositivo em que se aplica pressão de ar na folha onde a maior parte da folha está dentro da câmara, mas uma pequena parte da haste foliar (o pecíolo) é exposta à parte externa da câmara através de um vedante. A pressão que é necessária à saída de água pelo pecíolo indica se se trata de um alto grau de *stress* hídrico – no caso de indicar uma pressão elevada – ou não. As unidades de pressão mais utilizadas são o Bar ou o Mega Pascal (1 MPa = 10 Bars) (Prichard *et al.*, 2004).

Carbonneau *et al.* (2014) propuseram um método de referência, que possibilita avaliar o grau de déficit hídrico na planta. Estes valores são o resultado de mais de 20 anos de observações em várias vinhas e em diferentes cultivares (Deloire *et al.*, 2005). Van Leeuwen *et al.* (2009) completaram a informação do método de Carbonneau, representando o potencial hídrico do pecíolo a meio do dia, o potencial hídrico da folha a meio do dia, assim como o potencial hídrico da folha antes de amanhecer (Tabela 5).

Tabela 5. Níveis de déficit hídrico em vinha, medidos pelo potencial hídrico do pecíolo a meio do dia; potencial hídrico da folha a meio do dia e potencial hídrico da folha antes de amanhecer em MPa (Van Leeuwen et al., 2009)

Potencial hídrico do pecíolo a meio do dia (MPa)	Potencial hídrico da folha a meio do dia (MPa)	Potencial hídrico da folha antes de amanhecer (MPa)	Nível descritivo de déficit hídrico
Abaixo de -0,6	Abaixo de -0,9	Abaixo de -0,2	Não há déficit hídrico
-0,6 a -0,9	-0,9 a -1,1	-0,2 a -0,3	Déficit hídrico suave
-0,9 a -1,1	-1,1 a -1,3	-0,3 a -0,5	Déficit hídrico suave a moderado
-1,1 a -1,4	-1,3 a -1,4	-0,5 a -0,8	Déficit hídrico moderado a severo
Acima de -1,4	Acima de -1,4	Acima de -0,8	Déficit hídrico severo

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização do campo de ensaio

O ensaio realizou-se durante o ano letivo 2019/2020 na Quinta do Ataíde, propriedade da Symington Family Estates, localizada no Vale da Vilarça, concelho Torre de Moncorvo. Este local corresponde a uma falha tectónica preenchida por aluviões originados pelas cheias, resultantes do refluxo das águas do Sabor e da ribeira da Vilarça (Moncorvo, s.d.).

A Quinta do Ataíde foi comprada pela Symington Family Estates em 2006, tendo, no final dos anos 80 do século XX passado pelas mãos da Cockburn's, sendo que na década de 1930 foi criada uma vinha de viveiro na propriedade para dar continuidade ao trabalho de pesquisa iniciado pelo viticultor e enólogo da Cockburn's, John Henry Smithes. Desta maneira, esta quinta está ligada à recuperação da Touriga Nacional que, por essa altura, quase desapareceu. Encontra-se ainda, nesta quinta, desde 2014, uma coleção de castas constituída por 53 variedades autóctones - e algumas estrangeiras para efeitos de comparação -, servindo de estudo acerca da adaptabilidade das diferentes castas às condições durienses.

A quinta apresenta uma área total de 225 ha, sendo que 112,4 ha são ocupados por vinha em modo de produção biológico. As principais castas existentes nesta quinta são: Touriga Nacional; Touriga Franca; Tinta Barroca; Alicante Bouschet; Tinta Roriz. O local, apresenta uma variação de altitude de 140 a 175 metros e trata-se de um terreno ligeiramente ondulado a plano, contendo gradientes leves virados a leste (Symington, s.d.).

3.2. Descrição da parcela experimental

O estudo foi realizado numa parcela de Touriga Nacional, plantada em 2014, sobre o porta-excerto 196-17 CI (Figura 4). A vinha está conduzida em monopiano vertical ascendente. Tratando-se de um local com uma inclinação inferior a 30%, as videiras foram plantadas verticalmente. Esta arquitetura conhecida como “vinha ao alto” consiste na plantação de videiras em linhas verticais, perpendicularmente às curvas de nível da encosta. As plantas estão orientadas no sentido sudoeste/este-nordeste, compasso de 2,2 m x 1,0 m (4545 cepas/ha) e podadas em cordão Royat unilateral, deixando em média 10 olhos por videira. O cordão Royat unilateral assenta numa estrutura perene, constituída por um tronco e um braço disposto horizontalmente, onde se executa a dita poda (Magalhães, 2008).

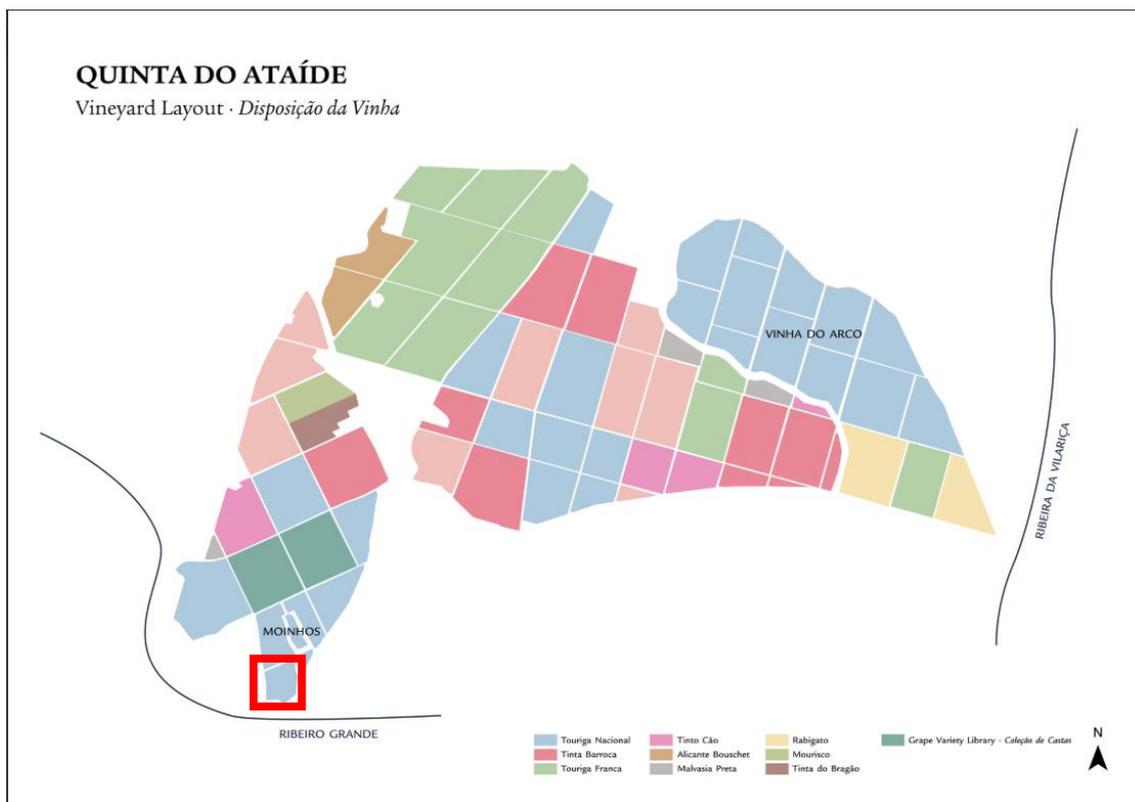


Figura 4. Disposição da vinha na Quinta do Ataíde e localização da parcela do ensaio. Fonte: (Symington, s.d.)

3.3. Características edafoclimáticas

A Região Demarcada do Douro assenta em formações Ante-Cambricas do Complexo Xisto-Gauváquico, dominada pela presença de solos evolutivamente incipientes e com limitações importantes enquanto suporte das atividades agrárias (Figueiredo, 2015). Esta região é então dominada por Leptossolos de pequena estrutura sobre a rocha mãe, sendo, os ocupados pela vinha, antrossolos, solos que já tiveram a mão do Homem. Os solos apresentam texturas do tipo franco-arenoso, franco limoso ou limoso, geralmente com elevada percentagem de areia fina, com grande pedregosidade à superfície, a qual limita perdas de água por erosão (Magalhães, 2008). São na sua generalidade solos delgados, pobres em matéria orgânica e fósforo, medianamente ricos em potássio e ácidos. (Sogrape, s.d.).

No caso específico do Vale da Vilariça, local do estudo, é possível verificar a existência de Fluvissoles, formados a partir de depósitos aluvionares recentes e ainda alguns afloramentos graníticos devido à falha geológica. Além disso, em contraste com a maior parte da região do Douro, a quinta é composta por marga e xisto, beneficiando de condições únicas para a viticultura (Magalhães, 2008). O xisto tem uma elevada capacidade de retenção do calor durante o dia, que liberta gradualmente durante a noite,

reduzindo as amplitudes térmicas diárias e contribuindo para o avanço da maturação. A marga trata-se de uma rocha sedimentar constituída por calcário e argila (Sogrape, s.d.).

No que diz respeito ao clima na Região Demarcada em questão, este caracteriza-se por uma elevada insolação total interanual, temperatura e evapotranspiração também elevadas, havendo ainda uma significativa variação interanual da precipitação (Jones, 2013). Tal como dito anteriormente, o Douro Superior é a sub-região do Douro com temperaturas mais elevadas e precipitação mais escassa, sendo que, através das estações meteorológicas da quinta, obteve-se uma precipitação média anual de 536 mm e uma temperatura média anual de 16°C (Symington, s.d.).

3.4. Material Vegetativo

3.4.1. Casta Touriga Nacional

A Touriga Nacional trata-se de uma casta que tem como sinonímia Preto Mortágua ou Tourigo e Touriga Fina. É uma das castas mais antigas no Dão e Douro, no entanto, devido à seleção clonal pode, atualmente, ser cultivada em qualquer região do mundo (Magalhães, 2008). Esta casta autóctone é uma das que apresenta maior expressão a nível nacional, estando em terceiro lugar em termos de área ocupada (13 032 ha), correspondendo a 7% da área total (IVV, 2018a).

Morfologicamente, caracteriza-se por apresentar ramo jovem aberto, com pigmentação média; folha jovem verde acobreada, de pigmentação média; folha adulta pequena, quinquelobada, de forma pentagonal, plana, ligeiramente rugosa, com dentes curtos; bago com epiderme negra azulada, pequeno e não uniforme, com película medianamente espessa e polpa incolor; flor hermafrodita; grainha dura e sarmento castanho-escuro e glabro (Magalhães, 2008).

Trata-se de uma casta com um ciclo vegetativo longo pelo que necessita de solos férteis. É muito sensível ao desavinho e bagoinha, bem como à escoriose, sendo pouco sensível ao míldio, oídio, cigarrinha verde e à traça da uva.

É uma casta versátil sob o ponto de vista enológico, com capacidade para produzir quer vinho do Porto, quer vinhos de mesa de alta qualidade. Devido à sua complexidade aromática, estrutura e qualidade de compostos fenólicos, é uma casta de excelência para produzir vinhos monovarietais ou para melhorar o lote com outras castas (Magalhães, 2008).



Figura 5. Aspeto da folha e cacho da casta *Touriga Nacional*. Fotografia tirada em Vairão (17 de junho 2020). Fonte da 2ª imagem: (Infovini, n.d.).

3.4.2. Porta-enxerto 196-17 CASTEL (196-17 CL)

A utilização de porta-enxertos em viticultura surgiu na Europa, em consequência da crise filoxérica, passando a constituir o sistema radicular da videira, sendo que a parte aérea é representada pelas castas *V. vinifera* (Magalhães, 2008).

Os porta-enxertos utilizados derivam de cruzamentos de duas ou mais espécies e, dependendo da natureza dióica das espécies que lhe deram origem, são plantas femininas ou masculinas. A maioria dos porta-enxertos usados são híbridos de três espécies: *V. riparia*, *V. rupestris* e *V. berlandieri*. Os porta-enxertos são utilizados não só pela sua resistência a pragas associadas às raízes, como a filoxera e nemátodos, mas também pelo seu potencial de influenciar a maturação da cultura e pela tolerância a condições adversas tais como seca, excesso de água, calcário, e solos ácidos ou alcalinos (Keller, 2015).

O porta-enxerto utilizado na Quinta do Ataíde, na casta *Touriga Nacional*, trata-se do 196-17 CL. Trata-se de um porta-enxerto adaptado diversos tipos de solos, à exceção de solos calcários, sendo considerado o porta-enxerto mais sensível a este tipo de solos. Tem uma elevada adaptação a solos ácidos, sendo por isso, um dos porta-enxertos mais cultivados na região do Douro, além da sua rusticidade. Adapta-se bem a solos pobres, xistosos ou graníticos com textura arenosa, assim como a solos férteis e frescos. Apresenta um alto vigor, quando plantado em solos pobres, no entanto a sua produtividade é considerada moderada quando comparado com outros. Em termos de características ampelográficas, apresenta folhas jovens verdes com aparência glabra, nós e entrenós vermelhos na face dorsal. Flor funcionalmente masculina. Folhas adultas

de cor verde pouco intensa e tamanho médio. Pode ter problemas de enraizamento e de emissão de lançamentos e por vezes não engrossa o seu tronco (Magalhães, 2008).

3.5. Delineamento experimental

O ensaio foi instalado em quatro blocos casualizados, sete modalidades, e 8 videiras por modalidade, contando com um total de 224 plantas usadas (7 modalidades x 4 blocos x 8 videiras) (Figura 6).

Um das modalidades correspondem a plantas que não foram submetidas a CF: videiras não irrigadas (R0CF0); irrigadas a 30% de evapotranspiração (R30CF0); irrigadas a 70% de evapotranspiração (R70CF0). As outras modalidades correspondem a plantas que foram submetidas a uma segunda poda: CF 15 dias após o vingamento (CF1) e videiras sujeitas a CF 30 dias após o vingamento (CF2), no estado “bago de ervilha” (Baggiolini, 1952). Em ambas as modalidades de CF, as plantas foram sujeitas a rega a 30% de evapotranspiração (R30CF1; R30CF2) e a 70% de evapotranspiração (R70CF1; R70CF2). Entre cada bloco encontram-se o mínimo de 4 videiras de guarda formando uma zona tampão.

	Linha	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4
30% Evapotranspiração	1		R30CF0	R0CF0	R30CF0
	2	R30CF0	R0CF0	R30CF0	
	3				
	4	R30CF2	R30CF2	R30CF2	R30CF2
	5				
	6	R30CF1	R30CF1	R30CF1	R30CF1
	7				
70% Evapotranspiração	8				
	9	R70CF1	R70CF1	R70CF1	R70CF1
	10				
	11	R70CF2	R70CF2	R70CF2	R70CF2
	12				
	13	R70CF0		R70CF0	R0CF0
	14	R0CF0	R70CF0		R70CF0

Figura 6. Distribuição esquemática das videiras submetidas ao ensaio. R0CF0: sem irrigação e sem Crop Forcing; R30CF0: irrigação a 30 % de evapotranspiração e sem Crop Forcing; R70CF0: irrigação a 70 % de evapotranspiração e sem Crop Forcing; R30CF1: irrigação a 30 % de evapotranspiração e com Crop Forcing 15 dias após o vingamento; R70CF1: irrigação a 70 % de evapotranspiração e com Crop Forcing 15 dias após o vingamento; R30CF2: irrigação a 30 % de evapotranspiração e com Crop Forcing 30 dias após o vingamento; R70CF2: irrigação a 70 % de evapotranspiração e com a Crop Forcing 30 dias após o vingamento.

3.6. Rega

A irrigação foi realizada semanalmente por rega gota a gota, localizada, e de forma a controlar as diferentes dotações de rega, foram instaladas tubagens perfuradas, com uma taxa de escoamento de 3,6 L/h em cada videira para as modalidades R30 e 7,2 L/h nas videiras com a modalidade correspondente a R70 (tubagens duplas para esta). Esta é controlada por um programador automático que inicia a rega à hora estipulada, terminando ao fim do número de horas predefinido. Na tabela 6 estão representadas as datas da rega, com a respetiva quantidade de água aplicada.

Tabela 6. Data de rega e diferente quantidade de água no ano de 2020

Dia	Modalidade	Quantidade (L)	Dia	Modalidade	Quantidade (L)
23 junho	R30	8,7	11 agosto	R30	8,7
	R70	19,1		R70	19,1
30 junho	R30	8,7	18 agosto	R30	8,7
	R70	19,1		R70	19,1
7 julho	R30	8,7	25 agosto	R30	8,7
	R70	19,1		R70	19,1
14 julho	R30	10,2	1 setembro	R30	7,3
	R70	22,3		R70	15,9
21 julho	R30	8,7	29 setembro*	R30	10,8
	R70	19,1		R70	21,6
28 julho	R30	8,7	6 outubro*	R30	10,8
	R70	19,1		R70	21,6
4 agosto	R30	8,7	*29 setembro e 6 outubro, rega realizada apenas nas linhas sujeitas a CF.		
	R70	19,1			

3.7. Operações culturais

Na vinha foram efetuadas diferentes operações culturais, respeitando as operações realizadas em toda a quinta. Nesta parcela, foi executada a poda de inverno, seguida da trituração da lenha desta. Realizaram-se várias intervenções em verde, tais como despampa, desponta e desladrçamento. As modalidades de *Crop Forcing* foram sujeitas a uma segunda poda em verde, deixando em cada lançamento cinco olhos, tendo sido ainda removidas todas as folhas, netas e cachos.

Para além destas intervenções, e tratando-se de uma quinta que produz em Modo de Produção Biológico, não foram utilizados quaisquer tipos de herbicidas ou pesticidas, sendo apenas realizado o corte das infestantes. Para tratamentos contra o míldio e o oídio foram utilizados o sulfato de cobre e o enxofre respetivamente.

3.8. Registos efetuados

3.8.1. Fenologia

Os estados fenológicos são a escala de tempo biológico que permite a identificação das diferentes fases de crescimento e desenvolvimento da videira. Como

tal, foram realizados os registos fenológicos de forma a estabelecer o ciclo biológico das modalidades (Figura 7).

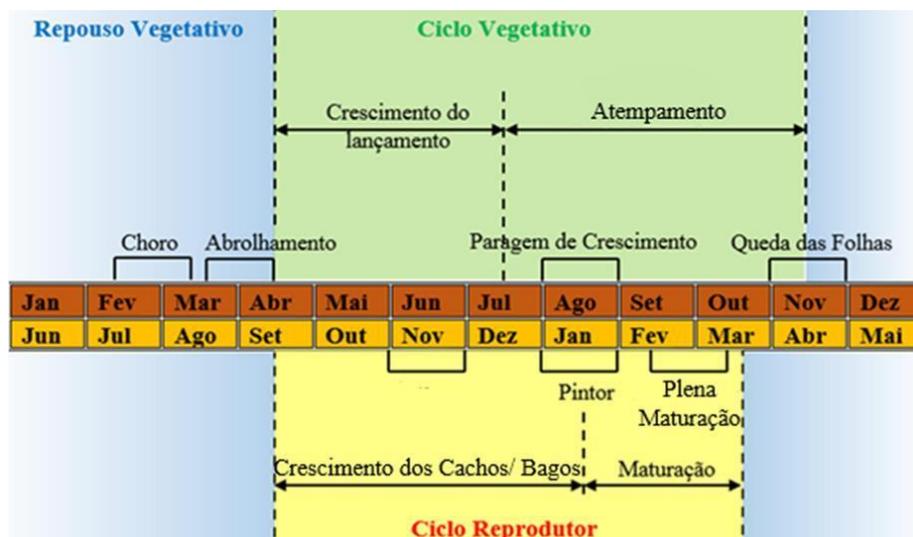


Figura 7. Ciclo biológico da *Vitis vinifera* L. Condições: Hemisfério Norte (barra de cima, a castanho); Hemisfério Sul (barra de baixo, a amarelo). Fonte: Adaptado de Labruwere et al. (2015)

Foram analisadas todas as 8 videiras por bloco, e foi registado o seu estado fenológico baseado na escala de Baggiolini (1952) (Tabela 7), sendo que o critério para registo dos estados fenológicos foi que 50% das plantas de cada modalidade apresentava as características de um determinado estado fenológico.

Tabela 7. Escala de Baggiolini (1952).

Baggiolini (1952)	Estado Fenológico
A	Gomo de Inverno
B	Gomo de Algodão
C	Ponta Verde
D	Saída das Folhas
E	2 a 3 Folhas
F	Cachos Visíveis
G	Cachos Separados
H	Botões Florais Separados
I	Floração
J	Alimpa (Vingamento)
K	Bago de Ervilha
L	Fecho do Cacho

M	Pintor
N	Cacho Maduro
O	Atempamento

3.8.2. Carga à poda, abrolhamento e fertilidade

O cálculo da taxa de abrolhamento e do índice de fertilidade potencial é realizado através dos dados recolhidos da carga à poda, número de olhos abrolhados e número de inflorescências.

O número de olhos deixados à poda, pelos podadores, é de dois olhos por talão. O número de talões em cada videira varia dependendo do vigor desta nos anos anteriores, no entanto, o número médio é de cinco talões por videira, sendo esta decisão tomada pelo podador no momento da poda. Com isto, o número médio de olhos por videira é de cerca de dez olhos. Aquando da segunda poda, foram deixados 5 olhos por talão, sendo estes os dados recolhidos como carga à poda para estas modalidades.

Com base nos dados retirados (dia 8 de maio para as videiras não submetidas a CF, dia 14 de julho para as videiras submetidas a CF 15 dias após o vingamento (CF1) e dia 28 de julho para videiras submetidas a CF 30 dias após o vingamento (CF2)) foi possível o cálculo da taxa de abrolhamento (TA), assim como o Índice de Fertilidade Potencial (IFP) segundo as fórmulas seguidamente apresentadas.

$$\text{Taxa de Abrolhamento (TA)} = \frac{\text{Número de Olhos Abrolhados}}{\text{Número de Olhos Deixados à Poda}} \times 100$$

$$\text{Índice de Fertilidade Potencial (IFP)} = \frac{\text{Número de Inflorescências}}{\text{Número de Olhos Abrolhados}}$$

3.8.3. Peso de lenha de poda

3.8.3.1. Poda de Inverno

Na totalidade das videiras presentes no ensaio foram contabilizados, antes da poda, o número de sarmentos e, aquando a poda, foi registado o seu peso, com recurso a uma balança tipo dinamómetro. A poda foi realizada no dia 19 de novembro de 2020.

Os dados recolhidos servem para calcular o número de sarmentos por videira e o peso médio do sarmento.

3.8.3.2. Segunda Poda (CF)

O *Crop Forcing* ocorreu a 2 de junho nas videiras submetidas a CF 15 dias após o vingamento, e a 16 de junho nas videiras submetidas a CF 30 dias após o vingamento.

3.8.4. Área foliar

Foram selecionadas duas videiras por bloco em todas as modalidades (oito videiras por modalidade), nas quais se selecionou um pâmpano de dimensão média, que foi devidamente marcado para que o registo se fizesse sempre no mesmo material biológico. Para a escolha das videiras teve-se em atenção a média de pâmpanos e o número de olhos abrolhados, de modo a evitar plantas com elevado ou reduzido vigor em relação às restantes. Os registos efetuados foram os seguintes (Figura 8):

NFP – Número de folhas principais

NFN – Número de folhas secundárias (netas)

L2D_P – Medição do comprimento da nervura lateral direita da maior folha principal

L2E_P - Medição do comprimento da nervura lateral esquerda da maior folha principal

L2d_P - Medição do comprimento da nervura lateral direita da menor folha principal

L2e_P - Medição do comprimento da nervura lateral esquerda da menor folha principal

L2D_N - Medição do comprimento da nervura lateral direita da maior folha secundária

L2E_N - Medição do comprimento da nervura lateral esquerda da maior folha secundária

L2d_N - Medição do comprimento da nervura lateral direita da menor folha secundária

L2e_N - Medição do comprimento da nervura lateral esquerda da menor folha secundária

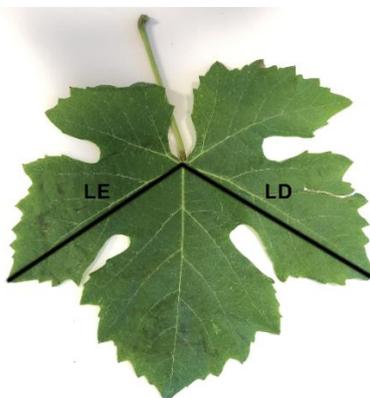


Figura 8. Ilustração da medição da área foliar no campo, nas folhas principais e netas

O cálculo das medições realizadas foi efetuado segundo a metodologia desenvolvida por Lopes and Pinto (2005), técnica esta, de medição, não destrutiva,

permitindo calcular uma estimativa da dimensão da área foliar principal e da área foliar das netas. Obtendo-se:

$$\text{Área Foliar do Sarmento} = AF \text{ sarmento principal} + AF \text{ netas}$$

$$\text{Área Foliar da Videira} = AF \text{ sarmento} \times \text{Número de Sarmentos}$$

Estas medições foram realizadas nos dias 19 de maio, 15 de junho, 28 de julho, 7 de setembro e 6 de outubro.

Tabela 8. Datas da medição da área foliar, respetiva modalidade medida e estado fenológico.

Dia	Modalidade	Estado Fenológico
19/mai	CF0	Vingamento
	CF1 a)	
	CF2 a)	
15/jun	CF0	Fecho do Cacho
	CF2 a)	
28/jul	CF0	Pintor
	CF1	Vingamento
07/set	CF0	Maturação
	CF1	Fecho do Cacho
	CF2	
06/out	CF1	Pintor
	CF2	

a) Medição efetuada antes da realização do CF.

Após a realização do CF, a área foliar das videiras sujeitas a esta operação foi determinada, desta vez utilizando o equipamento 'LI-3100 Area Meter' (Li-Cor, 1996) (Figura 9). Este equipamento possui duas correias transportadoras transparentes que giram para mover as folhas pela mesa de digitalização, registando a área individual destas e calculando a área acumulada, neste caso, por videira (Li-Cor, n.d.).

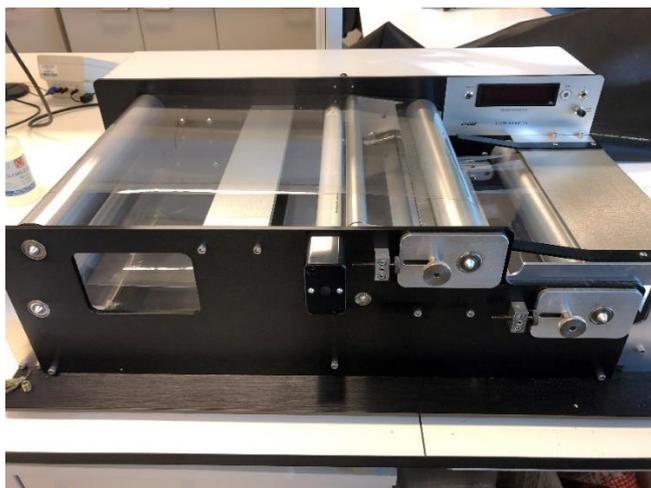


Figura 9. Equipamento de medição de área foliar 'Li-Cor 3100 Area Meter'. Fotografia tirada em Vairão (4 de junho).

3.8.5. Superfície foliar exposta

A superfície foliar exposta na vinha permite verificar o potencial de rendimento, pois esta está diretamente relacionada com a energia solar que é interceptada pela canópia, sendo que quanto maior este valor, maior é produção de biomassa e, conseqüentemente, o potencial de rendimento (Keller, 2015). Este cálculo é efetuado pela medição de vários parâmetros, como a altura total da sebe (H_t), a altura do solo à base da vegetação (H_s), largura da sebe ao nível da vegetação (L_t) e a largura da sebe ao nível dos cachos (L_c). Com esses dados, foram calculadas a largura média da sebe (L_s) e a altura da vegetação (H_v), com recurso às seguintes fórmulas:

$$\text{Largura Média da Sebe } (L_s) = \frac{L_t + L_c}{2}$$

$$\text{Altura da Vegetação } (H_v) = H_t - H_s$$

A fórmula seguinte foi a utilizada para o cálculo da Superfície Foliar Exposta (SFE):

$$\text{Superfície Foliar Exposta } (m^2 / ha) = P_{exp} \times \left(\frac{10\ 000}{E} \right)$$

Em que,

$$P_{exp} = 2 \times (H_v + H_s)$$

e E é a distância na entrelinha em metros e P_{exp} o perímetro exposto da sebe.

O registo da superfície foliar exposta foi realizado nos dias 11 de agosto, 7 de setembro e 30 de outubro.

3.8.6. Registos da atividade fisiológica

3.8.6.1. Potencial hídrico foliar

O potencial hídrico foliar foi medido entre junho e outubro (Tabela 9), sendo o potencial hídrico foliar de base (Ψ_0) registado antes do amanhecer, altura em que os estomas se encontravam fechados e que se considera que o potencial hídrico da planta está em equilíbrio com o potencial hídrico do solo, não havendo qualquer forma de perda de água, por transpiração. Foram ainda realizadas duas medições de forma a registar o potencial hídrico foliar diário e mínimo (Ψ_{\min}), a meio da manhã, a meio da tarde e ao fim da tarde. Estas medições foram realizadas no dia 24 de agosto e realizou-se, ainda, uma medição a meio da tarde do dia 11 de agosto.

O registo dos potenciais foi realizado com o auxílio de uma câmara de pressão Schölander, já referida anteriormente, onde foi acoplada uma botija de gás de azoto. Para esta medição recolheram-se 2 folhas adultas, em boas condições vegetativas e expostas à radiação, de cada bloco, ou seja, 8 folhas por modalidade. Após a recolha da folha em cada videira, foi efetuado um corte limpo no pecíolo, de forma a obter homogeneidade na área observada e inserida a folha na câmara, deixando uma pequena parte do pecíolo no exterior, e injetado azoto, até se observar o aparecimento, de uma gotícula, indicando a existência de um equilíbrio entre as forças de retenção da água na folha e a pressão do gás (Figura 10). O registo da pressão foi efetuado e representa o valor que corresponde ao nível de stress hídrico em que a planta se encontra. No caso das folhas onde ocorreu CF, estas, só foram recolhidas, quando apresentavam tamanho suficiente para a possível observação da saída de água do pecíolo e de forma a que não houvesse fugas de gás pelo orifício onde se encontrava o pecíolo.



Figura 10. Aspeto da câmara Scholander e colocação do pecíolo na válvula da respetiva câmara. (Quinta do Ataíde (25 de agosto de 2020)).

O registo do potencial hídrico foliar foi realizado até à data de vindima de cada uma das modalidades (Tabela 9).

Tabela 9. Registos dos potenciais hídricos, às respetivas horas, tendo em conta a modalidade e o estado fenológico.

Data	Hora	Modalidade	Estado Fenológico
02/jun	5h	CF0	Bago de Ervilha
		CF1 a)	
		CF2 a)	
16/jun	5h	CF0	Fecho do Cacho
22/jun	5h	CF0	Fecho do Cacho
30/jun	5h	CF0	Fecho do Cacho
14/jul	5h	CF0	Fecho do Cacho
28/jul	5h	CF0	Pintor
11/ago	5h, 14h	CF0	Pintor
		CF1	Bago de Ervilha
24/ago	5h, 10h, 14h, 17h	CF0	Maturação
		CF1	Fecho do Cacho
		CF2	Bago de Ervilha
08/set	5h	CF0	Maturação
		CF1	Fecho do Cacho
		CF2	
22/set	5h	CF1	Pintor
		CF2	Fecho do Cacho
06/out	5h	CF1	Pintor
		CF2	
19/out	5h	CF1	Maturação
		CF2	Pintor

a) Registo efetuado antes da realização do CF.

3.8.7. Evolução da maturação e Qualidade da vindima

A avaliação da evolução da maturação foi feita por amostragens a cada duas semanas, de 50 bagos por bloco, 200 bagos por modalidade, sendo que também se realizou recolha de amostragem no dia de vindima. O controlo de maturação iniciou-se a 25 de agosto no CF0, a 30 de setembro em CF1 e a 12 de setembro em CF2.

A colheita destes foi realizada aleatoriamente e abrangendo as mais variadas disposições alternando a localização e a posição do cacho, a exposição e a localização do bago dentro de cada cacho.

Estes bagos foram pesados, para registo do peso médio (g) e posteriormente esmagados. A partir do mosto obtido determinou-se o volume de cada amostra (mL), a percentagem de álcool provável (%), o pH, a acidez total (g/L), teor em fenólicos totais (AU), teor em ácido málico (g/L), teor de açúcares (°Brix) e intensidade da cor (nm).

A análise do teor de açúcares, acidez total, pH, ácido málico foi realizada através do OenoFoss™, um instrumento que permite a medição imediata de vários parâmetros, enquanto para análise da intensidade da cor e fenólicos totais utilizou-se um leitor de microplacas de absorvância (Figura 11).



Figura 11. OenoFoss™ e leitor de microplacas.

3.8.8. Vindima

A vindima do CF0 realizou-se a 8 de setembro, enquanto a vindima de CF1 e CF2 se realizaram a 19 de outubro e 29 de outubro, respetivamente (Tabela 10). Estas foram marcadas de acordo com os resultados dos controlos de maturação e as condições atmosféricas. A vindima foi feita quando as uvas apresentavam valores de teor provável de álcool, acidez e pH em consonância com a tipicidade dos vinhos que

era pretendida. Aquando da vindima, foram registados o número de cachos e peso total dos mesmos, por planta, e selecionaram-se dois cachos, das videiras correspondentes à seleção da área foliar, e fez-se a sua medição com recurso a uma régua.

Tabela 10. Data da realização da vindima para cada modalidade CF.

Modalidade	Data da vindima
CF0	08/09/2020
CF1	19/10/2020
CF2	29/10/2020

3.9. Análise estatística

Os dados obtidos foram registados em folhas de cálculo Excel. A análise estatística dos dados foi realizada recorrendo ao programa “GraphPad Prism 8” tendo-se efetuado o teste de normalidade para a análise de variância das médias (ANOVA), quando se tratava de 3 ou mais variáveis, expresso como não significativo (ns), significativo para $p < 0,05$ (*), $p < 0,01$ (**), $p < 0,001$ (***) e $p < 0,0001$ (****). Sempre que a análise revelou significância estatística, procedeu-se à comparação das médias com base no teste de Tukey. As diferenças estatísticas foram assinaladas com diferentes letras minúsculas, segundo o agrupamento pelo teste de Tukey. Se significância iguais (letras iguais), se significância diferente (letras diferentes) sendo o nível de significância de 0,05. Caso se comparassem apenas duas variáveis o teste realizado foi o T-student, onde mais uma vez, expresso como não significativo (ns), significativo para $p < 0,05$ (*), $p < 0,01$ (**), $p < 0,001$ (***) e $p < 0,0001$ (****).

Os dados foram ainda comparados com os dados dos anos anteriores (2018 e 2019).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização Climática

Como referido na secção Revisão Bibliográfica, são diversos os fatores que influenciam a qualidade da uva e, posteriormente, do vinho. Sendo que o clima da região é o ponto fulcral para alteração de componentes da uva.

Através dos dados recolhidos da estação meteorológica instalada na Quinta do Ataíde e, segundo o boletim informativo da ADVID, foi possível aferir que o ano vitícola de 2017/2018 se caracterizou por um Inverno frio e seco, uma Primavera fria e chuvosa e um Verão, numa primeira fase, frio e chuvoso e numa segunda fase, quente e extremamente seco. Na figura 12, é possível verificar um clima tipicamente mediterrânico, com temperaturas elevadas no verão e baixas no Inverno. O mês de agosto registou o dia com a temperatura mais alta (44,5°C) e o mês de fevereiro, a temperatura mais baixa, com 1,5°C. Através da figura é possível observar, ainda, que no final de 2017, a precipitação foi muito baixa, comparativamente com o que é habitual, bem como, se observa que os meses de primavera foram os que obtiveram mais precipitação. Deste modo, no mês de março, a precipitação cumulativa alcançou o valor de 138,8 mm, algo incomum, enquanto os meses de inverno, como por exemplo janeiro, a precipitação cumulativa manteve-se na casa dos 36,8 mm. Além de tudo anteriormente dito, é possível verificar que a precipitação nem sempre ocorreu em períodos com baixa temperatura, pois as chuvas fizeram-se sentir mais na primavera e início de verão, salientando-se que, neste sentido, se tratou de um ano atípico (Figura 12).

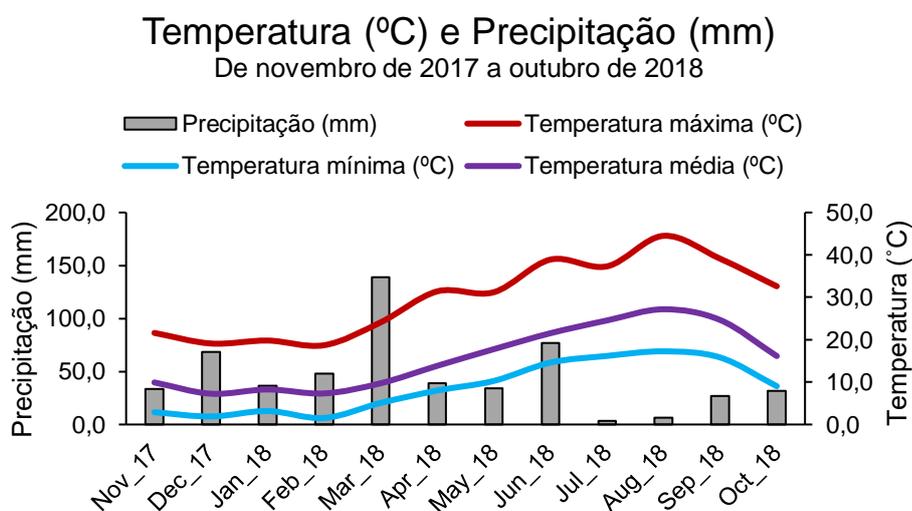


Figura 12. Temperatura mínima, máxima e média, em °C, e precipitação, em mm, registadas nos meses de novembro de 2017 a outubro de 2018, na estação meteorológica existente na Quinta do Ataíde.

Verifica-se, analisando a figura 13, a relação existente entre a insolação e a evapotranspiração potencial (ETp). Quando os valores de insolação sobem, o mesmo acontece com os valores de ETp. Durante o ano vitícola 2017/2018 observa-se que o valor de ETp menor ocorreu em dezembro de 2017 e, o maior em julho de 2018.

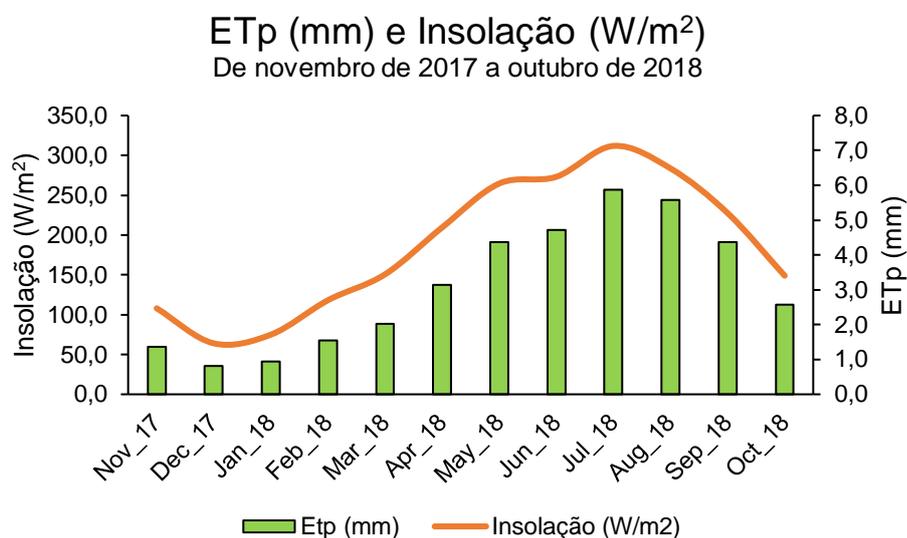


Figura 13. Evapotranspiração potencial, em mm, e insolação, em W/m², registados nos meses de novembro de 2017 a outubro de 2018, na estação meteorológica existente na Quinta do Ataíde.

Além disto, através dos dois gráficos é possível observar que o valor de menor insolação, não corresponde ao valor de maior precipitação, podendo concluir que os meses de inverno, apesar de secos, apresentavam bastantes nuvens.

Através da figura 14, e de acordo com o boletim emitido pela ADVID, é possível observar que o Ano Vitícola de 2018/2019 se caracterizou por grandes oscilações nos valores de temperatura, além de precipitação anual mais baixa que o normal, considerando-se, assim, um ano seco. O mês de julho foi o mês que apresentou o dia com temperatura mais alta, com 34,7°C, e o mês de janeiro a temperatura mais baixa, com 1,1°C. Observa-se que o mês de novembro de 2018 apresentou um grande valor de precipitação cumulativa (128,2 mm), no entanto, os meses seguintes apresentam valores de precipitação muito baixos, sendo que no mês de maio a precipitação cumulativa não passou de 1,8 mm.

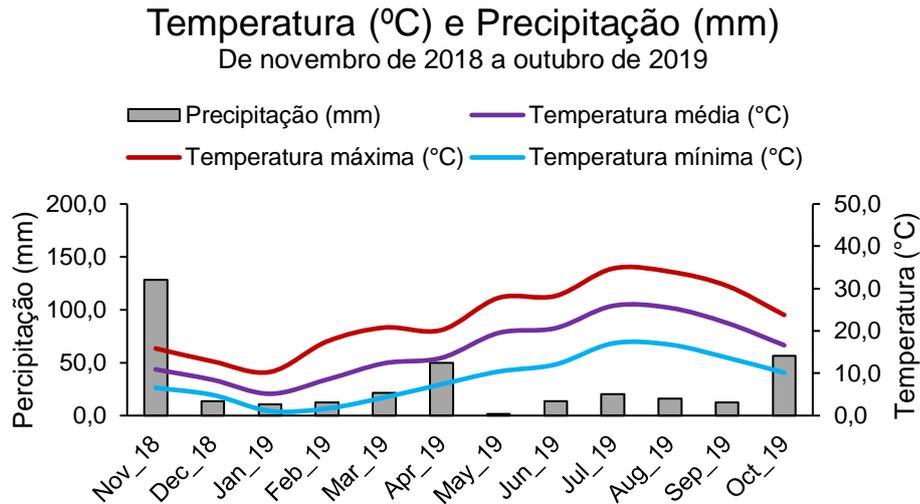


Figura 14. Temperatura mínima, máxima e média, em °C, e precipitação, em mm, registadas nos meses de novembro de 2018 a outubro de 2019, na estação meteorológica existente na Quinta do Ataíde.

Através da figura 15, observa-se, mais uma vez, a relação existente entre a insolação e a evapotranspiração potencial (ETp). Quando os valores de insolação sobem, o mesmo acontece com os valores de ETp. Durante o ano vitícola 2018/2019 observa-se que o valor de ETp menor ocorreu em dezembro de 2018 e, o maior em julho de 2019. Observa-se ainda que o mês com maior insolação (maio) é coincidente com o mês menos chuvoso.

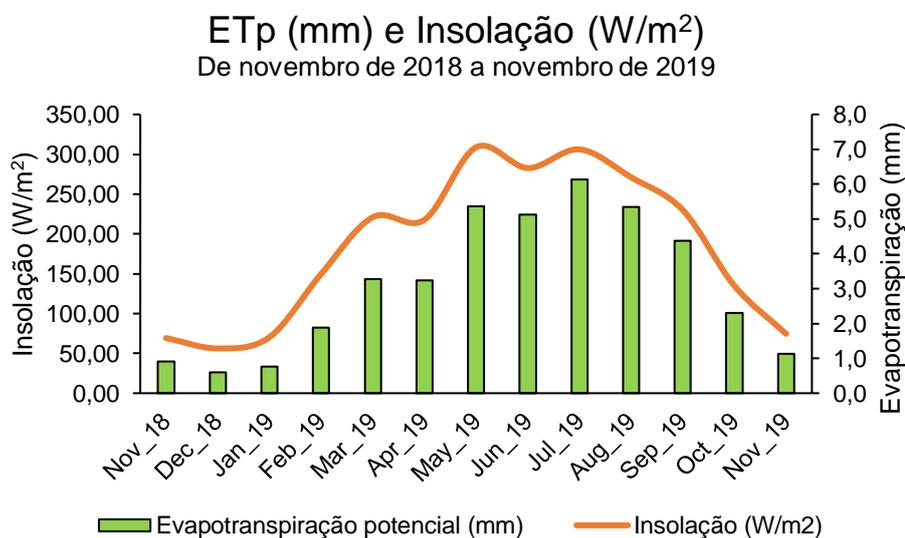


Figura 15. Evapotranspiração potencial, em mm, e insolação, em W/m², registados nos meses de novembro de 2018 a outubro de 2019, na estação meteorológica existente na Quinta do Ataíde.

O ano vitícola 2019/2020 (figura 16) caracteriza-se, tal como 2018/2019, por grandes oscilações a nível dos valores de temperatura. O valor de temperatura mais elevado alcançou-se no mês de agosto, 41,0°C, no entanto, verifica-se que o mês de julho apresenta uma maior média de temperaturas máximas. Já o dia em que se

observou a menor temperatura mínima foi em janeiro, alcançando $-2,2^{\circ}\text{C}$. Relativamente à precipitação, verifica-se que o final de 2019 se caracterizou por bastante chuvoso sendo que o mês de dezembro apresentou 167,2 mm de precipitação cumulativa. No entanto, os meses de final de primavera e verão apresentaram-se bastante secos, sendo que não choveu em junho.

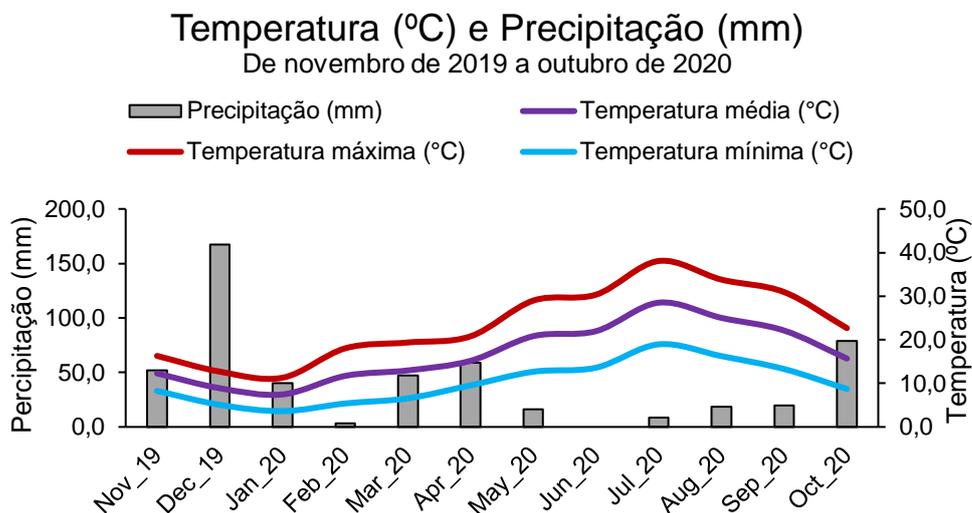


Figura 16. Temperatura mínima, máxima e média, em $^{\circ}\text{C}$, e precipitação, em mm, registadas nos meses de novembro de 2019 a outubro de 2020, na estação meteorológica existente na Quinta do Ataíde.

Mais uma vez, verifica-se, através da figura 17, a relação entre a insolação e a evapotranspiração potencial (ETp). Nos meses de maior insolação, a ETp também apresenta valores maiores. Contrariamente aos anos anteriores, verifica-se que a insolação, no mês de agosto, desceu bastante, indicando ter sido um mês com o céu relativamente coberto e, o mês de setembro, verifica-se que também apresentou valores de insolação menores que os anos vitícolas anteriores, sendo que, o decréscimo a partir de agosto é normal em todos os anos, visto que são menores as horas solares. Observa-se que o mês em que se obteve maior evapotranspiração coincide com o mês de maior insolação (julho) e o mesmo acontece com os meses de menor insolação (dezembro e janeiro).

ETp (mm) e Insolação (W/m²)

De novembro de 2019 a outubro de 2020

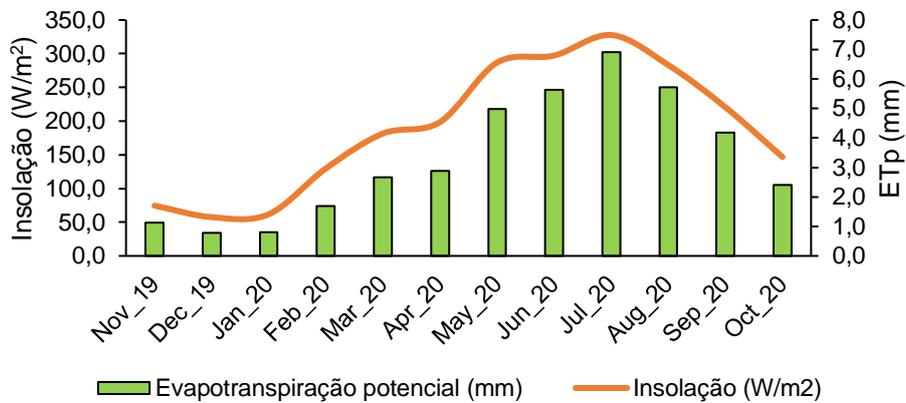


Figura 17. Evapotranspiração potencial, em mm, e insolação, em W/m², registados nos meses de novembro de 2019 a outubro de 2020, na estação meteorológica existente na Quinta do Ataíde.

A Normal Climatológica diz respeito a um arquivo de dados meteorológicos, de um determinado local, apresentados num certo intervalo de tempo, tornando, estes dados, importantes para o estudo das variações e tendências do clima. Segundo a Organização Meteorológica Mundial (OMM), o clima caracteriza-se por valores médios obtidos num período de 30 anos, período suficientemente longo para se admitir que representa o valor predominante daquele elemento num determinado local, iniciando cada normal climatológica no primeiro ano de cada década (IPMA, n.d.).

Tabela 11. Valores de temperatura e precipitação desde 1931 a 1960 (31-60) e nos anos vitícolas em que se realizou o ensaio 2017/2018, 2018/2019, 2019/2020. Respetivo total de precipitação cumulativa e temperatura média.

	Precipitação (mm)				Temperatura (°C)			
	31-60	17-18	18-19	19-20	31-60	17-18	18-19	19-20
Novembro	57,6	33,6	128,2	52,0	11,1	9,9	10,9	12,3
Dezembro	62,1	68,4	13,6	167,2	7,3	7,3	8,4	8,9
Janeiro	69,0	36,8	10,8	40,2	7,4	8,3	5,1	7,5
Fevereiro	56,0	48,0	12,6	3,2	9,0	7,3	8,5	11,7
Março	71,0	138,8	21,4	47,0	12,4	9,7	12,4	13,0
Abril	41,7	39,0	49,6	58,8	15,6	13,8	13,6	15,2
Maio	44,6	34,2	1,8	16,0	18,0	17,8	19,5	20,8
Junho	32,0	77,0	13,6	0,0	22,8	21,5	20,7	22,0
Julho	14,4	3,2	20,2	8,4	25,4	24,5	25,9	28,5
Agosto	8,8	6,2	16,0	18,4	25,2	27,2	25,5	25,0
Setembro	32,2	27,0	12,2	19,6	21,8	24,6	21,9	22,1
Outubro	45,5	31,6	65,6	78,8	16,7	16,1	16,6	15,7
	534,9	543,8	365,6	509,6	16,1	15,7	15,8	16,9

A tabela 11 mostra os valores obtidos de temperatura e precipitação nas três décadas (1931 até 1960), sendo esta a Normal Climatológica (NC) existente na região. Os valores destes 30 anos foram calculados com base nos dados climáticos registados no Vale da Vilariça, mesmo local onde se situa a quinta do Ataíde. Estes dados foram comparados com os valores de temperatura e precipitação dos últimos três anos vitícolas, ou seja, 2017/2018, 2018/2019 e 2019/2020 (anos estes, em que o ensaio ocorreu).

Desta maneira, é possível verificar que comparativamente com a Normal Climatológica, e entre si, os valores dos três anos foram bastante díspares.

Em relação à precipitação, o ano de 2017/2018 apresentou, durante o inverno, um acumulado de precipitação bastante inferior à NC, no entanto, no ano de 2018/2019 a diminuição da acumulação de precipitação foi mais significativa, apesar de novembro ter apresentado uma maior quantidade de precipitação. Contrariamente aos anos anteriores, os meses de inverno do ano 2019/2020 caracterizaram-se por maior precipitação cumulativa que a NC, sendo que dezembro apresentou um acumulado de precipitação, aproximadamente, três vezes maior que NC, distinguindo-se, claramente, do ano anterior em dezembro e janeiro. No entanto, o mês de fevereiro do ano 2019/2020 apresentou valores muito inferiores ao normal. Na primavera, o ano de 2017/2018 apresentou valores de acumulação de precipitação maiores que a NC, destacando-se o mês de março, contrariamente ao ano seguinte, em que o mês de março se apresentou relativamente mais seco e o mês de abril um pouco mais chuvoso, enquanto o ano 2019/2020 se apresentou com valores parecidos entre os dois meses. No mês de maio observam-se grandes diferenças entre o ano 2018/2019 e a NC, sendo que todos os anos se apresentaram com menor precipitação acumulada. O verão de 2017/2018 apresentou-se bastante heterogéneo, sendo numa primeira fase chuvoso e numa segunda fase extremamente seco, enquanto o ano de 2018/2019, em termos de acumulação de precipitação foi semelhante à NC. Já o ano 2019/2020 apresentou-se muito seco no início, não chovendo em junho e aumentando o acumulado de precipitação mais para o fim da estação, alcançando o maior valor de precipitação em agosto dos três diferentes anos e da NC.

Relativamente à temperatura, o inverno de 2017/2018 obteve valores, relativamente semelhantes à NC, no entanto, o ano de 2018/2019 os valores foram mais variados, destacando-se o mês de dezembro com valores superiores e o mês de janeiro com valores inferiores. Já 2019/2020 apresentou valores de temperatura semelhantes a NC em janeiro e superiores aos restantes anos e à NC nos restantes meses. No

período da primavera, no ano de 2017/2018, apenas o mês de março se deslocou um pouco da NC, sendo mais frio, já no ano de 2018/2019 o mês de abril apresentou temperatura média um pouco mais baixa e o mês de maio um pouco mais alta. O ano 2019/2020 apresentou valores semelhantes a NC ao longo da primavera. O ano de 2017/2018, no verão caracterizou-se por um período inicial mais frio e um período final mais quente, enquanto o ano de 2018/2019 se manteve muito próximo da NC, no entanto, o ano 2019/2020 caracterizou-se por temperaturas maiores ao ano anterior, apresentando-se semelhante a NC, exceto no mês de julho, que apresenta uma temperatura média maior a NC e maior que qualquer outro ano, todavia, o ano 2017/2018 apresentou maiores valores nos restantes meses.

Apesar das diferenças observadas nas diversas estações do ano, no geral, comparando os somatórios das temperaturas de cada ano com a NC, o ano 2017/2018 e 2018/2019 caracterizaram-se por temperaturas semelhantes a NC, enquanto o ano 2019/2020 apresentou uma média de temperatura maior. Em relação à precipitação, os últimos dois anos vitícolas apresentaram-se mais secos, dando maior ênfase ao ano 2018/2019.

4.2. Evolução Fenológica

Através das tabelas 12 e 13 verifica-se que o ano 2020 se apresentou como o ano mais precoce em todos os estados fenológicos, excetuando no abrolhamento, mostrando que o desenvolvimento decorreu rapidamente, principalmente desde o vingamento até ao pintor, tendo depois repercussões na composição dos compostos. Isto deve-se a este ano se ter tratado de um ano com temperaturas mais altas.

Segundo o boletim da ADVID, o ano de 2018 apresentou-se atrasado em todas os estados, no entanto, as temperaturas elevadas durante a maturação da uva permitiram que houvesse uma pequena recuperação do ciclo fenológico em relação à média. O ano 2019 apresentou-se, em relação à média, ligeiramente avançado e o ano 2020 mais avançado que o ano anterior.

Verifica-se que, tal como era pretendido, a realização de CF atrasa, de facto, o desenvolvimento da videira e dos cachos.

Tabela 12. Data de Crop Forcing e datas de abrolhamento e floração para cada modalidade ao longo dos três anos de ensaio.

	Data de Crop Forcing			Abrolhamento			Floração		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018	2019	2020
CF0				10/abr	28/mar	10/abr	24/mai	18/mai	08/mai
CF1	07/jun	06/jun	02/jun	14/jun	16/jun	15/jun	16/jul	12/jul	09/jul
CF2	21/jun	25/jun	16/jun	05/jul	09/jul	30/jun	01/ago	25/jul	21/jul

Tabela 13. Datas de vingamento e Pintor e data de vindima para cada modalidade ao longo dos três anos de ensaio.

	Vingamento			Pintor			Vindima		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018	2019	2020
CF0	04/jun	22/mai	19/mai	06/ago	06/ago	17/jul	06/out	25/set	08/set
CF1		16/jul	14/jul		17/set	20/set		22/out	19/out
CF2	08/ago	06/ago	28/jul	02/out	01/out	06/out		05/nov	29/out

Verifica-se que o desenvolvimento das plantas se encontra separado no tempo por, cerca de, 2 meses, entre as plantas CF0 e CF1 e, no caso de CF2, estas encontram-se atrasadas cerca de 2 semanas, em relação a CF1. No entanto, verifica-se que a vindima ocorre com apenas 1 mês de diferença entre CF0 e CF1 e, cerca de, 2 semanas entre CF1 e CF2.

4.3. Peso da lenha de poda

A imagem 18, apresenta o peso da lenha da poda, em quilogramas, por videira. Segundo Smart e Robinson (1991), o valor ideal seria entre os 0,2-0,4 kg por videira, concluindo-se assim que a modalidade CF0 se encontra bastante acima do peso ideal, nos anos de 2018 e 2020, indicando valores de elevado vigor. No ano de 2018 é possível observar que as modalidades CF1 e CF2 não apresentaram diferenças estatísticas entre si, apresentando valores significativamente menores dos da modalidade CF0, exceto na modalidade R70. O ano de 2019 apresenta-se como um ano em que várias modalidades ficaram abaixo do valor ideal, com pouco vigor, e mais homogéneo que o ano anterior, sendo que as diferenças estatísticas surgem da modalidade R30CF0 em comparação com R0CF0 e R70CF2. A diferença que existe entre R0CF0 e R30CF0, poderá estar relacionada com o facto de a primeira não ser submetida a rega e, desta forma, apresentar um menor peso. Já no ano de 2020 apenas se verificam diferenças significativas entre as modalidades submetidas a CF (CF1 e CF2) em relação a CF0, não havendo diferenças significativas entre as diferentes irrigações.

Apesar de não haver diferenças estatísticas, graficamente, é possível observar que as videiras com maior disponibilidade hídrica, apresentam maior peso de lenha, em CF0. R30CF0 apresenta, em todos os anos, maior peso visto que se encontra numa zona do ensaio mais fértil, sendo que as modalidades irrigadas a 70% de

evapotranspiração se encontram numa zona mais pedregosa e esquelética. Martínez-Moreno *et al.* (2019) verifica também uma diminuição do peso da lenha nas videiras forçadas.

Peso de lenha à Poda por Modalidade por ano (kg)

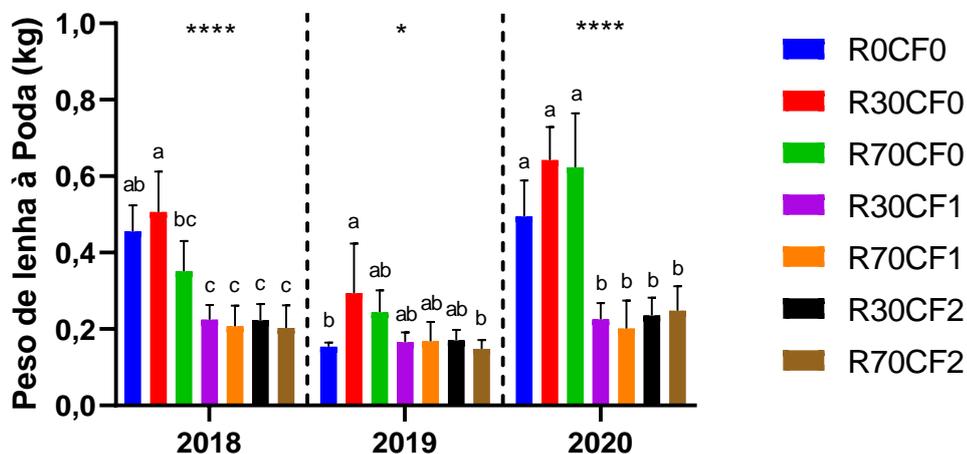


Figura 18. Peso de lenha da poda (kg) por videira nos anos do ensaio. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan ($p < 0.05$), no respetivo ano.

No gráfico da figura 19 apresenta-se a comparação entre os anos 2018, 2019 e 2020 para cada modalidade. O que se verifica é que o ano de 2019, no geral, apresentou valores significativamente mais baixos, que os restantes anos, na modalidade CF0. Isto poderá dever-se ao facto de ter existido ausência de água durante a fase de crescimento das videiras, pois 2019 se tratou de um ano relativamente seco, nessa altura.

Peso de lenha à Poda por Ano por Modalidade

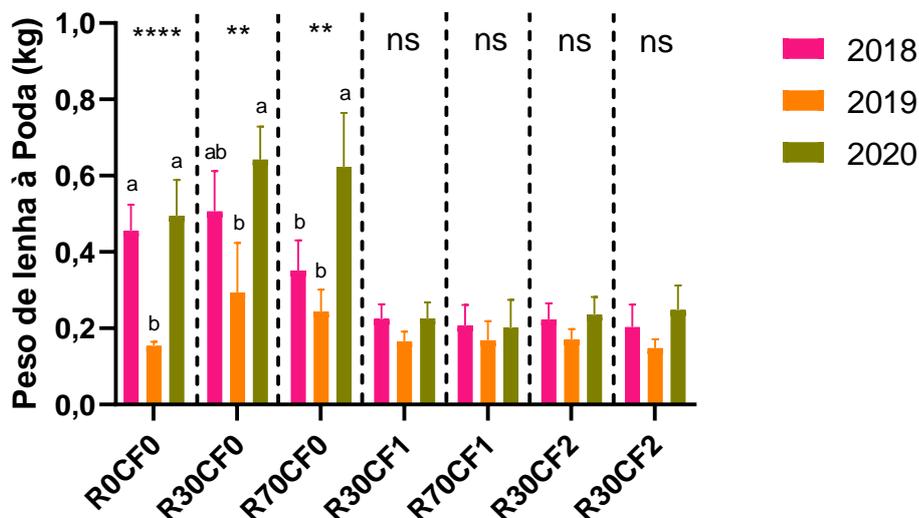


Figura 19. Peso de lenha de poda (kg) por modalidade e ano. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan ($p < 0.05$), na respetiva modalidade.

Aquando a realização da segunda poda, pesou-se novamente os sarmentos, obtendo-se o gráfico da figura 20, podendo-se observar que as diferenças estatísticas se situam entre a modalidade CF2 para ambas as modalidades de rega e R70CF1. Observa-se ainda, graficamente, que CF1 apresentou menor peso de sarmento. De facto, Gu *et al.* (2012) verificou o mesmo, quanto mais tarde se realiza CF, maior será o peso de lenha. Isto deverá prender-se ao facto de, na altura da segunda poda em CF2, 15 dias após a intervenção em CF1, estas plantas ainda estão a ter um elevado crescimento vegetativo.

Peso de Lenha ao Crop Forcing em 2020

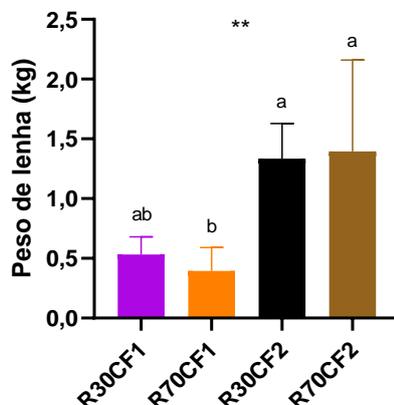


Figura 20. Peso de lenha aquando da realização do CF em 2020. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan ($p < 0.05$).

A partir da figura 21, é possível verificar que, em todos os anos, se observaram diferenças significativas em relação ao número de olhos das videiras submetidas a CF e não submetidas. Isto deve-se, ao facto, de aquando a realização de CF, não haver alteração do número de talões que abrolharam da poda de inverno e, tal como indicado por Gu *et al.* (2012), foram deixados 5 olhos por talão, somando aos olhos que abrolharam da poda de inverno. Ou seja, se da poda de inverno abrolharem os 2 olhos que são deixados, o CF será realizado nos 2 talões que resultaram desses 2 olhos da poda de inverno. Verifica-se, ainda, que no ano de 2019, nas videiras submetidas a CF1 foram deixados, à poda, mais olhos do que nas videiras submetidas a CF2, no entanto, o mesmo não acontece nos restantes anos.

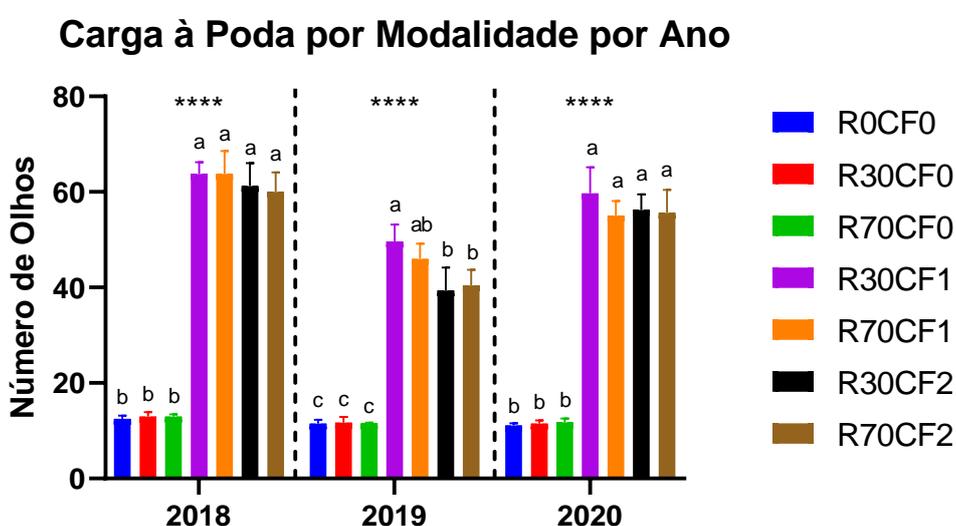


Figura 21. Carga à poda em CF0 e após realização da segunda poda em CF1 e CF2, dos anos 2018, 2019 e 2020. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan ($p < 0.05$), no respetivo ano.

Em relação às diferenças estatísticas entre cada ano, figura 22, verifica-se, que o ano em que se deixou maior número de olhos, foi o ano de 2018. O ano de 2019 apresentou menor número de olhos – que se observam principalmente nas modalidades CF1 e CF2 -, visto que, tal como explicado acima, são utilizados os mesmos pânpanos que abrolharam da poda de inverno e, neste caso, como houve menor número a abrolhar após a poda de inverno, menor foi o número de olhos deixado aquando o CF. Esta diminuição do número de olhos abrolhados da poda de inverno poderá estar relacionada com o facto de, durante o crescimento vegetativo da planta, não haver tanta disponibilidade de água, devido à pouca precipitação que se fez sentir neste ano, contrariamente aos restantes anos. Para as videiras CF0, verificou-se alguma heterogeneidade nos diferentes anos.

Carga à Poda por Ano por Modalidade

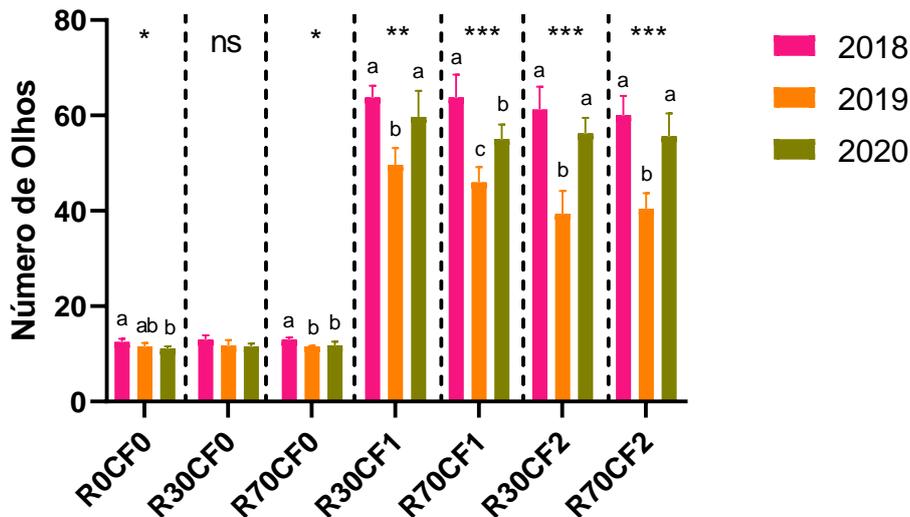


Figura 22. Carga à poda em CF0 e após a realização da segunda poda em CF1 e CF2, por ano. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan ($p < 0.05$), na respetiva modalidade.

A partir da figura 23, é possível verificar que no ano 2018 se observaram diferenças significativas entre as videiras submetidas e não submetidas a CF, tendo em conta o número de pâmpanos que se desenvolveram, sendo que as videiras em que se procedeu à segunda poda apresentaram um maior número de pâmpanos, algo esperado pois foram deixados mais olhos na segunda poda. O mesmo aconteceu no ano 2019, à exceção da modalidade R30CF1, mostrando que poucos foram os olhos que abrolharam, em relação às videiras submetidas a CF, principalmente às videiras submetidas no mesmo dia a CF (R70CF1), tal, poderá dever-se ao facto de em 2019 se ter iniciado a rega antes do registo destes dados, sendo que a rega foi iniciada dia 29 de maio e o registo dos dados de fertilidade se realizou no dia 23 de julho e, como tal, esta diferença entre R30 e R70 já poderá estar relacionada com a aplicação de rega. Verificou-se ainda que as videiras CF2 apresentaram menor número de pâmpanos do que a R70CF1, estando em conformidade com o número de olhos deixados aquando do CF. Já no ano de 2020, observaram-se mais uma vez diferenças significativas entre as videiras submetidas a CF e as CF0, além de se observar diferenças entre R30CF1 e R70CF2. É possível ainda verificar que, nas videiras submetidas a CF com irrigação a 30% de evapotranspiração, se obteve maior número de pâmpanos.

Número de Pâmpaos por videira por Modalidade por Ano

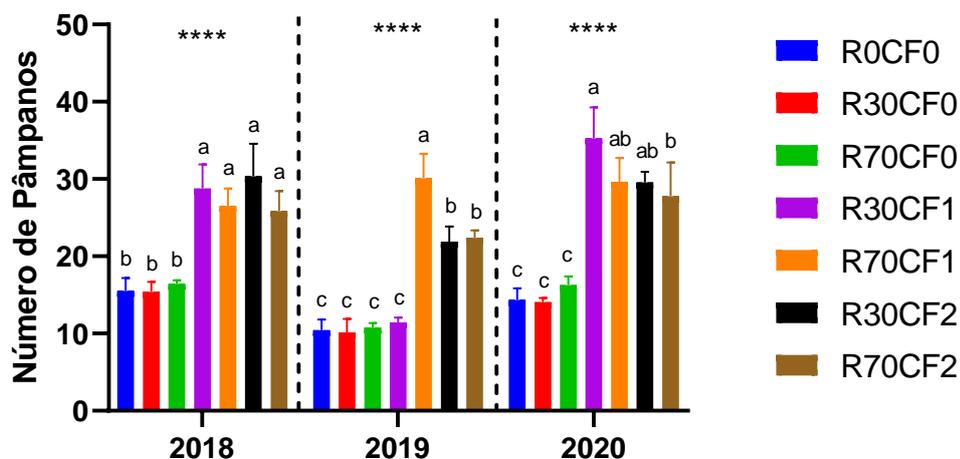


Figura 23. Número de pâmpaos (olhos abrolhados) em CF0 e após a realização da segunda poda em CF1 e CF2, dos anos 2018, 2019 e 2020. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan ($p < 0.05$), no respetivo ano.

No gráfico da figura 24, observa-se que 2019 foi, no geral, um ano com significativo menor número médio de pâmpaos, à exceção da modalidade R70CF1. Enquanto entre os anos de 2018 e 2020, não se observaram diferenças significativas, exceto em R30CF1, que foi bastante variável ao longo dos anos.

Número de Pâmpaos por videira por Ano por Modalidade

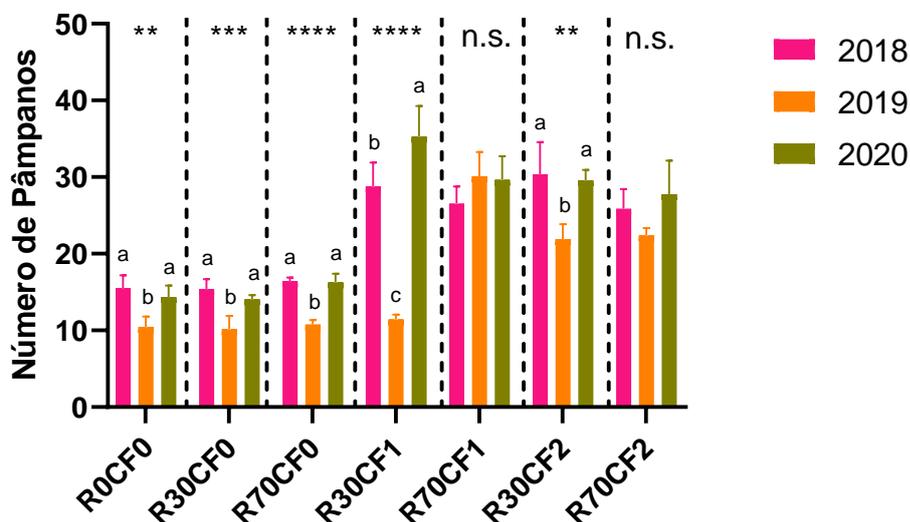


Figura 24. Número de pâmpaos (olhos abrolhados) em CF0 e após a realização da segunda poda em CF1 e CF2, nos anos 2018, 2019 e 2020. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan ($p < 0.05$), na respetiva modalidade.

Em relação ao número de inflorescências verifica-se, a partir da figura 25, que em 2018, não se observaram diferenças significativas, contrariamente aos anos 2019 e

2020, talvez por se tratar do primeiro ano. No entanto, graficamente, em todos os anos, verifica-se uma ligeira diminuição nas videiras sujeitas a CF, isto poderá ser efeito, tal como Martínez-Moreno *et al.* (2019) observou, das diferentes temperaturas aquando o abrolhamento dos pâmpanos, sendo que quanto mais baixa a temperatura nesta fase, maior será o número de inflorescências. De facto, verifica-se que as temperaturas se encontravam mais altas nas videiras sujeitas a CF, podendo, desta forma, influenciar este número. No entanto, tal só se verificou nas videiras CF1, em 2019, sendo que as videiras CF2 foram as que tiveram temperaturas mais altas aquando esta fase e, apresentam semelhanças a CF0 e um número de inflorescências, em média, superior a CF1. Contudo, é possível sugerir que a paradormência é mais acentuada em CF1, podendo, desta forma, inibir o desenvolvimento destas inflorescências (Martínez-Moreno *et al.*, 2019). É possível observar que quer em 2019 como em 2020 a modalidade que apresentou maior número significativo de inflorescências foi a R30CF0, diferenciando-se significativamente das modalidades R30CF1, R70CF1 e R70CF2 em ambos os anos.

Número de Inflorescências por Videira por Modalidade por Ano

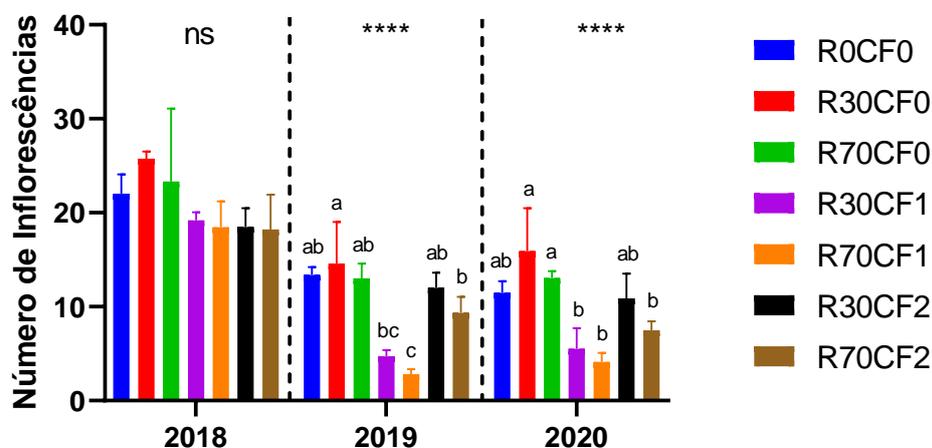


Figura 25. Número de inflorescências, nos anos 2018, 2019 e 2020. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan ($p < 0.05$), no respetivo ano.

A partir do gráfico da imagem 26, é possível ainda concluir que o ano de 2018, por se tratar do primeiro ano, distinguiu-se dos seguintes anos, sendo o ano que apresentou maior número significativo de inflorescências, talvez devido ao facto de ter sido o ano que apresentou menores temperaturas e maior precipitação na fase de abrolhamento. Os dois anos posteriores apresentaram números semelhantes, sem diferenças estatisticamente significativas.

Número de Inflorescências por Videira por Ano por Modalidade

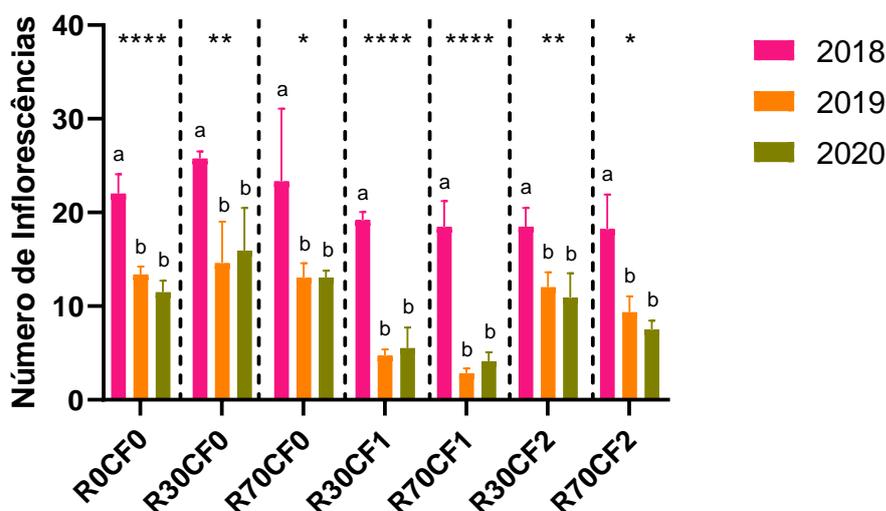


Figura 26. Número de inflorescências, entre os três anos. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan ($p < 0.05$), na respetiva modalidade.

O cálculo da Taxa de Abrolhamento é realizado, como explicado na secção 'Materiais e Métodos', a partir da razão entre o número de olhos abrolhados (número de pâmpanos) e o número de olhos deixados à poda. Esta percentagem deverá situar-se entre os 85 e os 95%, para que a planta seja considerada equilibrada, devendo ainda ocorrer um pequeno número de ladrões (Fonseca, 2010).

Nos três anos, observa-se uma taxa de abrolhamento significativamente maior nas modalidades sem CF (Figura 27) estando em conformidade com os gráficos do número de olhos deixado à poda e o número de pâmpanos. Sendo que, no presente ano, 2020, houve diferenças significativas entre as modalidades CF0 com rega a 30% e a 70% de evapotranspiração, observando-se uma maior taxa nas videiras R70CF0. Salienta-se, ainda, que a percentagem de abrolhamento em 2020 para CF0 se situou muito acima do ideal mostrando que as videiras não se encontravam em equilíbrio vegetativo.

Nas restantes modalidades, no mesmo período, não se observaram diferenças significativas. Verifica-se que a realização de CF baixa a taxa de abrolhamento, visto que dos 5 olhos que são deixados aquando a segunda poda, apenas se verificava o abrolhamento de 2 ou 3 olhos situados na zona mais apical da vara, o que está relacionado com o fenómeno de acrotonia, isto é, na videira verificou-se o abrolhamento prioritário dos gomos situados na extremidade dos pâmpanos (Figura 28).

Já em CF0 verifica-se que a percentagem de abrolhamento é, em média, superior a 100%.

Taxa de Abrolhamento por Modalidade por Ano

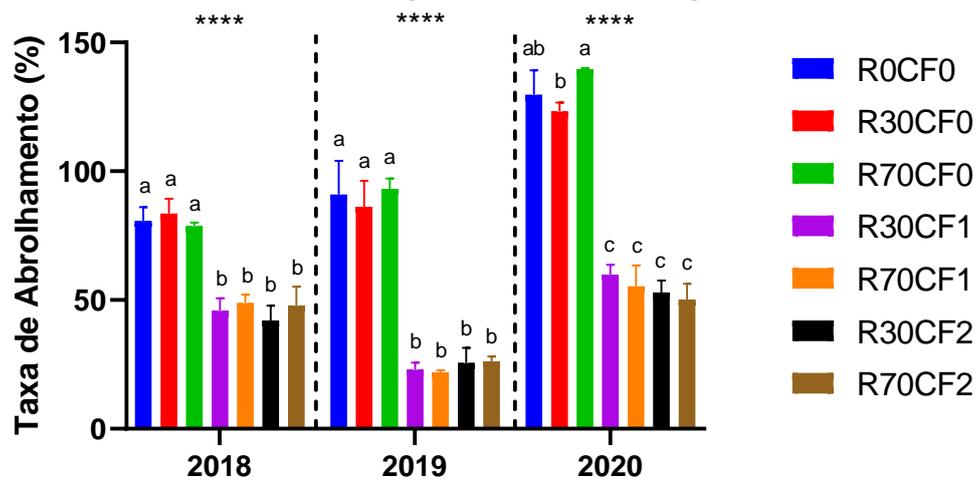


Figura 27. Taxa de abrolhamento (%), dos anos 2018, 2019 e 2020. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan ($p < 0.05$), no respetivo ano.



Figura 28. Evidente acrotonia em videiras submetidas a CF. (Quinta do Ataíde (11 de agosto de 2020)).

Através do gráfico da figura 29 observa-se um aumento significativo da taxa de abrolhamento, no ano de 2020, à exceção das modalidades nas quais ocorreu CF, com irrigação a 70% de evapotranspiração (R70CF1 e R70CF2), que apresentam valores semelhantes a 2018. No entanto, em R30CF1 e R30CF2, no ano de 2019, observou-se uma taxa significativamente menor. A mesmo aconteceu, em 2018, em R70CF0. Conclui-se ainda que o ano de 2019 apresentou valores significativamente mais baixos nas videiras submetidas a segunda poda, em relação aos restantes anos. Isto, poderá

dever-se ao facto de 2019 se ter tratado de um ano com um inverno e primavera relativamente secos, podendo, desta forma, alterar o número de olhos abrolhados e, conseqüente, a taxa de abrolhamento.

Taxa de Abrolhamento por Ano por Modalidade

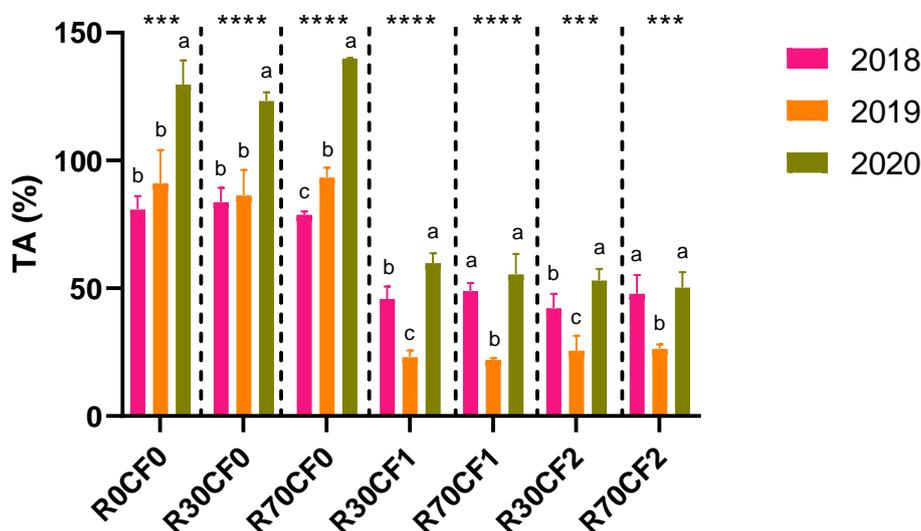


Figura 29. Taxa de abrolhamento (%), nos anos 2018, 2019 e 2020. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan ($p < 0.05$), na respetiva modalidade.

Acerca do índice de fertilidade potencial (IFP), que relaciona o número de inflorescências com o número de pâmpanos, o gráfico da figura 30 indica que todos os anos apresentaram um IFP significativamente maior nas modalidades onde não ocorreu CF. No entanto, a modalidade R30CF0 apresentou um índice significativamente mais elevado que as restantes modalidades CF0. Seria esperado que R70 apresentasse maior IFP, no entanto, isto dever-se-á ao facto das videiras R30CF0 se encontrarem numa zona da parcela com um solo mais fértil, menos pedregoso e esquelético, do que as outras modalidades. Já as diferenças entre R30 e R0 poderão estar relacionadas com a rega. Verifica-se que o número de inflorescências nas videiras onde ocorre CF, em relação ao número de olhos abrolhados é bastante inferior, concluindo que a realização de CF diminui o IFP. No entanto, tal como Toda *et al.* (2019) verificou, apesar de não haverem diferenças significativas entre CF1 e CF2, observa-se que CF2 apresenta maior IFP que CF1, ou seja, quanto mais tarde se realiza a segunda poda, maior será o IFP. Este valor está em concordância com o observado em termos de inflorescências formadas.

Índice de Fertilidade Potencial por Modalidade por Ano

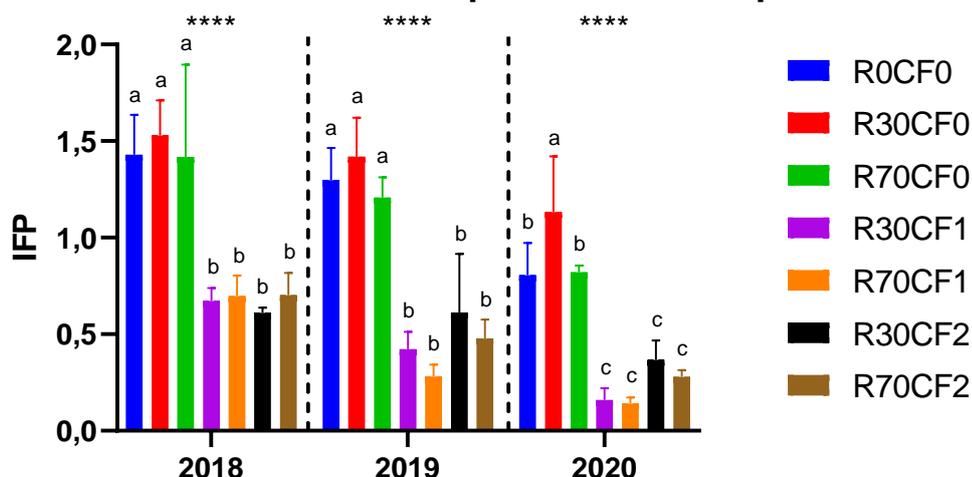


Figura 30. Índice de fertilidade potencial, nos anos 2018, 2019 e 2020. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan ($p < 0.05$), no respectivo ano.

Comparando o mesmo índice entre os diferentes anos (Figura 31), observa-se que as modalidades R30CF0 e R30CF2 não apresentaram diferenças significativas entre anos. No entanto, as restantes modalidades, à exceção de R0CF0 e R70CF0, R30CF1, R70CF1 e R70CF2 obtiveram valores significativamente mais elevados no primeiro ano, 2018, comparando com o presente ano de estudo.

Índice de Fertilidade Potencial por Ano por Modalidade

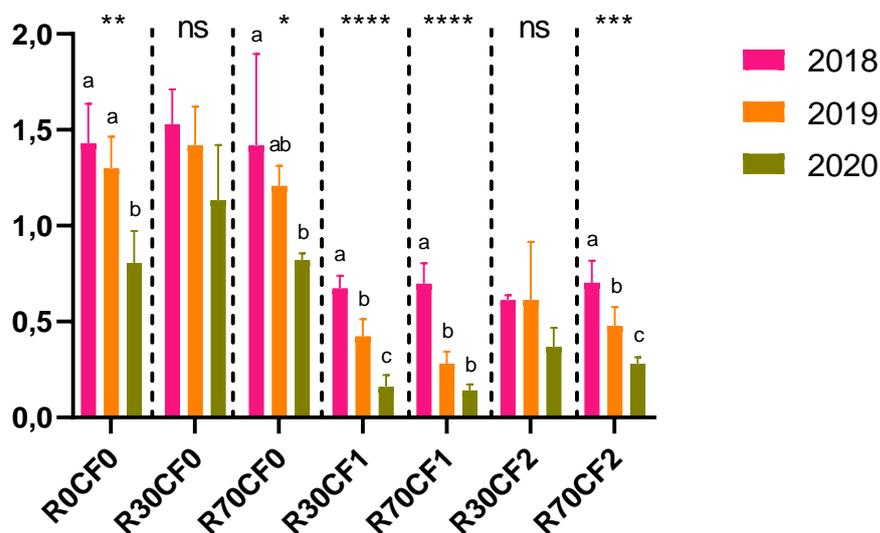


Figura 31. Índice de fertilidade potencial, nos anos 2018, 2019 e 2020. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan ($p < 0.05$), na respectiva modalidade.

A intensidade da luz e a duração da exposição dos gomos à radiação solar são fatores importantes quer para a fertilidade, quer para o abrolhamento (Smart *et al.*, 1982). Analisando os valores obtidos do abrolhamento, bem como da fertilidade observa-se um padrão, salientado no ano de 2020, em que se observou uma taxa de abrolhamento superior aos restantes anos, traduzindo-se, depois, num menor índice de fertilidade devido, talvez, às sebes se encontrarem muito densas e formarem microclima luminoso mais desfavorável, prejudicando a formação de primórdios florais, a sua iniciação e diferenciação. Além disso, a temperatura e a precipitação também poderão ter influenciado esta diferença entre os três anos, visto que quando as plantas se encontravam na fase do abrolhamento até à floração, as temperaturas do primeiro ano se encontravam muito mais baixas e os valores de precipitação mais elevados, que os anos seguintes.

4.4. Área Foliar

Segundo Carbonneau (1976) as videiras normalmente alcançam a área foliar unitária máxima aos 55 a 60 dias após a floração. Quando atingem o estado fenológico do pintor a atividade vegetativa cessa, a parte apical seca provocando interrupção do crescimento do sarmento e há paragem da expansão foliar.

Em geral, a modalidade que apresenta uma maior área foliar é R30CF1, seguido de R70CF1, no ano de 2020. Na figura 32, apresentam-se os valores médios da área foliar principal para cada modalidade. Observam-se diferenças significativas apenas no dia 7 de setembro, em que R30CF1 apresenta maior área, em relação às modalidades CF0, isto acontece devido aos diferentes estados fenológicos em que se encontram as diferentes modalidades, sendo que as videiras submetidas a CF ainda não se encontravam em Pintor, ou seja, as folhas principais ainda se encontravam em crescimento. No entanto, em geral, as videiras submetidas a CF apresentam maiores áreas, por apresentarem um maior número de pâmpanos abrolhados.

Área Foliar Principal por Modalidade em 2020

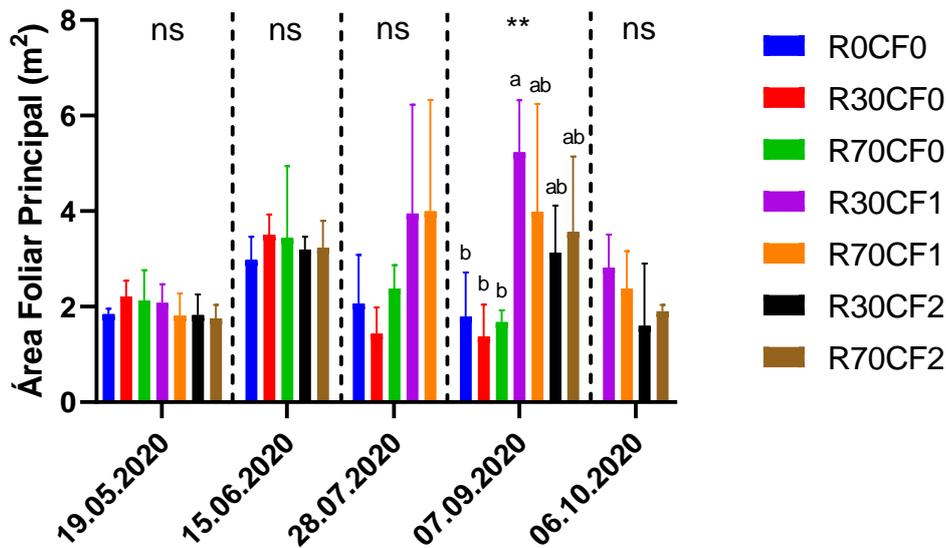


Figura 32. Área foliar principal em 2020 (m² por videira). Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan ($p < 0.05$), no respetivo dia.

Ao longo do ciclo verificou-se que, em todas as modalidades CF0, a área foliar principal das videiras analisadas, aumentou da primeira para a segunda observação, dado que as videiras se encontravam em desenvolvimento vegetativo, verificando-se posteriormente uma diminuição ao longo da fase final do ciclo, - sendo as duas últimas medições nas fases pintor e maturação -, quer devido à paragem do crescimento, quer à senescência, quer à queda das folhas, provocada pelo stress hídrico. O mesmo acontece nas videiras submetidas a CF, no entanto, observa-se uma maior quebra nestas videiras, que nas anteriores, pois, no final do seu ciclo, foram severamente atacadas por cigarrinha verde (*Empoasca vitis*). Seria, ainda, expectável que as videiras com menor irrigação tivessem uma maior quebra da área foliar em relação às videiras com maior irrigação, por queda e senescência das folhas, mas tal não se observou, talvez devido, ao facto das videiras situadas na zona irrigada a R30 mais fértil, permitindo uma maior absorção de água, no caso das videiras sujeitas a CF 15 dias após o vingamento. No entanto, nas videiras não forçadas, não se observa diferenças estatísticas entre modalidades.

No caso da área foliar das netas (Figura 33), observaram-se diferenças significativas no dia 15 de junho, no entanto, tal poder-se-á ser devido a erro experimental, visto que se verifica uma diminuição da área das netas de maio para junho e, de junho para julho, a área volta a aumentar encontrando-se semelhante à medição de maio e, também de setembro. Após a medição de junho, não se verificaram diferenças estatisticamente significativas entre as diferentes modalidades.

Área Foliar Netas por Modalidade em 2020

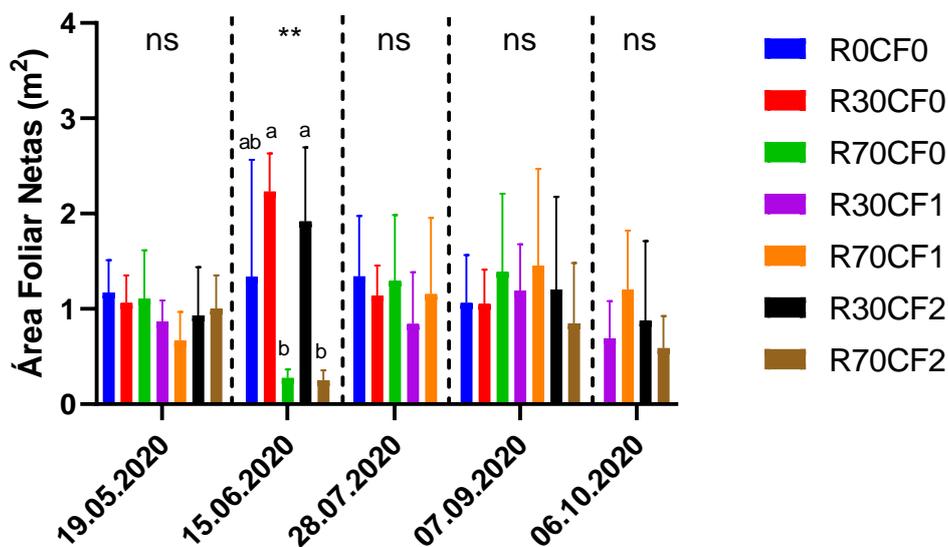


Figura 33. Área foliar secundária (m^2 por videira) em 2020. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan ($p < 0.05$), no respetivo dia.

Excetuando o mês de junho, a área foliar secundária apresentou-se sempre estável, isto deve-se, provavelmente, ao facto de a videira se autorregular emitindo netas, visto que, na fase final do ciclo, as netas são extremamente importantes, pois tratam-se de uma fonte mais importante de fotoassimilados, quer pela maturação dos bagos, quer pela acumulação de reservas para o ano seguinte.

A área foliar total (Figura 34) é a soma das áreas principal e secundária/netas e por isso apresenta uma distribuição semelhante ao observado nos gráficos anteriores com o erro associado ao mês de junho. A modalidade que apresentou uma área foliar total maior foi R30CF1, registando aproximadamente $4,41 m^2$ por videira. Desta maneira, seria de esperar que a disponibilidade de água alterasse a área foliar total, aumentando a rega, aumentaria a área foliar, no entanto, tal não se verificou, havendo uma tendência para que a modalidade R0 tivesse, em geral, um valor ligeiramente superior quando comparado com R30CF0. Verifica-se ainda que nas modalidades em que ocorreu CF não se observaram diferenças significativas, mesmo com diferentes dotações de rega. Esta indiferenciação, entre dotações, poderá estar relacionada com o ataque de cigarrinha verde ocorrido, e, ao facto das videiras localizadas nas parcelas R70 apresentarem um solo menos fértil, não permitindo o mesmo desenvolvimento das diferentes videiras.

Área Foliar Total por Modalidade em 2020

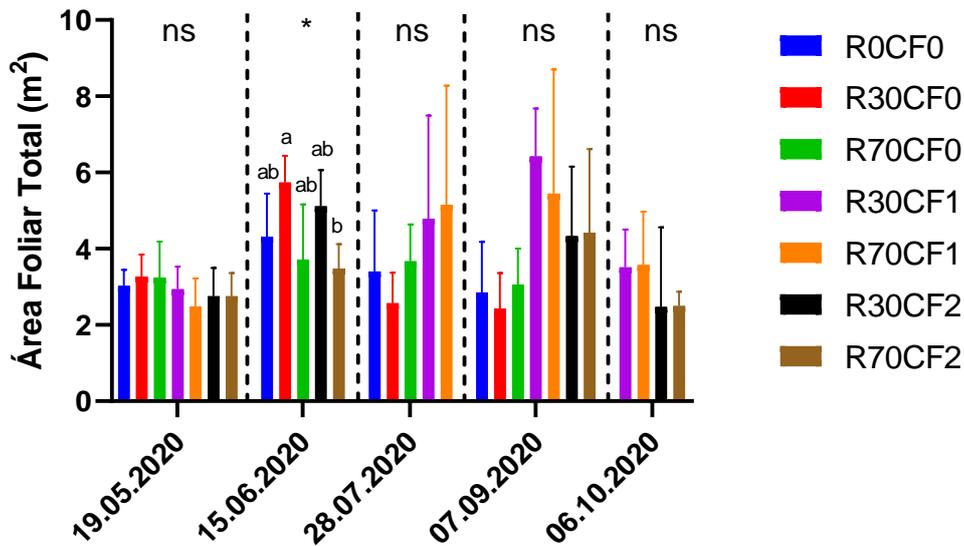


Figura 34. Área foliar total (m^2 por videira) em 2020. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan ($p < 0.05$), no respectivo dia.

Observa-se, ainda, na figura 34, um aumento da área da primeira para a segunda medição, havendo de seguida uma redução desta para a terceira e nas seguintes medições, tal como relatado anteriormente. Além disso, entre 7 de setembro e 6 de outubro, observa-se uma diminuição das folhas de CF1 e CF2, não só devido à cigarrinha como, à senescência, mas poderá estar relacionado com uma passagem da máquina de vindima não programada e que destruiu alguns pâmpanos e retirou algumas folhas.

Concluindo, verifica-se que, no geral, as videiras submetidas a CF, apresentaram maior área foliar principal, sendo que, a partir das fotos da figura 35, observa-se que as folhas das plantas submetidas a CF são visualmente mais pequenas, no entanto, como apresenta maior número de folhas – por apresentar maior número de pâmpanos -, a área foliar da planta torna-se superior, permitindo maior captação de luz e, assim, maior número de nutrientes provenientes da fotossíntese. Apesar de não haver diferenças estatísticas nos diferentes meses (após a realização de CF), observa-se que, entre as videiras CF1 e CF2, quanto mais tarde se realiza o CF, menor será a área foliar da planta. Tal, também se verificou em Toda *et al.* (2019), apesar deste apresentar menor ou igual área foliar total das plantas forçadas em relação às não forçadas, no entanto, este só deixou dois olhos aquando do CF, podendo isto influenciar a área foliar.



Figura 35. Diferença entre videiras não submetidas e submetidas a CF. À esquerda, bardo de videiras não submetidas a CF. Foto tirada na Quinta do Ataíde (11 de agosto de 2020). À direita, bardo de videiras submetidas a CF. Foto tirada na Quinta do Ataíde (24 de agosto de 2020).

Aquando da segunda poda, realizou-se a medição da área foliar no equipamento Li-Cor. Como é possível observar através da figura 36, o método Lopes & Pinto (2005), tratando-se de um método simples e não destrutivo, não apresentou diferenças significativas para as determinações realizadas com recurso ao equipamento, Li-Cor. Estes resultados permitiram validar, mais uma vez, o método de Lopes & Pinto (2005). A medição da área foliar em CF1 realizou-se a 2 de junho e em CF2 no dia 16 de junho.

Diferença entre medição da Área Foliar no equipamento LI-COR e pelo método Lopes & Pinto (2005)

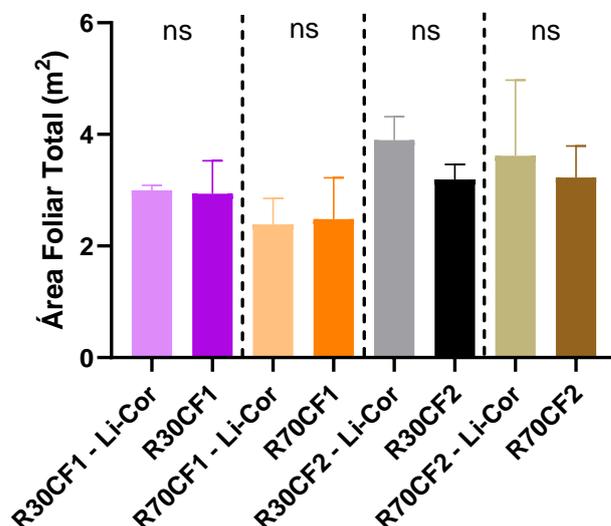


Figura 36. Área foliar Total (m² por videira) no Li-Cor e pelo método Lopes & Pinto (2005), para as diferentes modalidades. A análise estatística foi realizada através do teste T-student.

Na figura 37 está representada a área foliar total aquando a vindima de cada uma das modalidades para os diferentes anos. Relativamente ao ano 2018 não se apresentam resultados em relação às videiras submetidas a CF (CF1 e CF2), por ataque de míldio e animais, não sendo possível tirar conclusões acerca do mesmo, sendo que

as restantes modalidades não apresentaram diferenças estatisticamente significativas. O ano de 2019 apresentou diferenças entre as modalidades R0CF0 e R70CF1, porém, neste ano observou-se aquilo que seria esperado – a modalidade com menos rega, apresentou menor área foliar, por queda ou senescência da folha. No entanto, entre as restantes dotações não se observaram diferenças. Graficamente, é ainda possível observar que a área foliar de R30CF1 foi relativamente mais baixa que as restantes videiras submetidas a CF, em 2019, possivelmente, devido a esta ser influenciada pelo número de pâmpanos. Uma vez que no ano 2019 se verificou que o número de pâmpanos ou olhos abrolhados era menor, e, sendo que este influencia o número de folhas nas videiras – terá menos folhas -, o mesmo irá ter repercussões na área foliar. Já quando se observa o ano de 2020, não se verificaram diferenças estatísticas comparando as diferentes modalidades.

Área Foliar Total por Modalidade por Ano à vindima

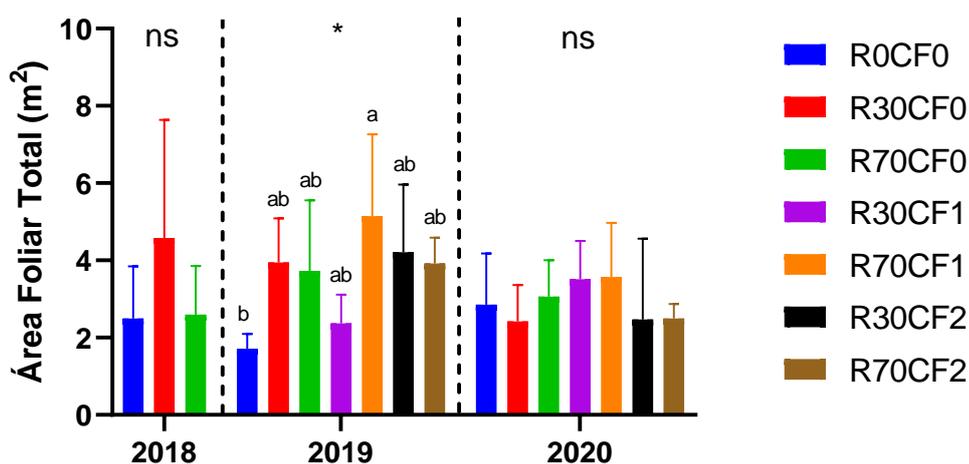


Figura 37. Área foliar total à data de vindima ($m^2/videira$), dos anos 2018, 2019, 2020. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan ($p < 0.05$), no respetivo ano.

Em relação aos diferentes anos (Figura 38), não se observaram diferenças significativas. No entanto, é possível observar que o ano 2020 apresenta menor área foliar na maior parte das modalidades, podendo isto ser explicado devido ao stress hídrico durante o crescimento vegetativo da planta, sendo esta diferença mais notória em videiras onde se realizou CF. De facto, o ano 2020 apresentou-se mais seco nos meses em que as videiras se apresentavam no estado vingamento até ao pintor, não havendo tanta disponibilidade de água no solo. Além disso, verificou-se um ataque de cigarrinha verde e a passagem da máquina de vindima, que poderão ter condicionado a área foliar à vindima do ano 2020, nas videiras sujeitas a CF (Figuras 39 e 40).

Área Foliar Total por Ano por Modalidade à vindima

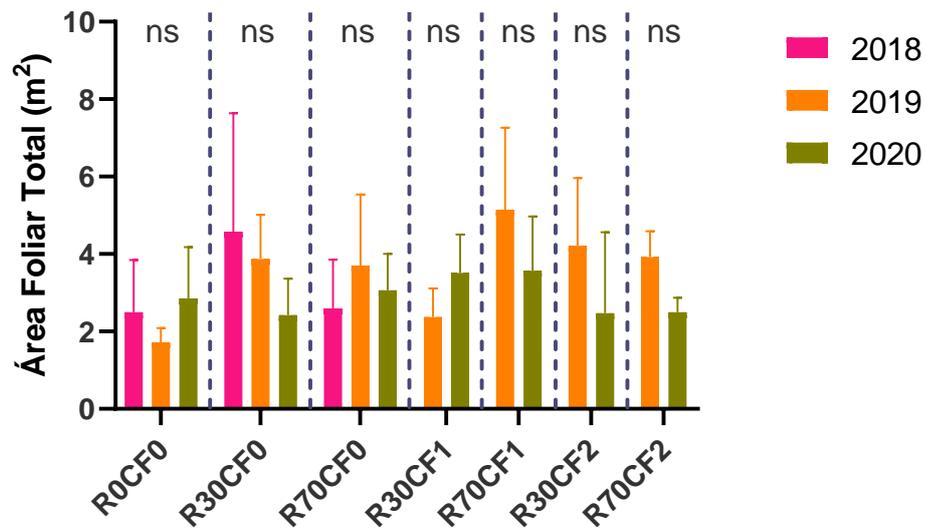


Figura 38. Área foliar total à data de vindima (m^2 /videira), entre os três anos. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan ($p < 0.05$), na respetiva modalidade.



Figura 39. Aparência dos sintomas provocados por ataque de cigarrinha verde (*Empoasca vitis*) representado nas duas fotografias em videiras não submetidas a CF e submetidas a CF, respetivamente. Sintomas comuns de descloração dos bordos delimitado pelas nervuras, progredindo para o interior do limbo e adquirindo uma coloração avermelhada. (Quinta do Ataíde (7 de setembro de 2020 e 22 de setembro de 2020, respetivamente)).



Figura 40. Destruição causada pela passagem da máquina de vindima nas videiras em que se realizou CF. (Quinta do Ataíde (22 de setembro de 2020)).

4.5. Superfície Foliar Exposta

A superfície foliar exposta depende das práticas culturais realizadas, assim como da região e casta em questão. Smart and Robinson (1991) determinam a Superfície Foliar Exposta (SFE) como 21 000 m²/ha para um coberto ideal. Contudo em Portugal, a maioria dos trabalhos realizados referem que os valores obtidos em monoplano vertical ascendente são inferiores aos referidos por estes autores. Para outros autores os valores de SFE preconizados como ideais foram para Castro *et al.* (2005) valores superiores a 10 000 m²/ha. Noutro estudo, para a região do Douro em Touriga Nacional, os valores de Superfície Foliar Exposta rondaram, em média 15 000 m² (Queiroz, 2002).

Verifica-se que os valores registados neste ensaio, estão dentro da média que Queiroz (2002) referiu, na modalidade CF0, não apresentando diferenças significativas entre as diversas irrigações (Figura 41). No entanto, observam-se diferenças estatísticas entre CF0 e as modalidades submetidas a CF, em ambas as datas (11 de agosto e 7 de setembro), algo que seria de esperar visto que as videiras não tiveram o mesmo tempo de desenvolvimento vegetativo. As plantas submetidas a CF resultaram em pâmpanos de menor tamanho, talvez devido ao facto de resultarem de olhos que não atingiram a dormência, além disto, haverá também menor coberto vegetal devido à acrotonia verificada nestas plantas.

Não se verificam diferenças entre CF realizado a 15 ou a 30 dias após o vingamento.

Graficamente, é possível observar que a superfície foliar exposta não apresentou uma diminuição expressiva, permitindo, assim, que a maturação ocorra devidamente.

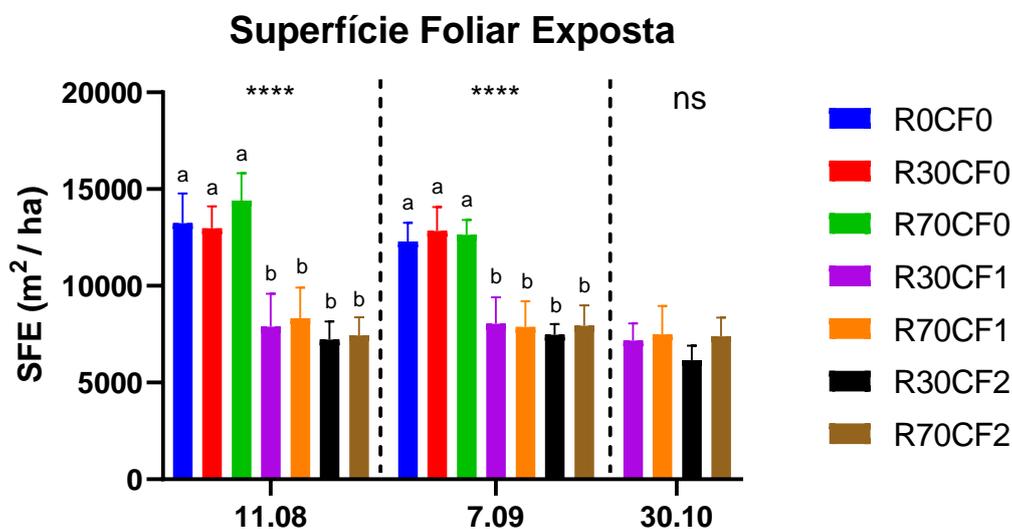


Figura 41. Superfície foliar exposta (m^2 / ha) em 2020. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan ($p < 0.05$), no respetivo dia.

4.6. Potencial Hídrico

A medição do potencial hídrico de base permite aferir a condição hídrica das plantas antes de se iniciar a rega e também o impacto da rega na própria condição. Ao longo do ensaio foram realizadas doze medições, sendo que a rega só se iniciou após a 3ª medição, quando se considerou que as plantas já estavam a sofrer stress moderado.

A partir das tabelas 14 e 15, verifica-se que os valores são similares nas primeiras medições, não apresentando diferenças entre si. No dia 14 de julho, verificou-se o esperado, a modalidade R0CF0 com diferenças significativas em relação a R70CF0, no entanto, na medição seguinte o mesmo não se verificou, apesar de se observar uma ligeira diferença da modalidade R0 para as restantes. É a partir do dia 11 de agosto que começam a surgir as diferenças entre as modalidades, sendo que a partir dessa data também foi possível a medição de CF1. Assim, constata-se que as videiras CF1 não apresentam um stress tão acentuado como as CF0, pois são mais jovens e terão uma menor taxa de transpiração. Tal como se esperava, R0CF0 volta a ser a modalidade que apresenta maior stress. No dia 24 de agosto, observa-se, mais uma vez o expectável, R0 a apresentar, isoladamente, diferenças estatísticas em relação às restantes modalidades. Além disso, as modalidades R30 apresentam valores indicativos

de maior stress hídrico que R70. Dia 8 de setembro, data de vindima de CF0, verifica-se, mais uma vez, R0 com maior stress hídrico, do que as restantes modalidades, que se mostraram muito homogéneas, havendo apenas uma diferença estatística entre R70CF0 e R70CF2. No dia 6 de outubro registaram-se diferenças significativas entre as dois modalidades com irrigação a 30% de evapotranspiração e, no último dia, verificou-se um maior stress hídrico em R30CF1, estando as restantes com valores semelhantes em termos estatísticos.

Tabela 14. Potencial hídrico de base (MPa) (de 2 de junho a 28 de julho). Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan ($p < 0.05$), no respetivo dia.

	02/jun	16/jun	22/jun	30/jun	14/jul	28/jul
R0CF0	-0,05 ± 0,03	-0,26 ± 0,02	-0,40 ± 0,05	-0,50 ± 0,13	-0,71 ± 0,11 a	-0,79 ± 0,18
R30CF0	-0,06 ± 0,03	-0,28 ± 0,01	-0,41 ± 0,06	-0,44 ± 0,07	-0,56 ± 0,09 ab	-0,63 ± 0,10
R70CF0	-0,08 ± 0,06	-0,29 ± 0,04	-0,39 ± 0,05	-0,41 ± 0,05	-0,43 ± 0,16 b	-0,63 ± 0,11
R30CF1	-0,09 ± 0,05	a)	a)	a)	a)	a)
R70CF1	-0,06 ± 0,04	a)	a)	a)	a)	a)
R30CF2	-0,05 ± 0,04	a)	a)	a)	a)	a)
R70CF2	-0,08 ± 0,05	a)	a)	a)	a)	a)
Sig.¹	ns	ns	ns	ns	*	ns

¹ Significância do teste Análise de Variância das Médias (ANOVA), $p < 0,05$, para cada dia. a) Não se realizaram medições nas modalidades CF por não existirem folhas ou estas não terem dimensão suficiente.

Tabela 15. Potencial hídrico de base (MPa) (de 11 de agosto a 19 de outubro). Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan ($p < 0.05$), no respetivo dia.

	11/ago	24/ago	08/set	22/set	06/out	19/out
R0CF0	-1,14 ± 0,15 a	-0,91 ± 0,19 a	-1,15 ± 0,10 a	b)	b)	b)
R30CF0	-0,86 ± 0,17 ab	-0,55 ± 0,03 b	-0,95 ± 0,03 b	b)	b)	b)
R70CF0	-0,93 ± 0,13 ab	-0,33 ± 0,05 c	-0,87 ± 0,12 bc	b)	b)	b)
R30CF1	-0,65 ± 0,11 b	-0,58 ± 0,02 b	-0,83 ± 0,05 bc	-0,44 ± 0,06	-0,74 ± 0,02 a	-0,79 ± 0,06 a
R70CF1	-0,69 ± 0,09 b	-0,46 ± 0,03 bc	-0,81 ± 0,06 bc	-0,42 ± 0,07	-0,66 ± 0,01 ab	-0,68 ± 0,05 b
R30CF2	a)	-0,56 ± 0,02 b	-0,78 ± 0,11 bc	-0,42 ± 0,07	-0,63 ± 0,06 b	-0,60 ± 0,04 b
R70CF2	a)	-0,49 ± 0,04 bc	-0,72 ± 0,03 c	-0,45 ± 0,04	-0,69 ± 0,05 ab	-0,62 ± 0,02 b
Sig.¹	***	****	****	ns	*	***

¹ Significância do teste Análise de Variância das Médias (ANOVA), $p < 0,05$, para cada dia. a) Não se realizaram medições nas modalidades CF2 por as folhas não terem dimensão suficiente. b) Não se realizaram medições nas modalidades CF0 por já se ter realizado a vindima.

Denota-se que os valores médios dos potenciais hídricos são menos negativos nas modalidades submetidas a CF.

Ao longo do tempo, verifica-se que em todas as modalidades existe uma diminuição do potencial hídrico, sendo que, a partir de dia 30 de junho se verifica um stress hídrico severo a moderado na modalidade não regada – segundo Van Leeuwen *et al.* (2009) -, mantendo-se sempre em maior stress que as restantes. Observa-se ainda

que as distinções entre as diferentes dotações de rega se evidenciaram mais a partir do dia 30 de junho, tendo sido a rega iniciada no dia 24 de junho.

Estes resultados poderão estar relacionados com o tempo muito seco e quente que se faz sentir no Douro Superior e, onde se concluiu que a rega é essencial, ao longo do ciclo da videira, para suprir as necessidades da planta. Conclui-se ainda que em casos de temperaturas extremamente altas e clima muito seco, a realização de CF será uma mais valia, face, mais uma vez, às necessidades da planta, visto o stress hídrico ser menos expressivo.

Para uma avaliação mais correta, de forma a perceber se a realização de CF altera os valores do Potencial Hídrico de Base, e, posteriormente o comportamento da planta, compararam-se os dados obtidos entre estados fenológicos e o mesmo se fez para o ano de 2019, sendo apenas possível a comparação a partir do estado fenológico Fecho do Cacho, dado que se trata do estado fenológico correspondente à primeira medição das videiras submetidas a CF. Desta forma, excluiu-se o ano de 2018, pois não foi possível avaliar a modalidade CF1 a partir desse estado fenológico e a modalidade para a CF2, só se fez uma medição no estado fenológico Pintor.

A partir da tabela 16, em relação ao estado fenológico Fecho do Cacho, é possível observar que, nos dois anos, os valores mais negativos, portanto, com maior stress hídrico se situam na modalidade CF2, enquanto os mais altos em CF0, existindo diferenças significativas apresentadas em ambos os anos entre estas modalidades, estando CF1 entre ambos os valores. Verifica-se ainda, em 2020, diferenças entre irrigação na modalidade CF1, sendo que R70 apresenta menor stress que R30. A modalidade CF0 não apresenta diferenças significativas entre si, visto que há data das determinações, ainda não se tinha iniciado a irrigação das parcelas.

Tabela 16. Potencial hídrico de base (MPa) nos anos 2019 e 2020, para o estado fenológico Fecho do Cacho. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan ($p < 0.05$), no respetivo ano.

	2019	2020
R0CF0	-0,35 ± 0,05 c	-0,26 ± 0,03 d
R30CF0	-0,41 ± 0,05 bc	-0,28 ± 0,01 d
R70CF0	0,41 ± 0,04 bc	-0,29 ± 0,04 d
R30CF1	-0,54 ± 0,03 ab	-0,58 ± 0,02 b
R70CF1	-0,48 ± 0,05 ab	-0,46 ± 0,03 c
R30CF2	-0,59 ± 0,09 a	-0,78 ± 0,11 a
R70CF2	-0,54 ± 0,06 a	-0,72 ± 0,03 a
Sig.¹	****	****

¹ Significância do teste Análise de Variância das Médias (ANOVA), $p < 0,05$, para cada ano.

Para o mesmo estado, verifica-se, graficamente (Figura 42), que o ano de 2019 apresentou valores de maior stress hídrico nas modalidades CF0, estando, ambos os anos, muito semelhantes em CF1 e, em CF2, o ano de 2020 apresentou valores de stress hídrico severo a moderado, enquanto o ano de 2019 os valores apresentavam um stress hídrico moderado.

Potencial Hídrico de Base no Estado Fenológico Fecho do Cacho em 2019 e 2020

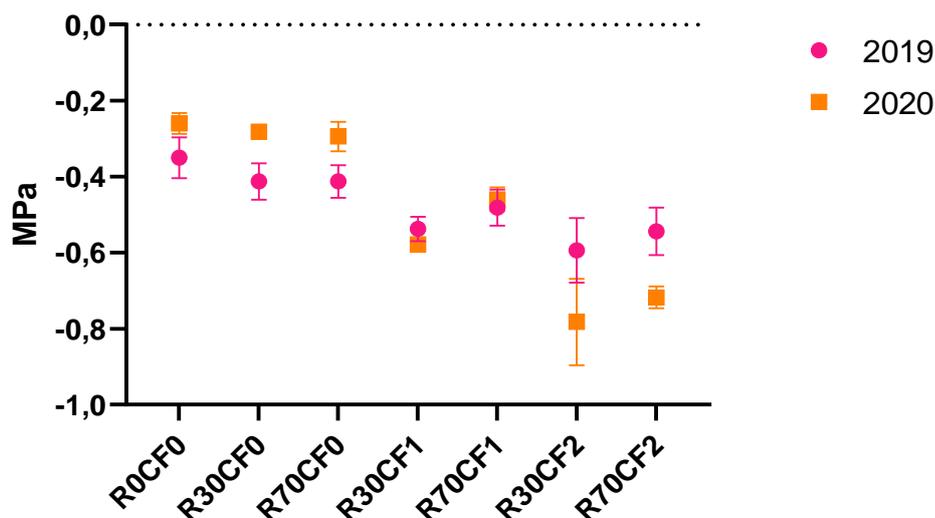


Figura 42. Potencial hídrico de base (MPa) no estado fenológico Fecho do Cacho em 2019 e 2020.

Analisando a tabela 16 e a figura 42, conclui-se que o ano de 2019 apresentou valores mais semelhantes para o mesmo estado fenológico nas diferentes modalidades, que 2020. Podendo isto, no ano 2020, influenciar futuras conclusões que se possam tirar acerca do desenvolvimento da planta. Observa-se ainda que, contraditoriamente àquilo referido anteriormente sobre as videiras submetidas a CF apresentarem menor stress hídrico, ao avaliarmos o Potencial de Base para todas as modalidades no estado fenológico, o mesmo não acontece. Verifica-se que existe uma pequena quebra para valores mais negativos em 2019, tratando-se de uma quebra maior em 2020, ou seja, as videiras em que ocorreu CF apresentam maior stress hídrico. Isto é explicado devido à falta de água no solo. Mesmo com rega, o solo encontra-se mais seco, visto que não possui água armazenada. Como o estado Fecho do Cacho ocorre mais cedo nas videiras CF0, o solo poderá ainda apresentar alguma água armazenada das chuvas e, por isso, apresenta menor stress hídrico, sendo que o CF2 é o que apresenta o estado mais atrasado e como tal, maior stress hídrico, visto que não houve episódios de chuva. Além disso, a quebra maior existente no ano 2020, é suavizada nas videiras que apresentam maior irrigação (R70), mostrando mais uma vez, a necessidade de

irrigação. É de salientar que a irrigação desde o período de floração até ao Pintor é importante para o crescimento vegetativo das plantas e desenvolvimento dos cachos. Assim, verifica-se que as videiras sujeitas a CF estão em maior stress hídrico durante esta fase, podendo influenciar, posteriormente, o rendimento (Martínez-Moreno *et al.*, 2019).

Em relação ao estado fenológico Pintor (Tabela 17), observa-se, mais uma vez, que em 2019, os valores mais negativos se situam nas videiras CF2, incluindo, neste estado, as videiras CF1. As videiras CF0 são as videiras que apresentam menor stress hídrico, concluindo, ainda, que dentro desta modalidade, as videiras irrigadas apresentam um stress hídrico significativamente menor que a modalidade não irrigada. No entanto, o mesmo não acontece em 2020. Neste caso, é R0CF0 que apresenta maior stress hídrico, seguida de R70CF0, mostrando diferenças estatísticas entre estas duas modalidades e as modalidades R70CF1, R30CF2 e R70CF2.

Tabela 17. Potencial hídrico de base (MPa) nos anos 2019 e 2020 para o estado fenológico Pintor. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan ($p < 0.05$), no respetivo ano.

	2019	2020
R0CF0	-0,91 ± 0,11 b	-1,14 ± 0,15 a
R30CF0	-0,60 ± 0,11 c	-0,86 ± 0,17 bc
R70CF0	-0,56 ± 0,16 c	-0,93 ± 0,14 ab
R30CF1	-1,20 ± 0,15 a	-0,74 ± 0,02 bc
R70CF1	-1,19 ± 0,05 a	-0,66 ± 0,01 c
R30CF2	-1,26 ± 0,10 a	-0,68 ± 0,05 c
R70CF2	-1,16 ± 0,13 ab	-0,62 ± 0,02 c
Sig.¹	****	****

¹ Significância do teste Análise de Variância das Médias (ANOVA), $p < 0.05$, para cada ano.

Graficamente, verifica-se, através da figura 43, que os anos se encontraram relativamente díspares nas videiras submetidas a CF. No entanto, as videiras CF0, em 2019, encontravam-se em stress hídrico severo a moderado, e em 2020 a modalidade R0CF0 encontrava-se em stress hídrico severo. Já nas videiras submetidas a CF, em 2019, estavam severamente em stress e em 2020 entre o moderado e o severo.

Potencial Hídrico de Base no Estado Fenológico 'Pintor' em 2019 e 2020

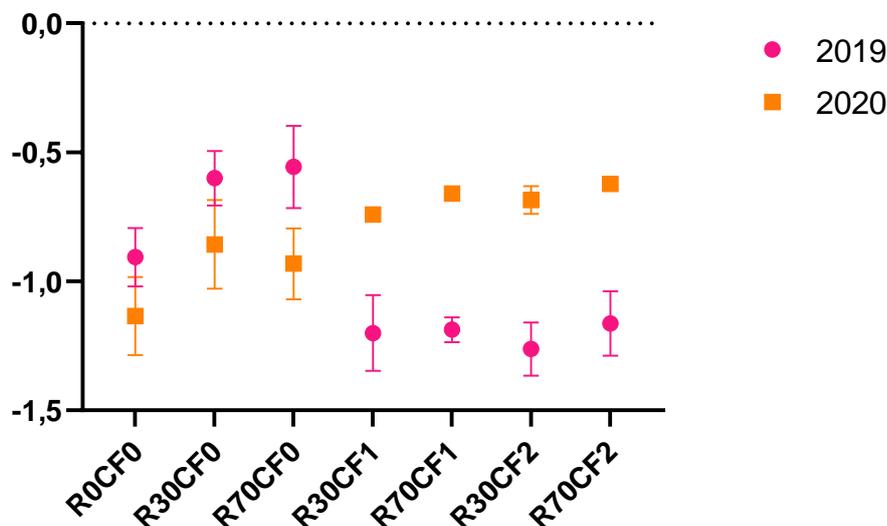


Figura 43. Potencial hídrico de base (MPa) no estado fenológico 'Pintor' em 2019 e 2020.

Avaliando a tabela 17 e a figura 43, observa-se que os dois anos foram bastante diferentes. O ano 2019 apresentou uma queda entre as modalidades submetidas e não submetidas a CF, sendo que CF1 e CF2 passam mesmo a sofrer stress hídrico severo em plena fase Pintor, justificando-se, mais uma vez, pelo facto de as videiras em que ocorreu CF se encontrarem mais atrasadas no seu estado fenológico e como tal, poderão sofrer um maior stress hídrico ainda durante grande parte do seu desenvolvimento vegetativo. No entanto, observam-se diferenças significativas entre as modalidades regadas e não regadas nas videiras não submetidas a CF, salientando, uma vez mais, a necessidade de rega. Já o ano de 2020, que apresentou valores mais negativos na modalidade CF0, que 2019, viu uma redução do stress hídrico com o passar dos meses, para as videiras submetidas a CF, devendo-se isto ao facto de se ter observado um episódio de chuva poucos dias antes da medição do potencial nestas videiras.

No entanto, verifica-se que aquando o Fecho do Cacho, as videiras forçadas apresentavam maior stress hídrico, enquanto no estado Pintor, as videiras não forçadas eram as que apresentavam maior stress e, sabe-se que a irrigação desde o período de floração até ao Pintor é importante para o crescimento vegetativo das plantas e desenvolvimento dos cachos.

Em relação ao potencial diário em 2020 (Tabela 18), verifica-se um aumento de stress em todas as modalidades ao longo do dia. R0CF0 é a modalidade que apresenta maior stress hídrico ao longo do dia, no entanto, às 10h do dia 24 de agosto, a modalidade R30CF1 apresenta estatisticamente um valor igual (-1,57 MPa). Nessa mesma hora distingue-se ainda a modalidade R30CF0 por apresentar um potencial hídrico mais elevado (-0,97 MPa). Ainda no dia 24 de agosto, as restantes horas, apresentam valores mais heterogéneos destacando, estatisticamente, as diferenças entre as modalidades R0CF0 e R70CF0 ou R30CF2, além de às 17h se verificar diferenças também entre R0CF0 e R70CF2. CF1 tem área foliar maior, e folhas mais jovens, logo poderá ter maiores níveis de transpiração e desta forma maior stress hídrico.

Tabela 18. Potencial hídrico diário (MPa) em 2020. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan ($p < 0.05$), na respetiva hora.

	11/ago		24/ago			
	5h	14h	5h	10h	14h	17h
R0CF0	-1,14 ± 0,15 a	-1,81 ± 0,21 a	-0,91 ± 0,19 a	-1,57 ± 0,70 a	-1,66 ± 0,14 a	-1,70 ± 0,16 a
R30CF0	-0,86 ± 0,17 ab	-1,35 ± 0,09 b	-0,55 ± 0,03 b	-0,97 ± 0,15 c	-1,51 ± 0,05 ab	-1,49 ± 0,09 ab
R70CF0	-0,93 ± 0,13 ab	-1,08 ± 0,36 b	-0,33 ± 0,05 c	-1,21 ± 0,20 bc	-1,28 ± 0,18 b	-1,24 ± 0,25 b
R30CF1	-0,65 ± 0,11 b	-1,33 ± 0,09 b	-0,58 ± 0,02 b	-1,57 ± 0,11 a	-1,56 ± 0,11 ab	-1,44 ± 0,08 ab
R70CF1	-0,69 ± 0,09 b	-1,39 ± 0,02 ab	-0,46 ± 0,03 bc	-1,33 ± 0,08 ab	-1,58 ± 0,27 ab	-1,40 ± 0,04 ab
R30CF2			-0,56 ± 0,02 b	-1,09 ± 0,06 bc	-1,29 ± 0,25 b	-1,34 ± 0,11 b
R70CF2			-0,49 ± 0,04 bc	-1,29 ± 0,10 b	-1,33 ± 0,19 ab	-1,34 ± 0,19 b
Sig.¹	***	**	****	****	**	**

¹ Significância do teste Análise de Variância das Médias (ANOVA), $p < 0.05$, para cada hora.

As diferenças observadas não estão de acordo com o esperado, visto que, as diferenças poderiam ter sido maiores entre as diferentes dotações de rega. De facto, observa-se que a R0CF0, a modalidade sem irrigação, apresenta maior stress ao longo do dia, no entanto, nas restantes modalidades o mesmo não acontece, sendo que em certas horas, como por exemplo, dia 24 de agosto às 10h, observou-se precisamente o contrário do esperado nas modalidades R30 e R70 das videiras CF0. De facto, isto não ocorre às 14h, o que poderá indicar que a modalidade R30CF0 teve uma maior transpiração às 14h, que ainda não estava a ocorrer às 10h. As restantes modalidades,

já apresentavam uma maior regulação, às 10h, em termos de transpiração, que R30CF0.

Observa-se que, como afirmado, anteriormente, há um aumento em todas as modalidades do potencial hídrico ao longo do dia, obtendo-se valores mais negativos entre as 14h e 17h, horas de maior radiação e temperatura e por conseguinte, maior stress para a planta.

4.7. Evolução da maturação, qualidade da vindima e componentes de rendimento

O acompanhamento da maturação é crucial para a marcação da data de vindima. Tradicionalmente, analisam-se o teor de açúcar, o pH e acidez total. Contudo, para além dos referidos, existem mais parâmetros qualitativos que são determinantes para a produção de vinhos de alto padrão de qualidade, como, por exemplo, o teor de compostos fenólicos.

Ao longo do ensaio, foram realizadas três medições, em cada modalidade, para a monitorização de parâmetros quantitativos e qualitativos, nomeadamente: Peso dos bagos (g), pH, Teor de sólidos solúveis (°Brix), Acidez Total (g/L), Ácido Tartárico (g/L), Ácido Málico (g/L), Intensidade de Cor (nm) e Fenólicos Totais (AU – Unidades de Absorvância). Estes parâmetros foram também verificados aquando da vindima das respetivas parcelas, que coincide com a terceira medição.

Através do gráfico da figura 44, verifica-se que as videiras submetidas a CF originam bagos mais pequenos e, conseqüentemente, com um menor peso. Observa-se, ainda, que nas videiras não forçadas, há uma diminuição do peso dos bagos entre a primeira e a terceira medição, podendo indicar que as uvas se encontravam em desidratação. Além disso, observando as videiras CF0, concluiu-se que as videiras irrigadas apresentam maior peso que as videiras não regadas, indo ao encontro do observado por Roby, *et al.*, (2004), em que se verificou que o défice hídrico promove a diminuição do peso dos bagos. Em relação às videiras submetidas a CF, não se verificam diferenças entre irrigações quer para CF1, quer para CF2. No entanto, através do gráfico da figura 44, observa-se que as videiras com a segunda poda 30 dias após o vingamento, apresentam um ligeiro aumento no peso dos bagos.

Evolução do Peso dos Bagos em 2020

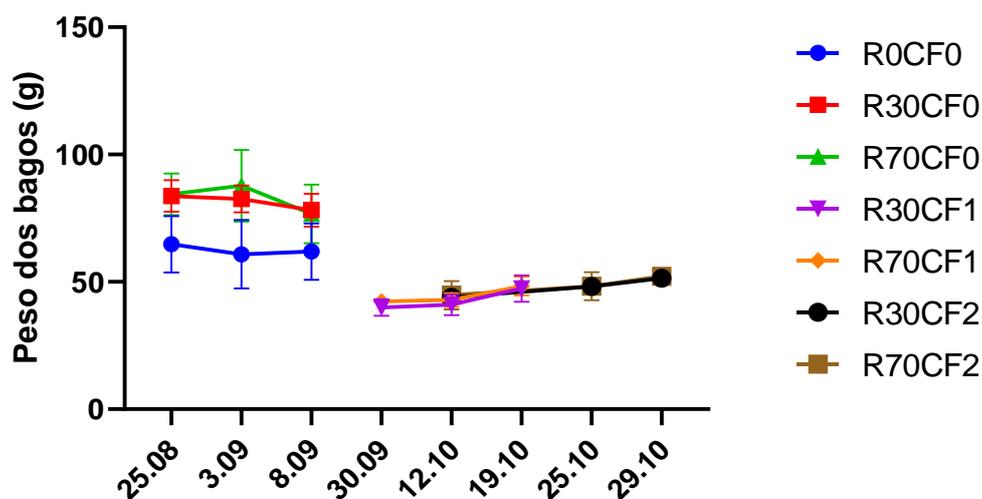


Figura 44. Evolução do peso do bago (g) em 2020.

O teor de sólidos solúveis (TSS) ou teor de açúcares está representado no gráfico da figura 45, sendo que este é medido em graus °Brix. A acumulação destes é dos fenómenos mais importantes que acontecem na maturação e que potencia a posterior formação de outros compostos, nomeadamente o aumento da concentração de antocianinas, polifenóis e aromas (Cardoso, *et al.*, 2005), sendo que o seu aumento está relacionado com a fotossíntese e a temperatura. Desta maneira, verifica-se que entre as videiras CF0 e CF1 existe uma evolução da maturação semelhante, ainda que diferida no tempo, no entanto, as videiras submetidas a CF2 apresentam menor teor de açúcares. É de salientar que as uvas das videiras CF2 foram vindimadas mais cedo do que o que deveriam, devido a restrições impostas à deslocação entre concelhos e, visto que não se pretendia que ficassem sujeitas a qualquer imprevisto nomeadamente climatérico. Posto isto, o facto de serem vindimadas antes do tempo condicionou o valor obtido de TSS. Verifica-se ainda que a nível de dotações de rega, não se verificaram grandes diferenças, no entanto, há um ligeiro aumento nas videiras R70 de CF0 e CF2. Estes resultados obtidos indicam que poderá haver uma correlação entre o *stress* hídrico e a evolução da concentração de açúcar nos bagos, no entanto, apesar de se prever a diluição dos açúcares nas modalidades com dotações mais elevadas, verificou-se que nestas foi onde se registaram os valores mais elevados de TSS.

Evolução de Teor de Sólidos Solúveis em 2020

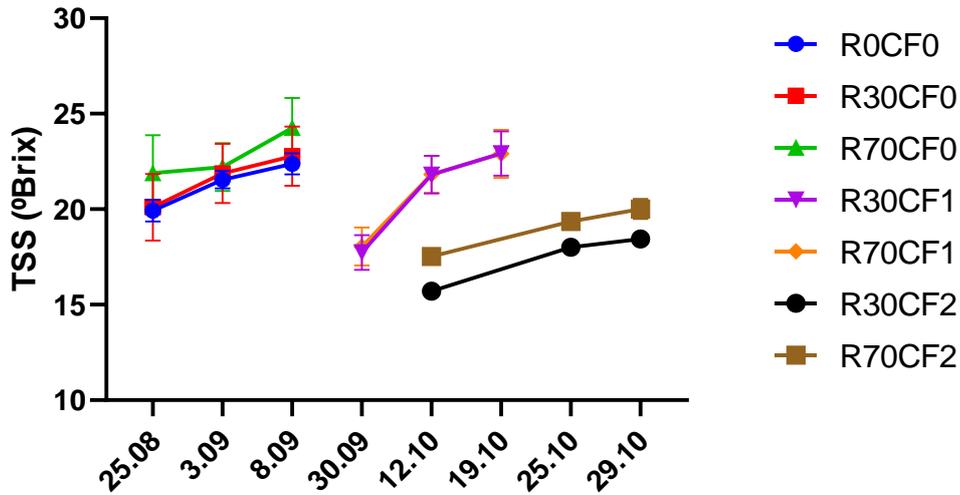


Figura 45. Evolução do Teor de Sólidos Solúveis (° Brix) em 2020.

Na figura 46, observa-se a evolução do pH ao longo da maturação da uva, verificando-se que há um aumento do pH desde a primeira até à terceira medição (data de vindima). Observa-se que as videiras sujeitas a CF apresentam bagos com menor pH, sendo que quanto mais tarde se realiza a segunda poda, menor é este parâmetro. Mostrando que a maturação foi atrasada para os meses mais frios, não permitindo, a combustão tão intensa dos ácidos dos bagos e, conseqüentemente, menor pH (Toda *et al.*, 2019). Entre diferentes dotações de rega, também não se verificam diferenças, graficamente.

Evolução do pH em 2020

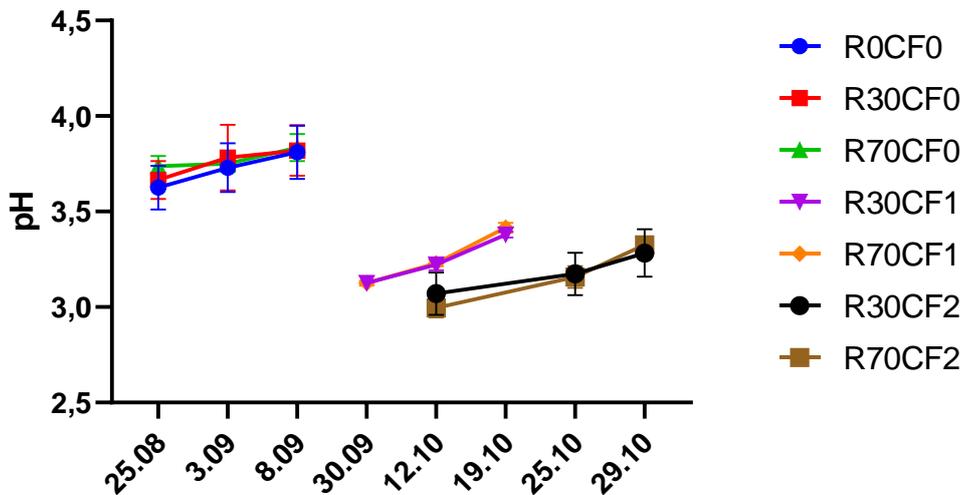


Figura 46. Evolução do pH em 2020.

A acidez total, como dito na secção Revisão Bibliográfica está integralmente relacionada com o pH, tendo uma relação inversa. Quanto maior for a concentração de hidrogeniões em solução maior será a acidez e mais baixo o pH (Escolhas, 2017).

Como tal, de acordo com o pH, verifica-se uma diminuição de acidez em todas as modalidades, no gráfico da figura 47, e as videiras submetidas a CF apresentam uma acidez total maior que as videiras não forçadas. Observa-se também que não existe relação entre a irrigação e este parâmetro, sendo que nas videiras CF0 não se observou qualquer diferença, no entanto, nas videiras forçadas observa-se que R70CF1 apresenta maior acidez que R30CF1 e, em CF2 relata-se o contrário R30CF2 apresentou maior acidez, sendo que não se existe, assim, uma relação muito evidente entre as videiras com diferentes dotações.

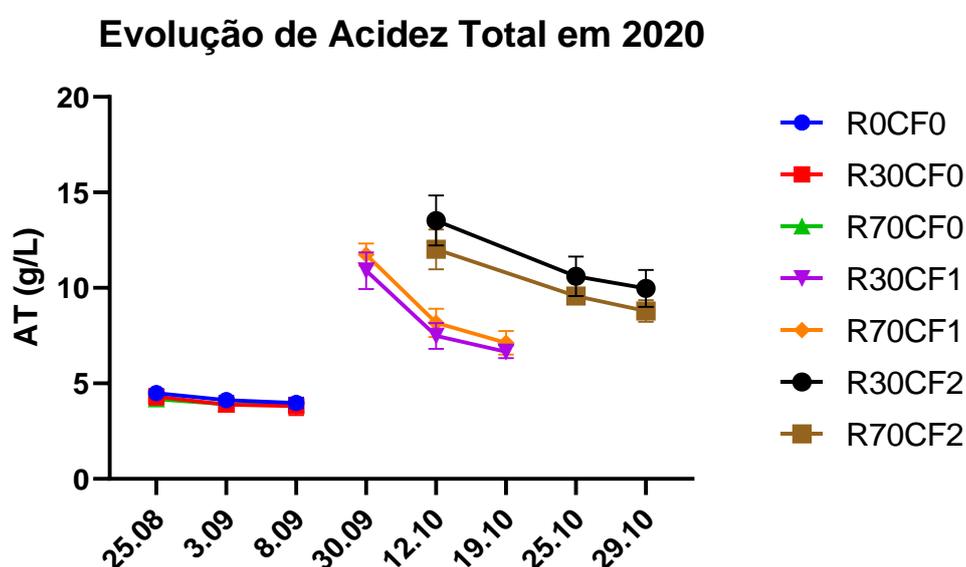


Figura 47. Evolução da Acidez Total (g/L) em 2020.

O ácido tartárico não apresenta degradação como o ácido málico, no entanto, é expectável que diminuía devido à diluição deste com o aumento do tamanho do bago. A partir da figura 48, não se verifica essa diminuição do teor do ácido em CF0, no entanto, verifica-se que a rega também poderá influenciar a diluição do mesmo, visto que as videiras irrigadas, não sujeitas a CF, apresentam menor teor em ácido que as não regadas. Verifica-se, então uma maior diluição deste ácido nas videiras sujeitas a CF, chegando a ter valores mais baixos que CF0.

Evolução de Ácido Tartárico em 2020

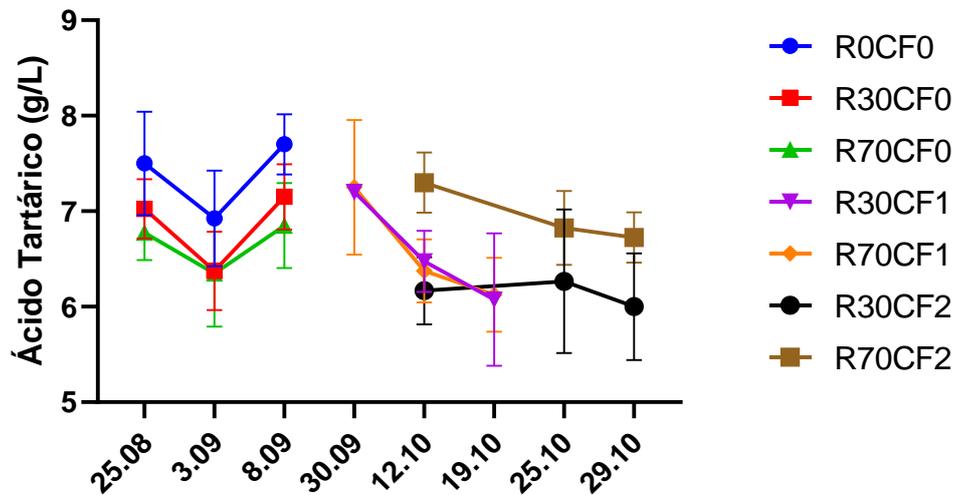


Figura 48. Evolução de ácido tartárico (g/L) em 2020.

A figura 49 demonstra a degradação do ácido málico ao longo da maturação da uva. Verifica-se que as videiras, com maior ácido málico, são aquelas que foram submetidas a CF, sendo que as videiras CF2 apresentam maior teor em ácido que CF1. Tudo isto poderá ser explicado devido às condições de maturação das videiras. As videiras que foram submetidas a CF, a uma maturação da uva mais tarde, ou seja, quando o clima se encontra mais frio e menos ensolarado, apresentam uma menor degradação do ácido por meio de combustão respiratória, obtendo-se, desta forma, uvas mais ácidas. Sendo que quanto mais tarde se realiza o CF, mais tarde se vai realizar a maturação da uva e em clima mais frio e com menos insolação. Verifica-se, também, a correlação existente entre este ácido e a acidez total, verificando, mais uma vez, que não existe relação entre as diferentes dotações de rega.

Evolução de Ácido Málico em 2020

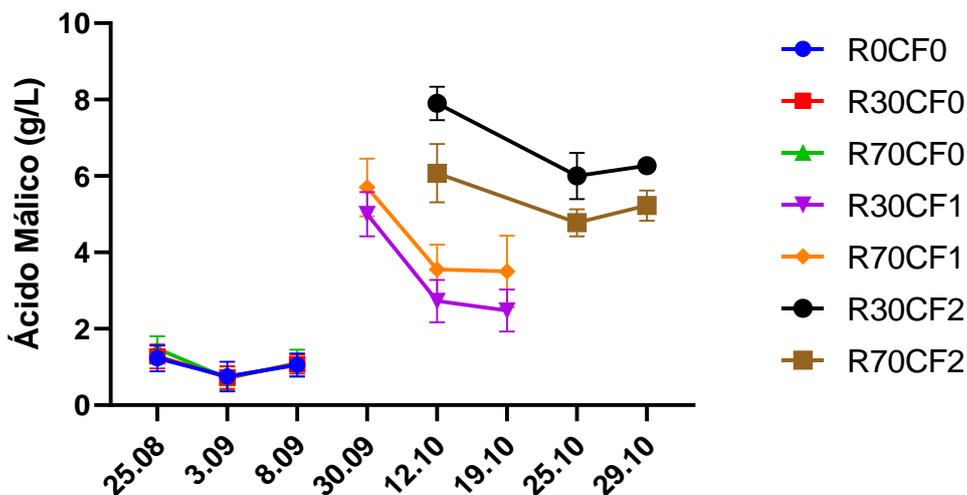


Figura 49. Evolução de ácido málico (g/L) em 2020.

A Intensidade da Cor (figura 50) é influenciada pela quantidade de antocianinas presente na uva. Desta forma verifica-se que não existe qualquer relação entre as videiras irrigadas em CF0, no entanto, em videiras submetidas a CF, verifica-se que há maior intensidade de cor nas videiras irrigadas a 70% de evapotranspiração, indicando que a rega não causa o efeito de diluição deste composto. Observa-se ainda que as videiras não forçadas mantiveram a intensidade de cor ao longo da maturação, enquanto as videiras onde ocorreu CF, aumentaram esta intensidade igualando os valores das videiras CF0.

Evolução da Intensidade da Cor em 2020

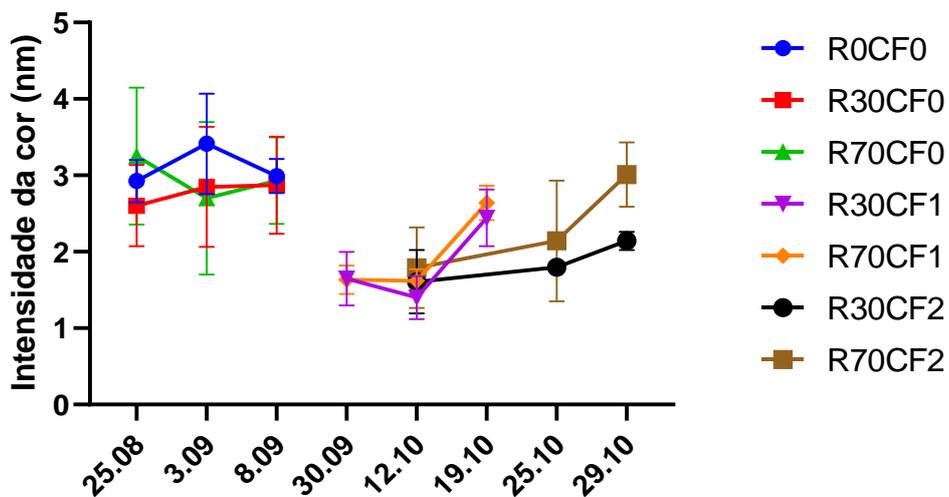


Figura 50. Evolução da Intensidade da cor (nm) em 2020.

Os compostos fenólicos são importantes para a marcação da data da vindima, uma vez que estão relacionados com diversas características que definem a qualidade do vinho, tais como a adstringência, a capacidade de envelhecimento, a cor ou o corpo do vinho, podendo a análise destes compostos complementar outros aspetos importantes para a marcação da vindima, já referidos anteriormente, tais como o álcool provável ou a acidez total (Hidalgo, 1999).

Através do gráfico da figura 51, é possível observar que não existe grande evolução destes ao longo da maturação, podendo ainda observar-se que R0CF0 apresenta maior teor que R30CF0 e R70CF0, podendo indicar que a rega poderá diluir alguns dos compostos presentes na uva. Verifica-se, ainda, que, no geral, as videiras sujeitas a CF apresentam maior quantidade destes compostos que as videiras CF0, havendo tal como previsto um maior equilíbrio entre os compostos fenólicos, maior acidez e menor pH.

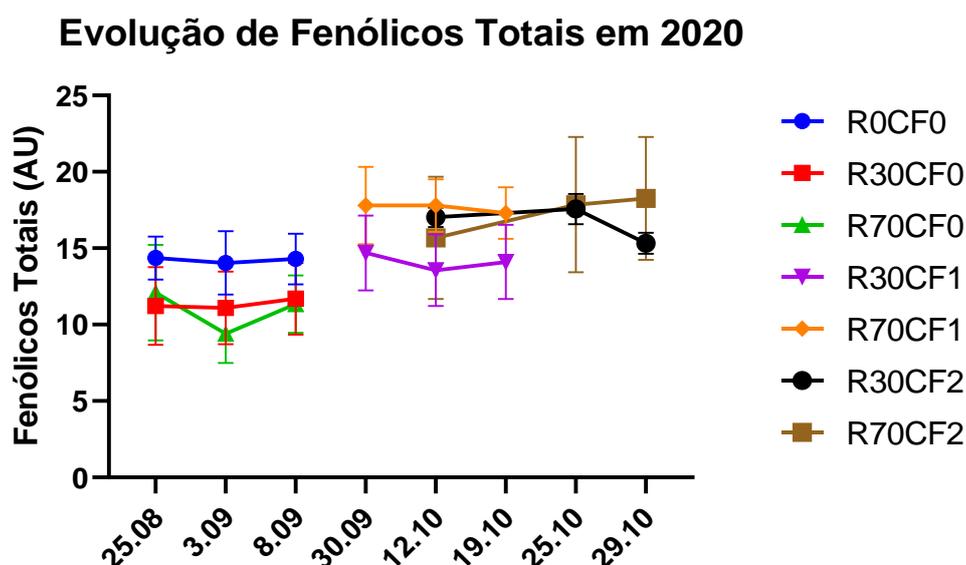


Figura 51. Evolução de Fenólicos totais (AU) em 2020.

Em situações de *stress* hídrico e ao longo da maturação, alguns estudos concluem que existe diminuição do peso dos bagos, verificando-se que a irrigação promove quer a multiplicação, quer o aumento do volume celular dos bagos e portanto ao aumento da produtividade das videiras (Esteban *et al.*, 2001; Ojeda *et al.*, 2001). Relativamente à realização de CF, os dois estudos publicados contradizem-se. Gu *et al.* (2012) conclui que o rendimento e a produtividade da videira se mantêm iguais ao das videiras não forçadas e Toda *et al.* (2019) indica que há uma diminuição do rendimento nas videiras submetidas a CF, podendo desta forma estas contradições estarem relacionadas com a casta e a região em que foram realizados os ensaios.

À vindima de cada modalidade, procedeu-se ao registo de diversos parâmetros de produtividade e rendimento, entre eles o número de cachos por videira, peso dos cachos e tamanho dos mesmos.

Analisando o número médio de cachos por videira à vindima (figura 52), observa-se que os dois anos (2019 e 2020) apresentam o mesmo padrão, com as maiores diferenças estatísticas localizadas entre as modalidades não forçadas e as submetidas a CF. Verifica-se que, enquanto em 2019, a modalidade com o maior número de cachos é a R30CF0, já no ano seguinte, a modalidade que apresenta o valor superior é R70CF0. No ano 2019 existem diferenças significativas entre as modalidades R0CF0 e R30CF0 – sendo estas as modalidades com maior número de cachos por videira – e as modalidades que sofreram CF. Em 2020, as diferenças encontram-se entre as modalidades R30CF0 e R70CF0 e as modalidades que foram submetidas a CF, apresentando o menor número de cachos, o CF1.

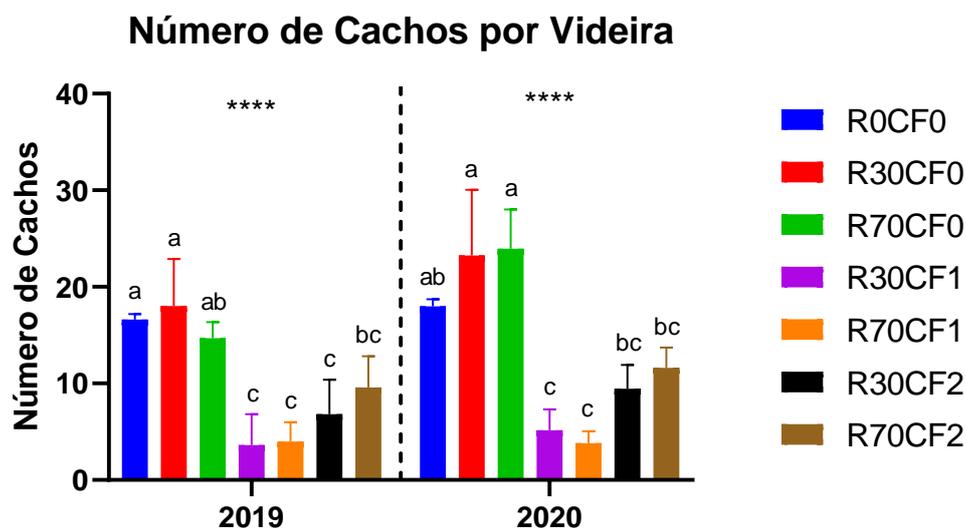


Figura 52. Número de cachos por videiras à vindima de 2019 e 2020. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan ($p < 0.05$), no respetivo ano.

Comparando os dois anos (tabela 19), foram registadas diferenças estatisticamente significativas nas modalidades R0CF0 e R70CF0. Ainda assim, em geral, no ano 2020 obtiveram-se maior número de cachos que em 2019, excetuando um ligeiro decréscimo em R70CF1.

Tabela 19. Número de cachos por videira entre os anos 2019 e 2020. A análise estatística foi realizada através do teste T-student.

	2019	2020	Sig
R0CF0	16,63 ± 0,57	17,97 ± 0,74	*
R30CF0	18,03 ± 4,86	23,25 ± 6,79	ns
R70CF0	14,69 ± 1,68	23,94 ± 4,08	**
R30CF1	3,63 ± 3,19	5,16 ± 2,15	ns
R70CF1	3,97 ± 2,00	3,81 ± 1,25	ns
R30CF2	6,81 ± 3,59	9,46 ± 2,47	ns
R70CF2	9,60 ± 3,24	11,63 ± 2,08	ns

Ao analisarmos o número médio de cachos por videira, na figura 52, e o número médio de inflorescências por videira (Figura 25 da secção 4.3), verifica-se de que o número de inflorescências se trata de um bom instrumento de previsão, havendo uma discrepância muito pequena entre os valores registados no início do ciclo vegetativo e os valores registados nas respetivas vindimas. Avaliando a figura 52 é possível verificar que, há uma diminuição do número de cachos nas videiras submetidas a CF, verificando-se ainda que as diferentes dotações de rega impostas nas videiras, não obtêm estatisticamente diferenças, mas, é possível observar que há um aumento ligeiro do número médio de cachos por videira, sendo isto mais notório nas videiras CF0, em 2020. Em 2019 não aconteceu o mesmo, talvez por se tratar do segundo ano de ensaio, e as videiras ainda não se terem adaptado. Desta maneira, poderá ocorrer um efeito cumulativo com o passar dos anos.

Relativamente ao tamanho dos cachos (Figura 53), verifica-se que em ambos os anos, as videiras submetidas a CF apresentaram diferenças significativas em relação às videiras não forçadas, obtendo-se cachos mais pequenos. No ano 2019 não se observaram diferenças significativas entre as diferentes dotações de rega, no entanto, em 2020 a modalidade R30CF0 apresentou cachos significativamente maiores que a modalidade R0CF0.

Tamanho Médio de Cachos por Videira

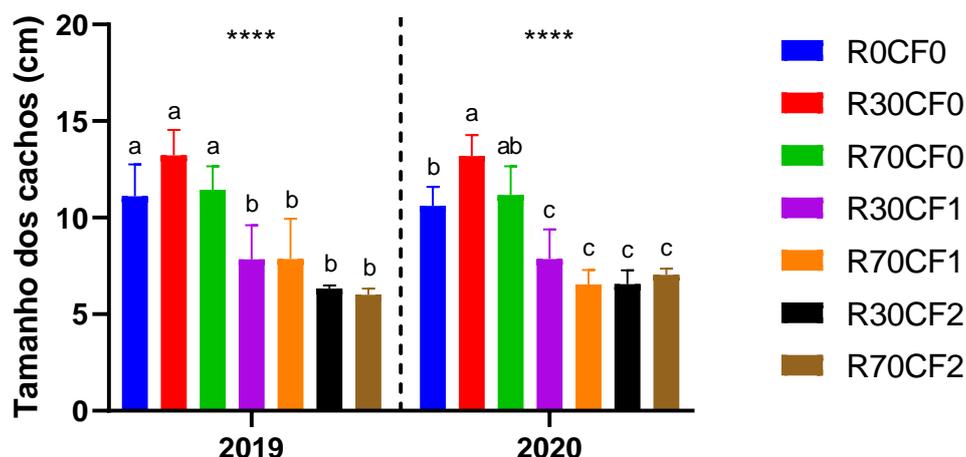


Figura 53. Tamanho dos cachos (cm) por videira à vindima de 2019 e 2020. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan ($p < 0.05$), para o respetivo ano.

Comparando os dois anos (tabela 20), verifica-se que não houve diferenças significativas no tamanho dos cachos de um ano para o outro, exceto na modalidade R70CF2 que apresentou cachos maiores em 2020.

Tabela 20. Tamanho dos cachos (cm) por videira à vindima de 2019 e 2020. A análise estatística foi realizada através do teste T-student.

Tamanho	2019	2020	Sig
R0CF0	11,12 ± 1,64	10,60 ± 0,98	ns
R30CF0	13,22 ± 1,32	13,19 ± 1,08	ns
R70CF0	11,44 ± 1,18	11,18 ± 1,48	ns
R30CF1	7,85 ± 1,77	7,87 ± 1,53	ns
R70CF1	7,85 ± 2,10	6,54 ± 0,74	ns
R30CF2	6,33 ± 0,17	6,56 ± 0,71	ns
R70CF2	6,00 ± 0,32	7,04 ± 0,33	**

O tamanho dos cachos encontra-se em proporção com o tamanho da videira, verificado através da superfície foliar exposta, sendo de esperar que não se observem cachos muito grandes nas videiras com CF, em comparação com as videiras CF0.

Na vindima, para além da contagem do número de cachos por videira, procedeu-se ainda à sua pesagem.

Na figura 54 observa-se o rendimento por videira nas diferentes modalidades. Verifica-se que a realização do CF influenciou, em ambos os anos, muito negativamente o rendimento. Não se observam diferenças significativas entre as modalidades CF1 e CF2 para as diferentes dotações de rega. Verificou-se também que a disponibilidade

hídrica não influenciou estatisticamente este parâmetro, no entanto, na modalidade CF0 observa-se que as modalidades regadas contêm, ligeiramente, um maior rendimento que a modalidade não regada, em ambos os anos.

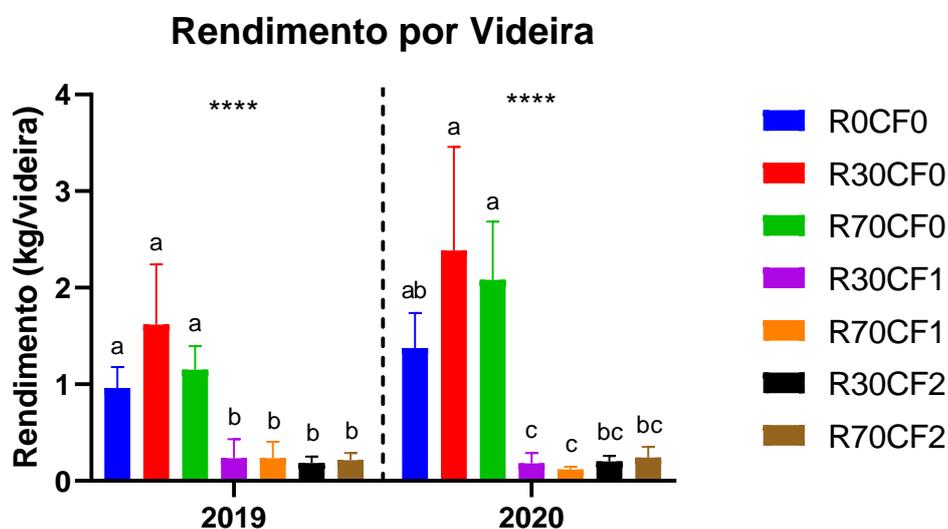


Figura 54. Rendimento por videira (kg) entre modalidades, em 2019 e 2020. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan ($p < 0.05$), para o respetivo ano.

Em relação às diferenças entre os dois anos (tabela 21), não foram observadas diferenças significativas na maior parte das modalidades, sendo que R70CF0 foi a única modalidade em que se observaram diferenças significativas entre 2019 e 2020, tendo aumentado o rendimento no último ano. Analisando a tabela, verifica-se que, apesar de não se observarem diferenças significativas, o ano 2020 se tratou de um ano com maior produção, na modalidade CF0. Já no CF1, verificou-se uma diminuição relativa da produtividade de 2019 para 2020.

Tabela 21. Rendimento por videira (kg) entre os anos 2019 e 2020. A análise estatística foi realizada através do teste T-student.

	2019	2020	Sig
R0CF0	0,96 ± 0,22	1,38 ± 0,36	ns
R30CF0	1,62 ± 0,62	2,38 ± 1,08	ns
R70CF0	1,15 ± 0,24	2,08 ± 0,60	*
R30CF1	0,23 ± 0,20	0,18 ± 0,11	ns
R70CF1	0,24 ± 0,17	0,12 ± 0,02	ns
R30CF2	0,18 ± 0,07	0,20 ± 0,05	ns
R70CF2	0,21 ± 0,07	0,24 ± 0,11	ns

Mais uma vez, reforça-se a quebra no rendimento das plantas submetidas a CF e a observação de que as videiras irrigadas apresentam maior rendimento que as videiras não irrigadas, sendo que a irrigação a 30% de evapotranspiração apresenta

maior rendimento que a 70% de evapotranspiração, na modalidade CF0 e CF1. Conclui-se que, contrariamente ao descrito por Gu *et al.* (2012) e indo ao encontro de Toda *et al.* (2019) e Martínez-Moreno *et al.* (2019) verifica-se uma quebra no rendimento das plantas submetidas a CF de cerca de 140%. No entanto, estas diferenças relativamente a Gu *et al.* (2012) podem estar relacionadas com o facto de, haver diferenças edafoclimáticas entre os locais, ser uma cultivar diferente e apresentar maior número de pâmpanos abrolhados, contudo, as videiras poderiam encontrar-se mais vigorosas devido à quantidade de rega aplicada (superior a este trabalho). Segundo Martínez-Moreno *et al.* (2019), as razões do decréscimo de produtividade, em videiras sujeitas a CF, nos restantes trabalhos pode estar relacionada com irrigação, relações de carbono ou meteorologia: a primeira, já explicada no potencial hídrico de base, pode estar relacionada com o facto de, durante o desenvolvimento dos bagos, as videiras sujeitas a CF apresentarem maior stress hídrico; a segunda, trata-se dos efeitos prejudiciais que, a realização do CF, tem nas reservas da planta, isto é, o crescimento das plantas durante os estados iniciais é baseado na mobilização de reservas, que diminuem durante o período de abrolhamento à floração, no entanto, os autores, realizaram o CF enquanto as videiras se encontravam em floração, uma fase de poucas reservas de carbono, desta forma, o presente estudo não pode concluir acerca deste aspeto, visto que as videiras já estavam numa fase em que apresentavam maior número de reservas aquando a realização do CF; o terceiro, meteorologia, já explicado no gráfico das inflorescências, pode estar relacionado com o facto de durante a fase de abrolhamento as videiras CF1 e CF2 estarem sujeitas a temperaturas mais altas, baixando o número de inflorescências, mas isto só se verifica em CF1.

As tabelas 22 e 23 apresentam os parâmetros de qualidade das uvas à data de vindima para cada modalidade.

Verifica-se que as videiras sujeitas a CF apresentam valores estatisticamente diferentes a nível do peso dos bagos para as videiras sem CF, sendo que estas apresentam os bagos mais pesados, em ambos os anos. Verificam-se diferenças estatísticas também dentro da modalidade CF0, no ano 2019, em função da rega embora no ano 2020 também exista uma ligeira diferença (embora não estatisticamente significativa), mostrando que as videiras irrigadas apresentam mais peso, por, provavelmente, se encontrarem mais túrgidas, com mais água nos bagos que as não irrigadas. Em 2019 as videiras sujeitas a CF1 e CF2 também apresentam diferenças entre si, que não se verificaram em 2020. Isto poderá dever-se ao facto de ter sido necessário a colheita dos cachos CF2 ainda antes do período ótimo de vindima pela

previsão de chuvas fortes que iriam danificar a produção. De um ano para o outro as únicas diferenças estatísticas que se distinguiram foi na modalidade R70CF1.

Já ao nível do teor de sólidos solúveis, verifica-se que, quer em 2019, quer em 2020 as videiras CF0 e CF1 não apresentam diferenças estatísticas, diferenciando-se de CF2, que apresenta um teor menor. Isto está relacionado com o facto de esta modalidade ser a que se encontra com a maturação mais atrasada, não havendo durante a sua fase de maturação valores de temperatura tão altos como os que existem nas restantes, assim como ser realizada uma vindima mais precoce, por estarem estas uvas sujeitas a fenómenos bióticos ou abióticos que iriam afetar a produção. Entre os dois anos, não se observaram diferenças estatísticas.

A intensidade da cor é um dos aspetos mais importantes no vinho tinto, estando este parâmetro relacionado com a quantidade de antocianinas presentes na uva. Verifica-se que, os dois anos não apresentam diferenças significativas entre as modalidades sujeitas a CF e não forçadas. Verifica-se que entre os dois anos há uma diferença estatística na modalidade R70CF1, no entanto, tal pode ser explicado devido ao peso dos bagos. Uma vez que no ano de 2019 o peso dos bagos nesta modalidade se mostrou maior, supõe-se que o tamanho destes também seja maior, podendo assim, levar a uma diluição da cor, que não acontece em 2020.

Os compostos fenólicos, como dito anteriormente, são importantes para a cor, aroma e adstringência da uva e posteriormente do vinho. Verifica-se que as videiras sujeitas a CF se encontram muito semelhantes a CF0, em ambos os anos. No entanto, em 2020, há uma diferença estatística entre as modalidades regadas de CF0 e as modalidades sujeitas a CF, mostrando que a irrigação das videiras poderá levar a uma diminuição dos fenólicos totais, talvez por diluição, e que as videiras sujeitas a CF compensam essa perda dos compostos, mesmo sendo irrigadas. Neste parâmetro verifica-se mais uma vez uma diferença estatística entre 2019 e 2020 na modalidade R70CF1, sendo novamente explicada, devido à maior diluição que se poderá ter sentido em 2019.

Relativamente ao pH e à acidez total (AT), verifica-se que existem diferenças entre as videiras sujeitas a CF e CF0, sendo que as videiras não forçadas apresentam menor acidez e maior pH que as videiras onde ocorreu segunda poda. Em 2019 verifica-se ainda que em ambos os parâmetros também se observaram diferenças estatísticas entre as diferentes datas de CF, as uvas das videiras podadas mais tarde apresentam-se mais ácidas e com menor pH, podendo isto ser explicado devido à degradação do ácido málico, sendo que a temperaturas baixas durante a maturação reduzem esta

degradação. Em 2020 o mesmo acontece, mas apenas estatisticamente, no parâmetro AT. Em relação às diferenças entre os anos, não se observa qualquer padrão no pH visto que se encontra estatisticamente diferente nas modalidades R30CF1 e R70CF2 e a AT apresenta-se significativamente maior na modalidade CF1, podendo ser explicado devido aos valores de ácido málico serem maiores em 2020 e, conseqüentemente, uma acidez maior.

Em relação ao ácido tartárico, os valores apresentam-se muito heterogêneos, sendo que não se observaram diferenças estatísticas entre as modalidades em 2019, no entanto, em 2020, observa-se que as videiras sujeitas a CF apresentam um teor de ácido tartárico ligeiramente mais baixo, mostrando que houve maior diluição nestas videiras. Entre os dois anos, é possível verificar diferenças nas modalidades R0CF0 e R30CF0, pois a disponibilidade de água em 2020 foi maior, devido a um episódio de chuva na semana anterior à vindima, levando a uma maior diluição do ácido em 2020, que em 2019. Em R70CF0 não se verifica esta diferença pois trata-se de uma modalidade em que a disponibilidade de água é sempre mais alta.

O ácido málico está integralmente relacionado com a temperatura e radiação na altura da maturação da uva. Tal como se verifica, as uvas sujeitas a CF apresentam maior concentração deste ácido, pois não houve tanta degradação deste devido a temperaturas mais baixas e menor radiação na altura de maturação, sendo que ainda se verifica estatisticamente esta diferença entre as modalidades CF1 e CF2, em ambos os anos. Entre os dois anos verificam-se algumas diferenças estatísticas nas modalidades, verificando-se que o ácido málico se apresenta mais alto em 2020. Uma vez que os valores de temperatura e precipitação aquando da maturação da uva são muito semelhantes nos dois anos, é possível atribuir esta diferença à cigarrinha verde, visto que as folhas estão muito secas e não conseguem captar a radiação, não fazendo a fotossíntese e conseqüentemente, não degradando ácido málico. É de salientar que em CF2, em 2020, o ácido málico se situa muito acima dos valores referidos por Champagnol (1984).

O CF produz uvas de maior acidez e menor pH, tal como Gu *et al.* (2012), Palliotti *et al.* (2017), Toda *et al.* (2019) e Martínez-Moreno *et al.* (2019) verificaram, no entanto, neste ensaio, não se verificam diferenças entre as antocianinas, tal como em Palliotti *et al.* (2017), e os restantes compostos fenólicos entre as videiras forçadas e não forçadas, contrariamente a todos os autores.

Tabela 22. Efeito de CF e irrigação no peso e composição dos bagos no final da maturação. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan ($p < 0.05$).

	Peso de 50 bagos (g)			Teor em Sólidos Solúveis (°Brix)			Intensidade da Cor (nm)			Fenólicos Totais (AU)		
	2019	2020	Sig. ²	2019	2020	Sig. ²	2019	2020	Sig. ²	2019	2020	Sig. ²
R0CF0	64,33 ± 4,24 b	61,90 ± 11,04 ab	ns	23,33 ± 0,80 a	22,38 ± 0,55 ab	ns	3,21 ± 0,86 ab	2,99 ± 0,22	ns	15,26 ± 3,63	14,30 ± 1,66 ab	ns
R30CF0	76,55 ± 3,77 a	78,15 ± 6,43 a	ns	23,72 ± 1,04 a	22,78 ± 1,55 a	ns	3,53 ± 0,87 a	2,87 ± 0,63	ns	14,46 ± 3,68	11,69 ± 2,34 b	ns
R70CF0	79,05 ± 2,73 a	76,65 ± 11,48 a	ns	23,83 ± 1,04 a	24,26 ± 1,57 a	ns	2,63 ± 0,21 ab	2,93 ± 0,57	ns	12,21 ± 0,92	11,35 ± 1,87 b	ns
R30CF1	54,08 ± 7,44 c	47,38 ± 5,21 b	ns	25,31 ± 0,59 a	22,92 ± 1,16 a	ns	2,68 ± 0,32 ab	2,44 ± 0,37	ns	14,01 ± 0,84	14,10 ± 2,43 ab	ns
R70CF1	59,08 ± 2,83 bc	48,35 ± 3,69 b	**	24,66 ± 0,63 a	22,91 ± 1,26 a	ns	2,24 ± 0,13 b	2,64 ± 0,22	*	13,07 ± 1,17	17,30 ± 1,69 a	**
R30CF2	48,35 ± 3,50 d	51,40 ± 0,44 b	ns	20,14 ± 1,60 b	18,44 ± 0,22 c	ns	2,68 ± 0,51 ab	2,14 ± 0,12	ns	14,73 ± 3,10	15,33 ± 0,69 ab	ns
R70CF2	53,28 ± 3,20 cd	52,13 ± 1,60 b	ns	20,64 ± 1,19 b	20,02 ± 0,52 bc	ns	2,44 ± 0,31 ab	3,01 ± 0,42	ns	13,46 ± 2,21	18,26 ± 4,03 a	ns
Sig.¹	****	****		****	****		*	ns		ns	**	

¹ Significância entre diferentes modalidades por ano através da Análise de Variância das Médias (ANOVA). ² Significância entre diferentes anos por modalidade através do teste t-student.

Tabela 23. Efeito de CF e irrigação na acidez dos bagos no final da maturação. Diferentes letras separam médias com diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey Duncan ($p < 0.05$).

	pH			AT (g/L)			Ác. Tartárico (g/L)			Ác. Málico (g/L)		
	2019	2020	Sig. ²	2019	2020	Sig. ²	2019	2020	Sig. ²	2019	2020	Sig. ²
R0CF0	3,76 ± 0,04 a	3,81 ± 0,13 a	ns	3,62 ± 0,27 c	3,97 ± 0,27 c	ns	6,78 ± 0,30	7,70 ± 0,32 a	**	0,63 ± 0,05 c	1,05 ± 0,30 c	*
R30CF0	3,83 ± 0,06 a	3,82 ± 0,13 a	ns	3,68 ± 0,35 c	3,81 ± 0,46 c	ns	6,48 ± 0,25	7,15 ± 0,34 ab	*	1,08 ± 0,25 c	1,08 ± 0,25 c	ns
R70CF0	3,76 ± 0,04 a	3,84 ± 0,07 a	ns	4,03 ± 0,28 c	3,91 ± 0,16 c	ns	6,40 ± 0,43	6,85 ± 0,44 abc	ns	1,03 ± 0,21 c	1,10 ± 0,36 c	ns
R30CF1	3,54 ± 0,03 b	3,38 ± 0,02 b	****	5,45 ± 0,45 b	6,66 ± 0,34 b	**	7,13 ± 0,22	6,08 ± 0,69 c	*	2,20 ± 0,62 b	2,48 ± 0,55 b	ns
R70CF1	3,47 ± 0,05 b	3,42 ± 0,03 b	ns	5,80 ± 0,23 b	7,13 ± 0,61 b	**	6,88 ± 0,33	6,13 ± 0,39 bc	*	2,13 ± 0,13 b	3,50 ± 0,93 b	*
R30CF2	3,14 ± 0,04 c	3,28 ± 0,12 b	ns	9,58 ± 0,89 a	9,97 ± 0,97 a	ns	7,08 ± 0,54	6,00 ± 0,56 c	*	4,40 ± 0,72 a	6,27 ± 0,12 a	**
R70CF2	3,14 ± 0,03 c	3,33 ± 0,04 b	***	8,66 ± 0,38 a	8,80 ± 0,57 a	ns	6,98 ± 0,13	6,73 ± 0,26 abc	ns	3,68 ± 0,43 a	5,23 ± 0,39 a	**
Sig.¹	****	****		****	****		ns	***		****	****	

¹ Significância entre diferentes modalidades por ano através da Análise de Variância das Médias (ANOVA). ² Significância entre diferentes anos por modalidade através do teste t-student.

5. CONCLUSÕES

O estudo realizado incidiu sobre o efeito de três diferentes dotações de rega e a realização de *Crop Forcing* em dois estados fenológicos diferentes e os seus efeitos em diferentes parâmetros na casta Touriga Nacional, na sub-região do Douro Superior.

Os resultados obtidos permitem retirar algumas conclusões sobre o efeito que essas dotações de rega e a realização do CF, e a diferença das datas de realização deste, exercem em diversos parâmetros, a nível vegetativo, de rendimento e qualidade da vindima, ao longo dos anos.

A partir deste estudo foi possível verificar que as condições climáticas influenciam os resultados obtidos em cada um dos anos, existindo, no entanto, sempre a possibilidade de haver um efeito cumulativo da rega aplicada nos anos anteriores e da realização do CF.

Em primeiro lugar, verificou-se que os três anos, ao nível do crescimento e desenvolvimento vegetativo dos cachos, foram muito diferentes, sendo que o ano vitícola 2017/2018 correspondeu a um ano com valores de temperatura e precipitação mais próximos dos da média, o ano 2018/2019 foi um ano extremamente seco, mantendo-se na média em relação à temperatura e o ano 2019/2020 apresentou temperaturas muito acima da média e foi um pouco mais seco.

Em relação ao desenvolvimento do ciclo biológico, conseguiu aferir-se que as videiras onde ocorre CF apresentam, como esperado, maior número de olhos deixados aquando da poda e conseqüentemente maior número de pâmpanos e número de olhos abrolhados. No entanto, verifica-se que nas videiras com CF, a taxa de abrolhamento, é mais baixa do que nas videiras sem CF. O número de inflorescências é menor nas videiras sujeitas a CF, influenciando o índice de fertilidade potencial (IFP). Registou-se uma homogeneidade entre as diferentes dotações de rega para a taxa de abrolhamento, no entanto, verificou-se que quando regada, a videira apresenta maior número de inflorescências e, conseqüentemente, maior IFP, sendo que isto apenas se verificou em R30. O ano de 2020 é o que apresenta maior taxa de abrolhamento, devido a terem sido deixados mais olhos aquando da poda e, conseqüentemente maior número de olhos abrolhados, pois apresentou maior disponibilidade de água durante o crescimento dos talões deixados aquando do CF, no entanto, apresenta menor IFP.

No que diz respeito à área foliar, verifica-se que não há diferenças entre as diferentes modalidades, embora, em 2019, aquando da data da vindima para cada modalidade, se ter verificado uma ligeira diferença para a modalidade não regada, que

apresentou menor área. Tal não se observou em 2020, no entanto, devido a vários aspetos não foi possível retirar conclusões concretas acerca deste ano para as diferentes modalidades à vindima.

Relativamente à superfície foliar exposta (SFE), conclui-se que a realização de CF diminui a SFE, no entanto, não há qualquer ligação desta com a aplicação de rega.

Em termos de medições ecofisiológicas, a partir do potencial hídrico de base, verifica-se que a realização do CF reduz o stress hídrico das videiras, tal como a aplicação de rega, sendo que quanto maior a dotação a aplicar, menor será o stress.

Ainda a nível do potencial hídrico de base, verifica-se que para o estado fenológico Fecho do Cacho, a realização do CF, atrasando o estado para meses mais quentes e secos, apresenta maior stress hídrico, em ambos os anos, principalmente na modalidade que se encontra mais atrasado (CF2), e o mesmo acontece, em 2019 no estado fenológico Pintor. Em 2020 isso não se verifica devido à queda de chuva que se fez sentir aquando deste estado fenológico nas videiras em que houve realização de CF.

No caso o potencial hídrico diário, existem também, no geral, diferenças entre modalidades com diferentes dotações de rega, sendo que quanto maior a dotação, menor o stress hídrico em que a planta se encontra, não se verificando qualquer diferença com a realização de CF.

Verifica-se que, tal como na bibliografia, a realização do CF, atrasou, com sucesso, a maturação da uva para os meses frios.

Em relação aos componentes de rendimento e qualidade dos mostos, verifica-se que a realização da segunda poda faz com que haja perda no número, tamanho e peso dos cachos, sendo que a realização de CF2, 30 dias após o vingamento obteve maior número de cachos que CF1, no entanto em relação ao tamanho manteve-se igual ou inferior e com um peso semelhante. Observa-se ainda que a aplicação de rega apresenta, no geral, maior número, tamanho e peso de cachos, mais salientado no ano 2020, sendo que R30 apresenta-se melhor que R70.

Por fim, a aplicação de rega, não altera os componentes de qualidade do mosto, no entanto, verifica-se que as videiras forçadas apresentam maior acidez, que as videiras não forçadas, e menor pH, não se observando, no geral, diferenças entre os restantes componentes de qualidade, como intensidade da cor e fenólicos totais. Verificaram-se ainda diferenças no teor de sólidos solúveis em CF2, indicando que quanto mais tarde se realizar a segunda poda, menor será este teor.

Desta forma, e como conclusão, entre as diferentes dotações de rega verifica-se que, considerando os parâmetros de rendimento e qualidade da uva, a irrigação a 30% de evapotranspiração aumentou estes parâmetros, enquanto R70, que se esperava que aumentasse ainda mais estes parâmetros, manteve-se muito semelhante a R30, sendo por isso desnecessária a irrigação com maior dotação de rega. No entanto, a continuação deste estudo será interessante, uma vez que se verificam diferenças entre os três anos, indicando que as diferenças entre as modalidades possam ser cada vez mais evidentes. Porém, salienta-se o facto das videiras localizadas nos blocos R70 se situarem em zona menos férteis que as restantes, podendo isto, influenciar alguns resultados. É também importante referir que devido às disparidades tão grandes em termos climáticos nestes três anos de estudo, seja importante dar continuidade a este estudo de forma a colmatar esta problemática e reforçar os resultados obtidos nestes últimos anos.

Em relação à realização do CF, verifica-se que não existe grande vantagem na sua realização na região do Douro, visto que além de haver uma forte redução no rendimento, apenas se verificam diferenças na acidez total e no pH, não havendo diferenças nos outros compostos, contrariamente ao verificado por outros autores. No entanto, caso as alterações climáticas se verifiquem como esperado, diminuindo, principalmente, a quantidade de antocianinas e, conseqüentemente a intensidade da cor, a realização do CF poderá ser uma vantagem, apesar do risco das perdas de rendimento. É assim importante conciliar a decisão da realização de uma segunda poda com previsões a médio e longo prazo das condições climatéricas que iriam sedimentar a execução desta intervenção.

Seria ainda interessante a continuação da realização deste ensaio para verificar qual o impacte do CF nas videiras a longo prazo, além de ser interessante testar esta técnica em diferentes castas e condições de crescimento para determinar a melhor altura para a realização do CF e o número de olhos ideal a deixar para obter diferentes níveis de rendimento.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, D. (2006). Phenolics and ripening in grape berries. *American Journal of Enology and Viticulture*, 57(3), 249-256.
- Agrobio. (n.d.). O que é a Agricultura Biológica? Retirado em 17/04/2020 de <https://agrobio.pt/agricultura-biologica/o-que-e/>
- Almeida, A. (2008). Climate Change in Portugal. Scenarios, Impacts and Adaptation Measures. SIAM Projec. *Silva Lusitana*, 16, 129-129.
- Azabagaoglu, O., Akyol, A., & Ozay, A. (2007). The demand for organic wines and organic wine marketing. *Journal of environmental protection and ecology*, 8, 171-178.
- Azuma, A., Yakushiji, H., Koshita, Y., & Kobayashi, S. (2012). Flavonoid biosynthesis-related genes in grape skin are differentially regulated by temperature and light conditions. *Planta*, 236(4), 1067-1080.
- Baggiolini, M. (1952). *Revue romande d'agriculture et de viticulture* (Vol. 8).
- Barbaro, L., Rusch, A., Muiruri, E. W., Gravellier, B., Thiery, D., & Castagneryrol, B. (2017). Avian pest control in vineyards is driven by interactions between bird functional diversity and landscape heterogeneity. *Journal of applied ecology*, 54(2), 500-508.
- Basile, T., Alba, V., Gentilesco, G., Savino, M., & Tarricone, L. (2018). Anthocyanins pattern variation in relation to thinning and girdling in commercial Sugerthirteen® table grape. *Scientia Horticulturae*, 227, 202-206.
- Baumes, R., Wirth, J., Bureau, S., Gunata, Y., & Razungles, A. (2002). Biogenesis of C13-norisoprenoid compounds: experiments supportive for an apo-carotenoid pathway in grapevines. *Analytica Chimica Acta*, 458(1), 3-14.
- Bergqvist, J., Dokoozlian, N., & Ebisuda, N. (2001). Sunlight Exposure and Temperature Effects on Berry Growth and Composition of Cabernet Sauvignon and Grenache in the Central San Joaquin Valley of California. *American Journal of Enology and Viticulture*, 52.
- Bobeca, N., Poni, S., Hilbert, G., Renaud, C., Gomès, E., Delrot, S., & Dai, Z. (2015). Differential responses of sugar, organic acids and anthocyanins to source-sink modulation in Cabernet Sauvignon and Sangiovese grapevines. *Frontiers in plant science*, 6, 382.
- Bock, A., Sparks, T., Estrella, N., & Menzel, A. (2011). Changes in the phenology and composition of wine from Franconia, Germany. *Climate Research*, 50(1), 69-81.
- Cabral, I., Carneiro, A., Valente, J., Alves, F., Rogerson, F. S., Moreira, A., Costa, P. L., Carvalho, S. M. P., & Queiroz, J. (2019). Efeito da intervenção em verde Crop Focusing na casta Touriga Nacional (*Vitis vinifera* L.).
- Cabral, I., Teixeira, A., Valente, J., Alves, F., Costa, P. L., Rogerson, F. S., Carvalho, S. M. P., Lanoue, A., Gerós, H., & Queiroz, J. (2020). Characterization of the 2018 grapevine-growing season in Douro: is irrigation useful or wasteful?
- Cáceres-Mella, A., Talaverano, M. I., Villalobos-González, L., Ribalta-Pizarro, C., & Pastenes, C. (2017). Controlled water deficit during ripening affects proanthocyanidin synthesis, concentration and composition in Cabernet Sauvignon grape skins. *Plant Physiology and Biochemistry*, 117, 34-41.
- Carbonneau, A. (1976). Principes et méthodes de mesure de la surface foliaire. Essai de caractérisation des types de feuilles dans le genre vitis. *Ann. Amélio. Plantes*, 26, 327-343.
- Carbonneau, A., Jaillard, B., & Deloire, A. (2014). *La Vigne ; Physiologie, Terroir, Culture* (DUNOD Ed.).
- Castellarin, S. D., Matthews, M. A., Di Gaspero, G., & Gambetta, G. A. (2007). Water deficits accelerate ripening and induce changes in gene expression regulating flavonoid biosynthesis in grape berries. *Planta*, 227(1), 101-112.
- Castro, R., Cruz, A., Figueira, L., Botelho, M., Ribeiro, F., Rodrigues, C., & Gomes, C. (2005). *Shoot density and leaf removal effects on microclimate, yield, fruit composition and wine*

- quality of the portuguese vine variety Touriga Nacional*. Paper presented at the XIV èmes Journées GESCO (Grupo de Estudos dos Sistemas de Condução da Vinha), Geisnheim.
- Chalmers, Y. (n.d.). Insights into the relationships between yield and water in wine grapes. In: Wine Australia.
- Champagnol, F. (1984). Elements de Physiologie de la Vigne et de Viticulture Generale.
- Chaves, M., Zarrouk, O., Francisco, R., Costa, J., Santos, T., Regalado, A., Rodrigues, M., & Lopes, C. (2010). Grapevine under deficit irrigation: hints from physiological and molecular data. *Annals of botany*, 105(5), 661-676.
- Choné, X., Trégoat, O., van Leeuwen, C., & Dubourdieu, D. (2000). Vine water deficit : among the 3 applications of pressure chamber, stem water potential is the most sensitive indicator. *OENO One*, 34(4), 169-176.
- Cohen, S. D., Tarara, J. M., & Kennedy, J. A. (2008). Assessing the impact of temperature on grape phenolic metabolism. *Analytica Chimica Acta*, 621(1), 57-67.
- Conde, C., Silva, P., Fontes, N., Dias, A., Tavares, R., Sousa, M., Agasse, A., Delrot, S., & Gerós, H. (2006). Biochemical changes throughout Grape Berry development and fruit and wine quality. *Food*, 1.
- Conradie, W. J., Carey, V. A., Bonnardot, V., Saayman, D., & Schoor, L. H. (2002). Effect of different environmental factors on the performance of Sauvignon blanc grapevines in the Stellenbosch/Durbanville districts of South Africa. I. Geology, soil, climate, phenology and grape composition. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 23, 78-91.
- Cook, M. G., Zhang, Y., Nelson, C. J., Gambetta, G., Kennedy, J. A., & Kurtural, S. K. (2015). Anthocyanin composition of Merlot is ameliorated by light microclimate and irrigation in central California. *American Journal of Enology and Viticulture*, 66(3), 266-278.
- Coombe, B. (1986). *Influence of temperature on composition and quality of grapes*. Paper presented at the Symposium on Grapevine Canopy and Vigor Management, XXII IHC 206.
- Coombe, B. G., & McCarthy, M. (2000). Dynamics of grape berry growth and physiology of ripening. *Australian journal of grape and wine research*, 6(2), 131-135.
- Cosme, F., Gonçalves, B., Inês, A., Jordão, A. M., & Vilela, A. (2016). Grape and wine metabolites: Biotechnological approaches to improve wine quality. *Grape and wine biotechnology*, 187-214.
- Costa, E., da Silva, J. F., Cosme, F., & Jordão, A. M. (2015). Adaptability of some French red grape varieties cultivated at two different Portuguese terroirs: Comparative analysis with two Portuguese red grape varieties using physicochemical and phenolic parameters. *Food Research International*, 78, 302-312.
- Dai, Z. W., Ollat, N., Gomès, E., Decroocq, S., Tandonnet, J.-P., Bordenave, L., Pieri, P., Hilbert, G., Kappel, C., & van Leeuwen, C. (2011). Ecophysiological, genetic, and molecular causes of variation in grape berry weight and composition: a review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 62(4), 413-425.
- Dalla Marta, A., Grifoni, D., Mancini, M., Storchi, P., Zipoli, G., & Orlandini, S. (2010). Analysis of the relationships between climate variability and grapevine phenology in the Nobile di Montepulciano wine production area. *Journal of Agricultural Science*, 148, 657-666.
- Dani, C., Oliboni, L., Vanderlinde, R., Bonatto, D., Salvador, M., & Henriques, J. (2007). Phenolic content and antioxidant activities of white and purple juices manufactured with organically-or conventionally-produced grapes. *Food and Chemical Toxicology*, 45(12), 2574-2580.
- Davies, C. (2017). *Understanding and manipulating small signalling molecules to affect the yield/flavour ('quality') nexus*
- de Oliveira, J. B., Egipto, R., Laureano, O., de Castro, R., Pereira, G. E., & Ricardo-da-Silva, J. M. (2019). Climate effects on physicochemical composition of Syrah grapes at low and high

- altitude sites from tropical grown regions of Brazil. *Food Research International*, 121, 870-879.
- Del-Castillo-Alonso, M. A., Monforte, L., Tomas-Las-Heras, R., Martinez-Abaigar, J., & Nunez-Olivera, E. (2020). Phenolic characteristics acquired by berry skins of *Vitis vinifera* cv. Tempranillo in response to close-to-ambient solar ultraviolet radiation are mostly reflected in the resulting wines. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(1), 401-409.
- Deloire, A. (2010). Grapevine berry morphology and composition: A review. *Wineland Magazine, YearBook*, 104-119.
- Deloire, A., Vaudour, E., Carey, V. A., Bonnardot, V., & Van Leeuwen, C. (2005). Grapevine responses to terroir: a global approach. *OENO One*, 39(4), 149-162.
- Dry, P. R., Loveys, B., McCarthy, M., & Stoll, M. (2001). Strategic irrigation management on Australian vineyards. *Progrès Agricole et Viticole (France)*.
- Dutra, M. d. C. P., Rodrigues, L. L., de Oliveira, D., Pereira, G. E., & Lima, M. d. S. (2018). Integrated analyses of phenolic compounds and minerals of Brazilian organic and conventional grape juices and wines: Validation of a method for determination of Cu, Fe and Mn. *Food chemistry*, 269, 157-165.
- EC, E. C. (n.d.). Organic Farming Statistics. Retirado em 17/04/2020 de https://ec.europa.eu/eurostat/data/database?node_code=org
- Escolhas, G. (2017). Acidez. Retirado em 10/11/2020 de <https://grandesescolhas.com/acidez/>
- Esteban, M., M.J. V.-S., & Lissarrague, J. (2001). Effect of irrigation on changes in the anthocyanin composition of the skin of cv Tempranillo (*Vitis vinifera* L) grape berries during ripening. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81.
- Fang, Y. L., Chen, S. X., & Li, H. (2005). The study on delayed viticulture of winegrape in a Southwestern Hot-Dry Valley Region. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 21, 304-315.
- FIBL/IFOAM. (2020). The World of Organic Agriculture, Statistics and Emerging Trends 2019. Retirado em 17/04/2020 de https://ciaorganico.net/documypublic/486_2020-organic-world-2019.pdf
- Figueiredo, T. d. (2015). Proteção do solo em viticultura de montanha: manual técnico para a região do Douro. In: ADVID—Associação para o Desenvolvimento da Viticultura Duriense.
- Flamini, R., Mattivi, F., De Rosso, M., Arapitsas, P., & Bavaresco, L. (2013a). Advanced knowledge of three important classes of grape phenolics: anthocyanins, stilbenes and flavonols. *Int J Mol Sci*, 14(10), 19651-19669.
- Flamini, R., Mattivi, F., De Rosso, M., Arapitsas, P., & Bavaresco, L. (2013b). Advanced knowledge of three important classes of grape phenolics: anthocyanins, stilbenes and flavonols. *International journal of molecular sciences*, 14(10), 19651-19669.
- Flexas, J., Galmés, J., Gallé, A., Gulías, J., Pou, A., RIBAS-CARBO, M., Tomàs, M., & Medrano, H. (2010). Improving water use efficiency in grapevines: potential physiological targets for biotechnological improvement. *Australian journal of grape and wine research*, 16, 106-121.
- Fraga, H., Santos, J., Malheiro, A., Oliveira, A., Moutinho-Pereira, J., & Jones, G. (2016a). Climatic suitability of Portuguese grapevine varieties and climate change adaptation. *International Journal of Climatology*, 36(1), 1-12.
- Fraga, H., Santos, J., Moutinho-Pereira, J., Carlos, C., Silvestre, J., Eiras-Dias, J., Mota, T., & Malheiro, A. (2016b). Statistical modelling of grapevine phenology in Portuguese wine regions: observed trends and climate change projections. *The Journal of Agricultural Science*, 154(5), 795-811.
- Freitas, V. A., Glories, Y., Bourgeois, G., & Vitry, C. (1998). Characterisation of oligomeric and polymeric procyanidins from grape seeds by liquid secondary ion mass spectrometry. *Phytochemistry*, 49(5), 1435-1441.

- Friend, A. P., & Trought, M. C. T. (2007). Delayed winter spur-pruning in New Zealand can alter yield components of Merlot grapevines. *Australian journal of grape and wine research*, 13(3), 157-164.
- Froni, T., Tombesi, S., Silvestroni, O., Lanari, V., Bellincontro, A., Sabbatini, P., Gatti, M., & Palliotti, A. (2016). Post-Budburst Spur-Pruning Reduces Yield and Delays Fruit Sugar Accumulation in cv. Sangiovese in Central Italy. *American Journal of Enology and Viticulture*, 67.
- Froidevaux, J. S. P., Louboutin, B., & Jones, G. (2017). Does organic farming enhance biodiversity in Mediterranean vineyards? A case study with bats and arachnids. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 249, 112-122.
- Gaigher, R., & Samways, M. J. (2010). Surface-active arthropods in organic vineyards, integrated vineyards and natural habitat in the Cape Floristic Region. *Journal of Insect Conservation*, 14(6), 595-605.
- Gaudin, R., Gary, C., Wéry, J., & Coulon, V. (2012). *Monitoring of irrigation in a Mediterranean vineyard: water balance simulation versus pressure chamber measurement*. Paper presented at the VII International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops 1038.
- Gladstones, J. (1992). *Viticulture and environment: Winetitles*.
- González-Barreiro, C., Rial-Otero, R., Cancho-Grande, B., & Simal-Gándara, J. (2015). Wine aroma compounds in grapes: A critical review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 55(2), 202-218.
- Gouveia, C., Liberato, M. L. R., DaCamara, C. C., Trigo, R. M., & Ramos, A. M. (2011). Modelling past and future wine production in the Portuguese Douro Valley. *Climate Research*, 48(2-3), 349-362.
- Greer, D., & Weston, C. (2010). Heat stress affects flowering, berry growth, sugar accumulation and photosynthesis of *Vitis vinifera* cv. Semillon grapevines grown in a controlled environment. *Functional Plant Biology - FUNCT PLANT BIOL*, 37.
- Gu, S., Jacobs, S. D., McCarthy, B. S., & Gohil, H. L. (2012). Forcing vine regrowth and shifting fruit ripening in a warm region to enhance fruit quality in 'Cabernet Sauvignon' grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 87(4), 287-292.
- Guerra, C. C. (2012). Polifenóis da uva e do vinho. *Embrapa Uva e Vinho-Artigo em periódico indexado (ALICE)*.
- Hale, C., & Buttrose, M. (1974). Effect of temperature on ontogeny of berries of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon.
- Hidalgo, L. (1999). *Tratado de Viticultura General* (M. PRENSA Ed.).
- Hopkins, A. (2020). Climate change forces cognac makers to consider other grape varieties. *The Guardian*.
- Huglin, P., & Schneider, C. (1998). *Biologie et écologie de la vigne: Technique et documentation*.
- Ilc, T., Werck-Reichhart, D., & Navrot, N. (2016). Meta-analysis of the core aroma components of grape and wine aroma. *Frontiers in plant science*, 7, 1472.
- Infovini. (n.d.). Touriga Nacional. Retirado em 06/11/2020 de <http://www.infovini.com/classic/pagina.php?codPagina=45&codCasta=21>
- Intrigliolo, D., & Castel, J. (2009). Response of grapevine cv. 'Tempranillo' to timing and amount of irrigation: Water relations, vine growth, yield and berry and wine composition. *Irrigation Science*, 28, 113-125.
- IPCC. (2007). *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- IPCC. (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*
- IPMA. (n.d.). Normais Climatológicas. Retirado em 06/11/2020 de <https://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/>

- IVDP. (n.d.). Vinha / Região. Retirado em 14/04/2020 de <https://www.ivdp.pt/consumidor/regiao-limite-da-regiao-demarcada-do-douro>
- IVV. (2018a). Castas mais utilizadas.
- IVV. (2018b). Regiões. Douro / Porto. Retirado em 02/03/2020 de <https://www.ivv.gov.pt/np4/77/>
- IVV. (2019). Evolução da Área Total de Vinha - Portugal. Retirado em 10/11/2020 de <https://www.ivv.gov.pt/np4/35/>
- Jackson, D. I., & Lombard, P. B. (1993). Environmental and Management Practices Affecting Grape Composition and Wine Quality - A Review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 44(4), 409-430.
- Jeong, S. T., Goto-Yamamoto, N., Kobayashi, S., & Esaka, M. (2004). Effects of plant hormones and shading on the accumulation of anthocyanins and the expression of anthocyanin biosynthetic genes in grape berry skins. *Plant Science*, 167, 247-252.
- Jones, G. (2007). *Climate change and the global wine industry*. Paper presented at the Proceedings of the 13 th Annual Australian Wine Industry Technical Conference, Adelaide.
- Jones, G. (2012). A climate assessment for the Douro wine region: an examination of the past, present, and future climate conditions for wine production.
- Jones, G. (2013). Uma Avaliação do Clima para a Região Demarcada do Douro: Uma análise das condições climáticas do passado, presente e futuro para a produção de vinho. *ADVID- Associação para o Desenvolvimento da Viticultura*.
- Jones, G., & Alves, F. (2012a). Impact of climate change on wine production: a global overview and regional assessment in the Douro Valley of Portugal. *International Journal of Global Warming*, 4, 383-406.
- Jones, G. V. (2015). Terroir and the Importance of Climate to Vinegrape Production. Retirado em 11/02/2020
- Jones, G. V., & Alves, F. (2012b). Impact of climate change on wine production: a global overview and regional assessment in the Douro Valley of Portugal. *International Journal of Global Warming*, 4(3-4), 383-406.
- Jones, G. V., White, M. A., Cooper, O. R., & Storchmann, K. (2005). Climate change and global wine quality. *Climatic Change*, 73(3), 319-343.
- Keller, M. (2015). *The science of grapevines: anatomy and physiology*: Academic Press.
- Kliewer, W. M. (1977a). Effect of High Temperatures during the Bloom-Set Period on Fruit-Set, Ovule Fertility, and Berry Growth of Several Grape Cultivars. 28(4), 215-222.
- Kliewer, W. M. (1977b). Influence of temperature, solar radiation and nitrogen on coloration and composition of Emperor grapes. *American Journal of Enology and Viticulture*, 28(2), 96-103.
- Kliewer, W. M., & Torres, R. E. (1972a). EFFECT OF CONTROLLED DAY AND NIGHT TEMPERATURES ON GRAPE COLORATION. *American Journal of Enology and Viticulture*, 23(2), 71-&.
- Kliewer, W. M., & Torres, R. E. (1972b). Effect of Controlled Day and Night Temperatures on Grape Coloration. *American Journal of Enology and Viticulture*, 23(2), 71-77.
- Kremen, C., Williams, N. M., & Thorp, R. W. (2002). Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(26), 16812-16816.
- Kriedemann, P. E., & Goodwin, I. (2003). Regulated deficit irrigation and partial rootzone drying.
- Kristiansen, P., Taji, A., & Reganold, J. P. (2006). *Organic agriculture: a global perspective*: CSIRO publishing.
- Kuhn, N., Guan, L., Dai, Z. W., Wu, B.-H., Lauvergeat, V., Gomès, E., Li, S.-H., Godoy, F., Arce-Johnson, P., & Delrot, S. (2013). Berry ripening: recently heard through the grapevine. 65(16), 4543-4559.

- Kyraleou, M., Kotseridis, Y., Koundouras, S., Chira, K., Teissedre, P. L., & Kallithraka, S. (2016). Effect of irrigation regime on perceived astringency and proanthocyanidin composition of skins and seeds of *Vitis vinifera* L. cv. Syrah grapes under semiarid conditions. *Food Chem*, 203, 292-300.
- Labruwere, A., Schirmer, R., & Spurr, M. (2015). *Les Vin de France et du Monde*: Nathan
- Lante, A., Crapisi, A., Lomolino, G., & Spettoli, P. (2004). Chemical parameters, biologically active polyphenols and sensory characteristics of some Italian organic wines. *Journal of wine research*, 15(3), 203-209.
- Li-Cor. (1996). LI-3100 Area Meter Instruction Manual. Retirado em 08/06/2020 de <https://www.licor.com/documents/mic5csqh1d11skf7n1uo>
- Li-Cor. (n.d.). LI-3100C Area Meter. Retirado em 31/07/2020 de https://www.licor.com/env/products/leaf_area/LI-3100C/
- Lopes, C., & Pinto, P. (2005). Easy and accurate estimation of grapevine leaf area with simple mathematical models. *Vitis*, 44(2), 55-61.
- Lovisol, C., Perrone, I., Carra, A., Ferrandino, A., Flexas, J., Medrano, H., & Schubert, A. (2010). Drought-induced changes in development and function of grapevine (*Vitis* spp.) organs and in their hydraulic and non-hydraulic interactions at the whole-plant level: A physiological and molecular update. *Functional Plant Biology*, 37, 98-116.
- Lovisol, C., Perrone, I., Hartung, W., & Schubert, A. (2008). An abscisic acid-related reduced transpiration promotes gradual embolism repair when grapevines are rehydrated after drought. *New phytologist*, 180(3), 642-651.
- Magalhães, N. (2008). *Tratado de viticultura. A videira, a vinha e o terroir* (Vol. 605): Publicações Chaves Ferreira, Lisboa.
- Martínez-Moreno, A., Sanz, F., Yebes, A., Gil-Muñoz, R., Martínez, V., Intrigliolo, D. S., & Buesa, I. (2019). Forcing bud growth by double-pruning as a technique to improve grape composition of *Vitis vinifera* L. cv. Tempranillo in a semi-arid Mediterranean climate. *Scientia Horticulturae*, 256, 108614.
- McCarthy, M. G. (2000). Developmental variation in sensitivity of *Vitis vinifera* L. (Shiraz) berries to soil water deficit. *Australian journal of grape and wine research*, 6(2), 136-140.
- Mirás-Avalos, J. M., Trigo-Córdoba, E., Bouzas-Cid, Y., & Orriols-Fernández, I. (2016). Irrigation effects on the performance of grapevine (*Vitis vinifera* L.) cv. 'Albariño' under the humid climate of Galicia. *OENO One*, 50(4).
- Molitor, D., Junk, J., Evers, D., Hoffmann, L., & Beyer, M. (2014). A High-Resolution Cumulative Degree Day-Based Model to Simulate Phenological Development of Grapevine. 65(1), 72-80.
- Moncorvo, C. M. (s.d.). Vale da Vilarica. Retirado em 10/03/2020 de http://www.cm-moncorvo.pt/pages/819?poi_id=110
- Moran, M., Bastian, S., Petrie, P., & Sadras, V. (2017). Late pruning impacts on chemical and sensory attributes of Shiraz wine. *Australian journal of grape and wine research*.
- Moran, M., Petrie, P., & Sadras, V. (2019). Effects of late pruning and elevated temperature on phenology, yield components, and berry traits in Shiraz. *American Journal of Enology and Viticulture*, 70(1), 9-18.
- Mori, K., Goto-Yamamoto, N., Kitayama, M., & Hashizume, K. (2007). Loss of anthocyanins in red-wine grape under high temperature. *Journal of Experimental Botany*, 58(8), 1935-1945.
- Moutinho-Pereira, J. M. (2000). *Caracterização fisiológica e agronómica de diferentes estratégias culturais para minimizar o stress estival em Vitis vinifera L. na Região Demarcada do Douro*. (Tese de Doutoramento). UTAD, Vila Real,
- Mullins, M. G., Bouquet, A., & Williams, L. E. (1992). *Biology of the grapevine*: Cambridge University Press.
- Neves, M. M. (2012). *Conversão para viticultura biológica*. Instituto de Viana do Castelo,

- Niculcea, M., López, J., Sánchez-Díaz, M., & Antolín, M. (2014). Involvement of berry hormonal content in the response to pre- and post-veraison water deficit in different grapevine (*Vitis vinifera* L.) cultivars. *Australian journal of grape and wine research*, 20.
- Nogueira, P. (2016). A região Demarcada do Douro. Retirado em 01/03/2020 de <https://historiaschistoria.blogspot.com/2015/10/a-regiao-demarcada-do-douro.html>
- Obrique-Slier, E., Pena-Neira, A., Lopez-Solis, R., Zamora-Marin, F., Ricardo-da Silva, J. M., & Laureano, O. (2010). Comparative study of the phenolic composition of seeds and skins from Carmenere and Cabernet Sauvignon grape varieties (*Vitis vinifera* L.) during ripening. *J Agric Food Chem*, 58(6), 3591-3599.
- OIV. (2010). Definition of vitiviculture "Terroir". Retirado em 08/02/2020 de <http://www.oiv.int/en/technical-standards-and-documents/resolutions-of-the-oiv/viticulture-resolutions>
- Ojeda, H., Deloire, A., & Carbonneau, A. (2001). Influence of water deficits on grape berry growth. *Vitis*, 40(3), 141-145.
- Orduna, R. M. (2010). Climate change associated effects on grape and wine quality and production. *Food Research International*, 43(7), 1844-1855.
- Ortega-Regules, A., Romero-Cascales, I., López-Roca, J. M., Ros-García, J. M., & Gómez-Plaza, E. (2006). Anthocyanin fingerprint of grapes: environmental and genetic variations. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(10), 1460-1467.
- Palliotti, A., Frioni, T., Tombesi, S., Sabbatini, P., Cruz-Castillo, J., Lanari, V., Silvestroni, O., Gatti, M., & Poni, S. (2017). Double-Pruning Grapevines as a Management Tool to Delay Berry Ripening and Control Yield. *American Journal of Enology and Viticulture*, 68, ajev.2017.17011.
- Palliotti, A., & Poni, S. (2016). Grapevine under light and heat stresses. *Grapevine in a changing environment: A molecular and ecophysiological perspective*, 148-178.
- Pérez-Magariño, S., & González-San José, M. L. (2006). Polyphenols and colour variability of red wines made from grapes harvested at different ripeness grade. *Food chemistry*, 96(2), 197-208.
- Peynaud, E. (1989). *Enologia Pratica*. Madrid: Mundi-prensa.
- Pou, A., Balda, P., Albacete, A., & Toda, F. M. (2019). Forcing vine regrowth to delay ripening and its association to changes in the hormonal balance. *Vitis*, 58 (2019).
- Prats-Llinàs, M. T., Nieto, H., DeJong, T. M., Girona, J., & Marsal, J. (2020). Using forced regrowth to manipulate Chardonnay grapevine (*Vitis vinifera* L.) development to evaluate phenological stage responses to temperature. *Scientia Horticulturae*, 262, 109065.
- Prichard, T., Hanson, B., Schwankl, L., Verdegaal, P., & Smith, R. (2004). *Deficit Irrigation of Quality Winegrapes Using Micro-Irrigation Techniques*. California: University of California Cooperative Extension.
- Puig-Montserrat, X., Stefanescu, C., Torre, I., Palet, J., Fàbregas, E., Dantart, J., Arrizabalaga, A., & Flaquer, C. (2017). Effects of organic and conventional crop management on vineyard biodiversity. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 243, 19-26.
- Queiroz, J. B. L. d. (2002). *Condução e relações rendimento qualidade de castas nobres do Douro*. Universidade do Porto. Reitoria,
- Radić, T., Likar, M., Hančević, K., Bogdanović, I., & Pasković, I. (2014). Occurrence of root endophytic fungi in organic versus conventional vineyards on the Croatian coast. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 192, 115-121.
- Retallack, M. (2011). *VINEYARD BIODIVERSITY AND INSECT INTERACTIONS - Establishing and monitoring insectariums*. Paper presented at the GWRDC Regional - SA Central Australia.
- Ribéreau-Gayon, P., Glories, Y., Maujean, A., & Dubourdieu, D. (2006). *Handbook of Enology, Volume 2: The Chemistry of Wine-Stabilization and Treatments* (Vol. 2): John Wiley & Sons.

- Robinson, A. L., Boss, P. K., Solomon, P. S., Trengove, R. D., Heymann, H., & Ebeler, S. E. (2014). Origins of Grape and Wine Aroma. Part 1. Chemical Components and Viticultural Impacts. *American Journal of Enology and Viticulture*, 65(1), 1-24.
- Rodrigues, M., Chaves, M., Wendler, R., David, M., Quick, W., Leegood, R., Stitt, M., & Pereira, J. (1993). Osmotic adjustment in water stressed grapevine leaves in relation to carbon assimilation. *Functional Plant Biology*, 20(3), 309-321.
- Ryona, I., Pan, B. S., Intrigliolo, D. S., Lakso, A. N., & Sacks, G. L. (2008). Effects of cluster light exposure on 3-isobutyl-2-methoxypyrazine accumulation and degradation patterns in red wine grapes (*Vitis vinifera* L. Cv. Cabernet Franc). *J Agric Food Chem*, 56(22), 10838-10846.
- Santos, J., Graetsch, S., Karremann, M., Jones, G., & Pinto, J. (2013). Ensemble projections for wine production in the Douro Valley of Portugal. *Climatic Change*, 117, 211-225.
- Santos, J. A., Malheiro, A. C., Karremann, M. K., & Pinto, J. G. (2011). Statistical modelling of grapevine yield in the Port Wine region under present and future climate conditions. *International Journal of Biometeorology*, 55(2), 119-131.
- Scholander, P. F., Bradstreet, E. D., Hemmingsen, E., & Hammel, H. (1965). Sap pressure in vascular plants: negative hydrostatic pressure can be measured in plants. *Science*, 148(3668), 339-346.
- Scholasch, T., & Rienth, M. (2019). Review of water deficit mediated changes in vine and berry physiology; Consequences for the optimization of irrigation strategies. *OENO One*, 53(3).
- Schultz, H. (1995). Water relations and photosynthetic responses of two grapevine cultivars of different geographical origin during water stress. *Strategies to Optimize Wine Grape Quality* 427, 251-266.
- Sepúlveda, G., & Kliewer, W. M. (1986). Effect of high temperature on grapevines (*Vitis vinifera* L.). II. Distribution of soluble sugars. *American Journal of Enology and Viticulture*, 37(1), 20-25.
- Silva, N. (2019). Caracterização da Região Demarcada do Douro. Retirado em 26/02/2020 de <https://www.clubevinhosportugueses.pt/vinhos/caracterizacao-da-regiao-demarcada-do-douro/>
- Smart, R., & Robinson, M. (1991). *Sunlight Into Wine: A Handbook for Winegrape Canopy Management*: Winetitles.
- Smart, R., Shaulis, N., & Lemon, E. (1982). The effect of Concord vineyard microclimate on yield. I. The effects of pruning, training, and shoot positioning on radiation microclimate. *American Journal of Enology and Viticulture*, 33(2), 99-108.
- Soar, C. J., Collins, M. J., & Sadras, V. O. (2009). Irrigated Shiraz vines (*Vitis vinifera*) upregulate gas exchange and maintain berry growth in response to short spells of high maximum temperature in the field. *Functional Plant Biology*, 36(9), 801-814.
- Sogrape. (s.d.). Douro/Solo. Retirado em 10/03/2020 de <https://www.sograpevinhos.com/regioes/Douro/Solo>
- Stoll, M., Loveys, B., & Dry, P. (2000). Hormonal changes induced by partial rootzone drying of irrigated grapevine. *Journal of experimental botany*, 51(350), 1627-1634.
- Symington. (s.d.). Quinta do Ataíde. Retirado em 10/03/2020 de <https://pt.symington.com/vinha/quinta-do-ataide>
- Tarara, J. M., Lee, J., Spayd, S. E., & Scagel, C. F. (2008). Berry temperature and solar radiation alter acylation, proportion, and concentration of anthocyanin in Merlot grapes. *American Journal of Enology and Viticulture*, 59(3), 235-247.
- Teixeira, A., Eiras-Dias, J., Castellarin, S. D., & Gerós, H. (2013). Berry phenolics of grapevine under challenging environments. *International journal of molecular sciences*, 14(9), 18711-18739.
- Tian, T., & Gu, S. L. (2019). Improving fruit anthocyanins in 'Cabernet Sauvignon' by shifting fruit ripening and irrigation reduction post veraison in warmer region. *Vitis*, 58(1), 23-31.

- Toda, F. M., Garcia, J., & Balda, P. (2019). Preliminary results on forcing vine regrowth to delay ripening to a cooler period. *Vitis*, 58(1), 17-22.
- Tomás, M., Medrano, H., Pou, A., Escalona, J., Martorell, S., Ribas-Carbó, M., & Flexas, J. (2012). Water-use efficiency in grapevine cultivars grown under controlled conditions: effects of water stress at the leaf and whole-plant level. *Australian journal of grape and wine research*, 18(2), 164-172.
- Tonietto, J., & Carbonneau, A. (2004). A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. *Agricultural and Forest Meteorology*, 124(1-2), 81-97.
- van Leeuwen, C., Destrac-Irvine, A., Dubernet, M., Duchene, E., Gowdy, M., Marguerit, E., Pieri, P., Parker, A., de Resseguier, L., & Ollat, N. (2019). An Update on the Impact of Climate Change in Viticulture and Potential Adaptations. *Agronomy-Basel*, 9(9), 20.
- Van Leeuwen, C., Friant, P., Chone, X., Tregoat, O., Koundouras, S., & Dubourdieu, D. (2004). Influence of climate, soil, and cultivar on terroir. *American Journal of Enology and Viticulture*, 55(3), 207-217.
- Van Leeuwen, C., & Seguin, G. (2006). The concept of terroir in viticulture. *Journal of wine research*, 17(1), 1-10.
- Van Leeuwen, C., Trégoat, O., Choné, X., Bois, B., Pernet, D., & Gaudillère, J.-P. (2009). Vine water status is a key factor in grape ripening and vintage quality for red Bordeaux wine. How can it be assessed for vineyard management purposes? *OENO One*, 43(3), 121-134.
- Van Niekerk, J. M., Bester, W., Halleen, F., Crous, P. W., & Fourie, P. H. (2011). The distribution and symptomatology of grapevine trunk disease pathogens are influenced by climate. *Phytopathologia Mediterranea*, 50, S98-S111.
- Waite, R. (2012). Acordadas novas regras da UE para o «vinho biológico». Retirado em 20/04/2020 de https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/pt/IP_12_113
- Wickramasinghe, L. P., Harris, S., Jones, G., & Vaughan Jennings, N. (2004). Abundance and species richness of nocturnal insects on organic and conventional farms: effects of agricultural intensification on bat foraging. *Conservation Biology*, 18(5), 1283-1292.
- Williams, L., & Araujo, F. J. (2002). Correlations among Predawn Leaf, Midday Leaf, and Midday Stem Water Potential and their Correlations with other Measures of Soil and Plant Water Status in *Vitis vinifera*. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 127, 448-454.
- Williams, L. E., & Biscay, P. J. (1991). Partitioning of Dry Weight, Nitrogen, and Potassium in Cabernet Sauvignon Grapevines From Anthesis Until Harvest. *American Journal of Enology and Viticulture*, 42(2), 113-117.
- Zsófi, Z., Villangó, S., Pálfi, Z., Tóth, E., & Bálo, B. (2014). Texture characteristics of the grape berry skin and seed (*Vitis vinifera* L. cv. Kékfrankos) under postveraison water deficit. *Scientia Horticulturae*, 172, 176-182.

Anexos I – Registo Fotográfico



Figura 55. Aspeto das videiras CF1 e CF2, respetivamente. (Quinta do Ataíde, 30 de junho de 2020).



Figura 56. Diferentes estados de desenvolvimento, no mesmo dia, nas videiras CF0, CF1 e CF2, respetivamente. (Quinta do Ataíde, 14 de julho de 2020).



Figura 57. Diferentes estados de desenvolvimento, no mesmo dia, nas videiras CF0, CF1 e CF2, respetivamente. (Quinta do Ataíde (7 de setembro de 2020)).



Figura 58. Diferentes estados de desenvolvimento, no mesmo dia, nas videiras CF1 e CF2, respetivamente. (Quinta do Ataíde (22 de setembro de 2020)).



Figura 59. Diferentes estados de desenvolvimento, no mesmo dia, nas videiras CF1 e CF2, respetivamente. (Quinta do Ataíde (6 de outubro de 2020)).

Anexos II – Estágio de Vindima na Quinta das Arcas

Neste anexo apresentam-se outras tarefas realizadas no período após a conclusão da componente lectiva, nomeadamente o Estágio de Vindima na Quinta das Arcas.

Fundada em 1985 por Esteves Monteiro, a Quinta das Arcas Sociedade Agrícola tem um forte enfoque no emparcelamento e implementação de uma viticultura moderna. Tem uma produção total a rondar os 2 500 000 litros, com cerca de 200 ha de vinha localizados em Sobrado, Gandra e Galegos. Além das quintas nestas localidades, esta empresa contém ainda cerca de 120 ha de vinhedos na região de Borba.

Apesar de ter de fazer ainda algumas deslocações à Quinta do Ataíde para algumas medições, foi possível realizar o estágio de vindima na Quinta das Arcas, em Sobrado. Estágio este que decorreu entre 24 de agosto e 16 de outubro.

Ao longo deste estágio tive a possibilidade de acompanhar o processo de produção de Vinhos Verdes, através da realização de análises laboratoriais, acompanhamento de controlo de maturação e alguns trabalhos de adegagem e da linha de enchimento.

O processo de vinificação pode ser descrito de uma forma simples: as uvas brancas eram pesadas nos camiões e descarregadas para um tegão, que conduzia as uvas ao desengaçador/esmagador através de um parafuso sem-fim, das quais eram encaminhadas para a prensa pneumática. O mosto, posteriormente, era introduzido num balão onde se fazia a sua flotação e era encaminhado para as cubas de fermentação, com o respetivo inóculo de leveduras. No caso das uvas tintas, havia dois processos diferentes: um deles, as uvas eram descarregadas diretamente no lagar; o outro, as uvas eram descarregadas no tegão, passavam no desengaçador/esmagador e introduzidas numa cuba de fermentação.

Durante todo este processo, eram realizadas análises químicas, das quais eu estava responsável. Em primeiro lugar, nas uvas brancas, enquanto o mosto estava a cair no balão, era controlado o SO_2 livre, sendo que este não poderia ser muito baixo (visto que não se pretendia que as uvas começassem a fermentar, nem que o mosto oxidasse) e também não poderia ser muito alto (visto que, posteriormente, se queria que a fermentação arrancasse, não se pretendia que surgissem aromas desagradáveis, nem que se tornasse um produto prejudicial à saúde). Contrariamente, no caso das uvas

tintas, este não era controlado, visto que não era aplicado sulfuroso, através da bomba, para não haver perdas na intensidade da cor. Em segundo lugar, nas uvas brancas, após a realização da flotação, era realizada a análise inicial, onde se verificava o álcool provável (%), através de um refratómetro, o pH, a acidez total (g/L) e o SO₂ livre (g/L) (os dois últimos através de titulação). No caso das uvas tintas, a análise inicial era a mesma, no entanto o SO₂ livre era confirmado através de um medidor de SO₂, visto que através de titulação se tornava difícil ver a mudança da cor.

Feita a análise inicial e quando as uvas brancas se encontravam nas cubas de fermentação, eram realizados controlos diários, de todos os mostos que se encontravam em fermentação em lagares ou cubas, efetuados duas vezes por dia, da temperatura (°C) e densidade (g/cm³).

Assim que a fermentação abrandasse, eram realizadas as análises finais de fermentação, muito semelhantes às iniciais, onde se avaliava o álcool, através de um ebulliómetro, pH, acidez total, acidez volátil (através de um aparelho de destilação Cazenave-Ferré era realizada a ebulição da amostra, recolhidos 100 ml do destilado e realizada a titulação), SO₂ livre, SO₂ total e, no caso das uvas brancas, o teor de açúcares por titulação.

Posto isto, o vinho, passava para lote final, ou eram realizados os lotes, dos quais eram executadas, mais uma vez, análises iguais à análise final de fermentação.

No caso dos vinhos tintos, após a fermentação alcoólica, era monitorizada a fermentação malolática, através do pH e acidez total. Assim, que os valores – medidos uma vez por dia – estagnassem, queria dizer que a fermentação malolática tinha sido realizada e o vinho era enviado para um laboratório, para confirmar isto.

Ainda nas análises laboratoriais, realizei controlos de maturação e análises a vinhos que iam entrar para a linha de enchimento e que já estavam engarrafados, na linha de enchimento. Nos controlos de maturação era avaliado o álcool provável, pH e acidez total. Já nos vinhos da linha de enchimento eram realizadas avaliações ao álcool, pH, acidez total, acidez volátil e SO₂ livre. Antes de entrar para a linha de enchimento, realizava, também, o teste de estabilidade tartárica.

Além destas análises, realizei inoculações com leveduras, e a meio da fermentação de cada cuba, coloquei nutrientes para as leveduras.