

Estabelecimento de Padrões Nutricionais para a Videira com recurso ao Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS)

Anabela de Amaral Oliveira Carneiro

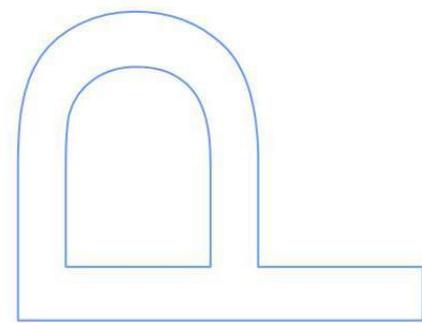
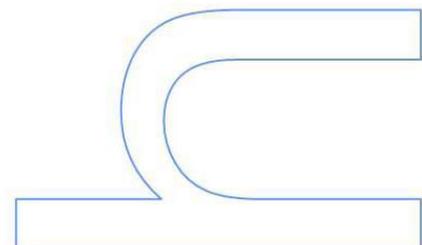
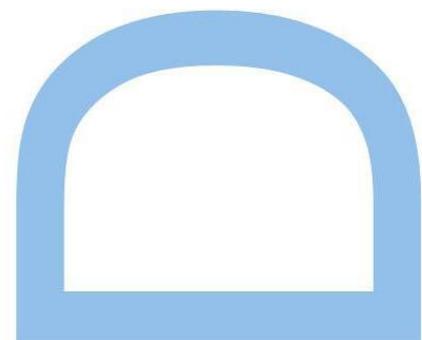
Tese de Doutoramento apresentada à
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
Curso de Ciências Agrárias
Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território
2014

Orientador

Prof. Doutor Jorge Bernardo Lacerda de Queiroz
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Coorientador

Prof. Doutor Mário Manuel Miranda Furtado Campos Cunha
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto



Dissertação submetida à Faculdade de Ciências da Universidade do Porto para
a obtenção do grau de Doutor em Ciências Agrárias

À minha Família

Agradecimentos

Em primeiro lugar, ao Professor Doutor Jorge Queiroz, excepcional professor e orientador que me acompanha há já vários anos. Estou-lhe muito grata por ter acreditado em mim e nas minhas capacidades e por me ter lançado este desafio. A par da amizade e da sua pronta disponibilidade, agradeço ainda o apoio técnico-científico próximo e regular deste trabalho de doutoramento, a ajuda em determinados trabalhos de campo, as horas de dedicação e a revisão aprofundada do mesmo.

Ao Professor Doutor Mário Cunha, pela co-orientação deste trabalho. Foi uma pessoa de inquestionável importância no desenvolvimento do trabalho não só pelo acompanhamento de todo o processo como também pelos ensinamentos transmitidos. O seu saber e a sua curiosidade científica estimularam o meu sentido crítico e a minha persistência em querer aprofundar mais e melhor esta investigação. Agradeço ainda

as muitas horas despendidas na programação dos modelos estatísticos e na revisão cuidada do texto.

À EOR – Laboratório de Análises Químicas, Lda., especialmente na pessoa do Eng. Óscar Pereira, a quem devo o tema deste trabalho, todo o trabalho inicial de pesquisa acerca do DRIS, a formação laboratorial, bem como o apoio financeiro na execução das análises de terras e de folhas.

À SAPEC AGRO Portugal, na pessoa do Eng. Luís Silva, que depois de ouvir uma breve descrição do meu trabalho de investigação a nível da temática de fertilização da vinha, perante o meu pedido de colaboração, não tardou a dar-me uma resposta positiva, manifestando todo o interesse da empresa no desenvolvimento desta investigação. Agradeço a oferta dos adubos usados, bem como a ajuda na interpretação dos resultados analíticos e a formulação das fertilizações a efetuar.

À Comissão de Viticultura da Região dos Vinhos Verdes – CVRVV, por ter permitido que parte deste trabalho tivesse lugar na Estação Vitivinícola Amândio Galhano. Agradeço, não só à Doutora Teresa Mota, tão prestável e interessada, tendo acompanhado de perto este trabalho, como também ao Eng. Garrido por ter disponibilizado alguns recursos necessários ao desenvolvimento do estudo e estar sempre disposto a ajudar. Agradeço igualmente à Dra. Conceição Osório sempre disponível para as consultas bibliográficas, ao Laboratório da CVRVV, na pessoa do Dr. António Cerdeira, o qual se encarregou de algumas análises de maturação à data de vindima, bem como a todos os funcionários da Comissão que, direta ou indiretamente, colaboraram comigo.

À empresa Barros, Almeida e C.^a, S.A., mais tarde Sogevinus Fine Wines, por todas as facilidades e meios proporcionados. Agradeço também aos Eng.^{os} José Manso e Márcio Nóbrega pelo tempo despendido no apoio a todas as questões que pareciam mais difíceis, como também pelos seus conselhos e interesse demonstrado. Não poderei esquecer a Dra. Carla Tiago, uma excelente profissional, a quem sempre recorri no auxílio do trabalho laboratorial, nem de todos os funcionários da empresa, sempre afáveis e prontos a ajudar.

Ao Everglades Research and Education Center, um centro de pesquisa do Institut of Food and Agricultural Sciences da University of Florida (UF/IFAS), por me ter recebido num estágio de três meses com o objetivo de aprofundar a aplicação dos conhecimentos da metodologia DRIS e dos processos de análise laboratorial de terras. Os meus sinceros agradecimentos ao Doutor Mabry McCray e ao Dr. Shangning Ji por me terem recebido de braços abertos e por todo o apoio e amizade que me

transmitiram durante a estadia em Belle Glade. Agradeço também à Kathleen Krawchuk pela sua simpatia e por toda a ajuda prestada na obtenção de material de pesquisa.

Ao Professor Doutor Luís Cunha, pela disponibilidade e ensinamentos transmitidos, sempre que solicitados, bem como pelo esclarecimento das dúvidas e sugestões apontadas.

Ao Eng. António Guerra, pela sua total disponibilidade e pelo apoio na recomendação da fertilização ao solo levada a cabo na Quinta de S. Luiz. O conhecimento e a experiência teórico-prática transmitidos ao longo das muitas conversas foram de inegável importância para o desenrolar deste trabalho.

Ao Doutor Pedro Jordão, pela incansável ajuda na interpretação e na discussão dos resultados nutricionais. O seu profundo saber e a sua visão apaixonada pela matéria em questão ajudaram-me a esclarecer muitas dúvidas e sobretudo a encarar a fertilização sob outro ângulo.

À Doutora Isabel Poças e à Dr.^a Arlete Rodrigues pelos seus ensinamentos no funcionamento e calibração de alguns instrumentos de medição. Agradeço ainda à primeira a partilha de informação, a enorme prontidão e constante vontade de ajudar e à segunda a boa-vontade em acompanhar-me em algumas saídas de campo.

À Associação para o Desenvolvimento da Viticultura Duriense – ADVID, pela sua capacidade de trabalho e relação de proximidade, permitindo-me e facilitando-me o acesso a um conjunto de dados climáticos, necessários à caracterização dos anos agrícolas em estudo.

Ao Eng. António Magalhães e à empresa The Fladgate Partnership por me terem facultado os dados meteorológicos da Quinta da Roeda, respeitantes aos anos em que decorreu este trabalho.

Ao Laboratório da Agros, pela cedência da utilização de alguns equipamentos de análise laboratorial.

Ao Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva, especialmente à Doutora Fátima Calouro e à Mestre Anabela Veloso, por colocarem à minha disposição publicações científicas e metodologias correntes de análise laboratorial.

Ao Projeto Ideia da Agência de Inovação – ADI, a minha primeira experiência como bolsista ligada ao projeto FERTISOFT. Foi através deste projeto que surgiu o interesse pelo DRIS e o estímulo para continuar a estudar esta temática.

À Fundação para a Ciência e Tecnologia – FCT, pelo financiamento da bolsa de doutoramento (SFRH/BD/37367/2007).

Não poderei esquecer todos os meus amigos, familiares e colegas: a Joana Alegria, o Pedro Paixão, o Pedro Machado, a Mafalda Machado, o António Fonseca, o Luís Ferreira, a Joana Menezes, a Cláudia Carvalho, o Fábio Santos... e tantos outros que, das formas mais diversa, dedicaram um pouquinho da sua vida ao meu projeto. A título póstumo, fica também o meu agradecimento ao Eduardo Rosinhas.

Por fim, agradeço à minha mãe pela paciência com que encarou estes anos da minha vida. Um muito obrigada pelas infinitas horas que passou comigo nas vinhas, abdicando do seu tempo livre. O estímulo, a determinação e o apoio que me transmitiu foram fundamentais para levar a bom porto este projeto e,

Ao Rui, meu companheiro e ajudante de serviço, que tantas vezes me seguiu quer de noite, quer de dia, ora em dias tórridos ora em épocas de intenso frio e chuva. Sem a sua preciosa ajuda, várias etapas do meu trabalho seriam bem mais penosas ou, simplesmente, não se teriam concretizado. Agradeço também a enorme paciência e a calma que me soube transmitir assim como o seu empenho em cuidar de mim.

A todos, um bem-haja!

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo principal o estabelecimento de padrões nutricionais para a vinha, com recurso ao Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação, em língua inglesa Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). Adicionalmente, pretendeu-se estudar o efeito da aplicação de diferentes meios de diagnóstico e recomendação de fertilização de culturas nos parâmetros ecofisiológicos, de produção e de qualidade dos mostos de duas castas de referência – Loureiro e Touriga Nacional – em duas regiões vitícolas distintas – a Região dos Vinhos Verdes e a Região Demarcada do Douro. Propôs-se ainda averiguar a aplicabilidade de técnicas de deteção remota no controlo nutricional de parcelas de vinhas.

Numa primeira fase, tendo em conta a inexistência de normas de referência DRIS para a cultura da vinha a nível nacional, estabeleceram-se parcerias com várias associações vitícolas com vista a desenvolver esses mesmos índices. Posteriormente, entre os anos vitícolas de 2009 e de 2012, desenvolveram-se dois ensaios de comparação de diferentes metodologias de diagnóstico e fertilização. O delineamento experimental foi do tipo Split-plot, em que três modalidades de diagnóstico de fertilização (Critério de Intervalos de Suficiência, DRIS 1, aplicado segundo o método desenvolvido por Beaufigli em 1973 e DRIS 2, modificado de acordo com a metodologia proposta por Jones em 1981) e uma de controlo (Testemunha) foram distribuídas no terreno segundo blocos casualizados. No período intermédio, julgou-se necessário a introdução de uma sub-modalidade de adubação do solo, o que levou a que este delineamento se tornasse mais próximo de um Split-split-plot. Em todos os anos foram colhidas amostras de terra de modo a caracterizar a fertilidade do solo e efetuadas análises de folhas em diferentes épocas do ciclo de desenvolvimento da videira. Os anos do ensaio foram caracterizados de acordo com os dados fenológicos e climáticos, o potencial foliar e o estado sanitário. As medições eco-fisiológicas compreenderam a caracterização do coberto vegetal. A avaliação do rendimento baseou-se no registo de fertilidade e nos resultados da produção à vindima, tendo a estimação do vigor incluído a contagem e pesagem das varas da poda e o estabelecimento de relações de Frutificação/Vegetação. Por sua vez, as componentes de qualidade foram determinadas entre o período de maturação e a vindima. O diagnóstico nutricional e a recomendação de fertilização fizeram-se sempre de acordo com as modalidades selecionadas. No decorrer desta fase do trabalho, aumentou-se a base de dados de DRIS, atualizando as suas normas e índices.

Adicionalmente, averiguou-se a aplicabilidade de técnicas de deteção remota com sensores de proximidade como medida de monitorizar a nutrição vitícola.

Em conclusão, refira-se o estabelecimento das normas preliminares DRIS para a cultura da vinha em Portugal, bem como a criação de um *software* informático que permite o cálculo dos índices DRIS de uma forma expedita. Nos ensaios de campo, onde se testou o desempenho de diferentes modalidades de fertilização, não se verificaram diferenças estatísticas significativas entre a maioria dos parâmetros analisados, sobrepondo-se o efeito inter-anual. É de destacar a superioridade da modalidade com fertilização ao solo, verificada na parcela de Touriga Nacional. Em relação aos índices de vegetação estabelecidos, apresentam-se algumas relações interessantes que terão de ser validadas em futuros ensaios, de modo a permitirem o diagnóstico pré-sintomático dos vários *stresses* a que as plantas estão sujeitas.

Abstract

The aim of this work was the establishment of nutritional standards for vineyards using the Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). Additionally this study focused on the effect of different diagnostic and recommendation fertilization methods in ecophysiological parameters, production and quality of grapes of two reference varieties - Loureiro and Touriga Nacional - in two distinct growing regions - the Vinhos Verdes Region and the Douro Region. It also attempted to determine the applicability of remote sensing techniques as a way of monitoring the nutritional status of vineyards.

Given the lack of reference of DRIS norms for Portuguese vineyards, the first step, was to establish partnerships with several wine associations to develop this DRIS indices. Later, between the years of 2009 and 2012, a field trial was established to test

and compare different methodologies for diagnosis and fertilization. The experimental design was randomized Split-plot, in which three diagnostic and fertilization treatments (Sufficiency Range Approach, DRIS 1 applied according to the method developed by Beaufrès in 1973, DRIS 2 modified in accordance with the methodology proposed by Jones in 1981) and Control were arranged in randomized blocks. In the mid period, it was introduced a sub-type of soil fertilization, which led this essay closer to a split-split-plot design. During the four years period, soil samples were collected in order to characterize the soil fertility and leaf analyzes were performed across different periods of the vineyard development. The years of the trial were characterized according to the phenological and climatic data, leaf water potential measurements and sanitary information. The eco physiological items included canopy characterization and vine vigor measurements comprised the cane count and the pruning weight as well as the establishment of Fruiting / Vegetation relationships. On the other hand, the quality grapes components were determined from the period of maturation until harvest. Nutritional diagnosis and fertilization recommendation was always made in accordance with current procedures. During this period, it was increased the DRIS database, updating its standards and indexes.

Also, the applicability of remote sensing techniques with proximity sensors as a measure to monitor the vineyard nutrition was investigated.

In conclusion it should be noted the establishment of the preliminary DRIS norms for vines in Portugal as well as the development of a DRIS software that allows the calculation of DRIS indices in a simple way. The performance of different methods of fertilization was no statistically significant between most of the parameters analyzed in the field trial. However, the inter-annual effect was remarkable. We highlight the superiority of the soil fertilization treatment, when applied to Touriga Nacional. Regarding vegetation indices, we present some interesting relationships that need to be validated in future studies, in order to allow the presymptomatic diagnosis of various stresses to which plants are subjected.

Palavras-chave/Keywords

DRIS / DRIS

Normas DRIS / DRIS norms

Vinha / Vineyard

Fertilização / Fertilization

Touriga Nacional / Touriga Nacional

Loureiro / Loureiro

Deteção remota / Remote sensing

Índices de vegetação / Vegetation Indices

Índice

Resumo	I
Abstract	III
Palavras-chave/Keywords	V
Índice	VII
Índice de Figuras	XV
Índice de Tabelas	XXIII
Lista de símbolos e abreviaturas	XXIX
I. Introdução	1
II. Revisão Bibliográfica	3
1. A produção agrícola e os desafios da nutrição vegetal	3
2. O Processo de diagnóstico nutricional	4

3.	Métodos de análise e interpretação dos resultados analíticos baseados em análises foliares	6
3.1.	Valor Crítico e Intervalos de Suficiência.....	6
3.2.	O Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS)	8
3.2.1.	O Formulário DRIS	10
3.2.1.1.	Escolha da ordem de relação entre pares de nutrientes – As normas DRIS	10
3.2.1.1.1.	Valor F.....	11
3.2.1.1.2.	Valor r	12
3.2.1.2.	Índice DRIS do nutriente Y.....	13
3.2.1.3.	Funções das razões dos nutrientes	14
3.2.1.3.1.	Método original proposto por Beaufils (1973)	15
3.2.1.3.2.	Método Beaufils modificado por Elwali & Gascho.....	15
3.2.1.3.3.	Método Jones.....	16
3.2.1.4.	Somatório das funções envolvendo cada nutriente	17
3.2.1.4.1.	DRIS (Beaufils, 1973).....	17
3.2.1.4.2.	M-DRIS	18
3.2.2.	A questão da universalidade das normas DRIS.....	19
3.2.3.	Interpretação da metodologia DRIS.....	21
3.2.4.	O <i>software</i> DRIS como ferramenta de cálculo e interpretação nutricional	24
3.2.5.	O DRIS: estudos e comparações.....	24
3.2.6.	As vantagens do sistema DRIS	28
3.2.7.	As limitações da metodologia DRIS.....	29
3.2.8.	O DRIS de Beaufils (1973) como base ao desenvolvimento de novas metodologias	31
3.2.9.	Normas DRIS publicadas para <i>Vitis vinifera</i> L.....	32
4.	A nutrição e a fertilização da vinha.....	38
4.1.	Variação dos teores de nutrientes nos órgãos da videira ao longo do ciclo vegetativo.....	38
4.2.	A fertilização da vinha.....	42
4.2.1.	Generalidades das aplicações ao solo e via foliar	42
4.2.2.	Especificidades da fertilização foliar	45
4.2.3.	A fertilização foliar em vinhas	47
4.3.	O estudo da nutrição e da fertilização da vinha em Portugal	49
5.	Deteção remota com sensores de proximidade.....	52
5.1.	Os índices de vegetação	53

5.2.	A aplicação de técnicas de deteção remota.....	56
5.3.	O uso de técnicas de deteção remota na vinha	57
III. Material e Métodos.....		61
III.1. Estabelecimento de normas DRIS para a cultura da vinha		61
1.	Estabelecimento de padrões nutricionais para a cultura da vinha: Fase I..	61
1.1.	Escolha das parcelas agrícolas	62
1.2.	Colheita de amostras, determinações analíticas e tratamento dos dados experimentais obtidos	63
1.3.	Desenvolvimento do software de fertilização (DRIS)	64
1.3.1.	O Formulário DRIS	65
1.3.2.	Estabelecimento de padrões nutricionais para a vinha	66
1.4.	Aplicação do Formulário DRIS: Fase I.....	66
1.4.1.	Aplicação da metodologia DRIS ao Critério de Intervalos de Suficiência.....	66
2.	Estabelecimento de padrões nutricionais para a cultura da vinha (atualização): Fase II	67
2.1.	Escolha das parcelas agrícolas	67
2.2.	Colheita de folhas, determinações analíticas e tratamento dos dados experimentais obtidos	68
2.3.	O Formulário DRIS	68
2.3.1.	Comparação das bases de dados obtidas	69
2.3.2.	Estabelecimento de padrões nutricionais para a vinha	69
2.4.	Aplicação do Formulário DRIS: Fase II.....	69
2.4.1.	Aplicação da metodologia DRIS às parcelas de vinha em estudo... 69	69
2.4.2.	Aplicação da metodologia DRIS ao Critério de Intervalos de Suficiência.....	70
III.2. Aplicação da metodologia DRIS na Região dos Vinhos Verdes e na Região Demarcada do Douro		70
1.	Localização e caracterização das parcelas de ensaio	70
1.1.	A Estação Vitivinícola Amândio Galhano	70
1.1.1.	A parcela Loureiro na Estação Vitivinícola Amândio Galhano.....	71
1.1.2.	Material vegetativo	71
1.1.3.	Sistema de Condução	71
1.1.4.	Caracterização do solo	72
1.1.5.	Condições de fertilização pré-ensaio	73
1.1.6.	Outras práticas culturais	73
1.2.	A Quinta de São Luiz.....	74

1.2.1.	A Parcela Touriga Nacional na Quinta de São Luiz	74
1.2.2.	Material vegetativo	74
1.2.3.	Sistema de Condução	74
1.2.4.	Caracterização do solo	76
1.2.5.	Condições de fertilização pré-ensaio	76
1.2.6.	Outras práticas culturais	76
2.	Caracterização dos anos de ensaio	77
2.1.	A Estação Vitivinícola Amândio Galhano	77
2.1.1.	Observações fenológicas e caracterização climática	77
2.1.2.	Caracterização do potencial hídrico foliar	77
2.1.3.	Caracterização sanitária	78
2.2.	A Quinta de São Luiz	78
2.2.1.	Observações fenológicas e caracterização climática	78
2.2.2.	Caracterização do potencial hídrico foliar	79
2.2.3.	Caracterização sanitária	79
3.	Instalação e manutenção do ensaio	80
3.1.	Delineamento experimental	80
3.2.	Fertilização Foliar	81
3.3.	Fertilização ao Solo	83
4.	Meios de análise e de diagnóstico nutricional	85
4.1.	Colheita e análise de amostras de terras	85
4.2.	Colheita e análise de amostras de folhas	86
4.3.	O diagnóstico nutricional de acordo com as metodologias estudadas ...	88
4.3.1.	A modalidade Testemunha – TEST	88
4.3.2.	O Critério de Intervalos de Suficiência – CIS	88
4.3.3.	O Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação – DRIS	88
5.	Medições eco-fisiológicas	89
5.1.	Caracterização do coberto vegetal	89
5.1.1.	Área foliar	89
5.1.2.	Dimensões do coberto vegetal e Superfície foliar exposta	89
5.1.3.	Número de camadas de folhas e de cachos expostos	90
6.	Componentes do rendimento	90
6.1.	Índice de fertilidade potencial	90
6.2.	Registos dos componentes do rendimento à vindima	91
7.	Componentes do Vigor e da Expressão Vegetativa	91
7.1.	Carga à poda e percentagem de abrolhamento	91

7.2.	Peso da lenha de poda e peso médio das varas	91
7.3.	Relações entre a Frutificação e a Vegetação	91
8.	Componentes da qualidade.....	92
8.1.	Avaliação da evolução da maturação e da qualidade da vindima	92
9.	Análise estatística e tratamento de dados	93
III.3.	A nutrição vitícola avaliada através de técnicas de deteção remota com sensores de proximidade	94
1.	Medições com espectrorradiómetro portátil.....	94
2.	Cálculo de índices de vegetação aplicados às parcelas em análise.....	95
IV.	Resultados e Discussão	97
IV.1.	Estabelecimento de normas DRIS para a cultura da vinha.....	97
1.	Estabelecimento de padrões nutricionais para a cultura da vinha: Fase I..	98
1.1.	Desenvolvimento do <i>software</i> de fertilização (DRIS)	98
1.2.	Estabelecimento de padrões nutricionais para a vinha	102
1.3.	Aplicação do Formulário DRIS: Fase I.....	104
1.3.1.	Aplicação da metodologia DRIS ao Critério de Intervalos de Suficiência	104
2.	Estabelecimento de padrões nutricionais para a cultura da vinha (atualização): Fase II	105
2.1.	Comparação das bases de dados obtidas	105
2.2.	Estabelecimento de padrões nutricionais para a vinha	106
2.3.	Aplicação do formulário DRIS: Fase II	108
2.3.1.	Aplicação da metodologia DRIS às parcelas de vinha em estudo.	108
2.3.2.	Aplicação da metodologia DRIS ao Critério de Intervalos de Suficiência	108
IV.2.	Aplicação da metodologia DRIS na Região dos Vinhos Verdes e na Região Demarcada do Douro	113
1.	Caracterização dos anos de ensaio	113
1.1.	A Estação Vitivinícola Amândio Galhano – EVAG	113
1.1.1.	Observações fenológicas e caracterização climática	113
1.1.2.	Caracterização do potencial hídrico foliar.....	115
1.1.3.	Caracterização sanitária	121
1.2.	A Quinta de S. Luiz.....	122
1.2.1.	Observações fenológicas e caracterização climática	122
1.2.2.	Caracterização do potencial hídrico foliar	125
1.2.3.	Caracterização sanitária	129
2.	O diagnóstico nutricional	129
2.1.	Resultados das amostras de terras	129

2.2.	Resultados das amostras de folhas e diagnóstico do estado nutricional da vinha	135
2.2.1.	A modalidade Testemunha – TEST	145
2.2.2.	O Critério de Intervalos de Suficiência – CIS	147
2.2.3.	O Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação – DRIS ...	151
3.	Medições eco-fisiológicas	161
3.1.	Caracterização do coberto vegetal	161
3.1.1.	Área foliar	161
3.1.1.1.	A Estação Vitivinícola Amândio Galhano – EVAG.....	161
3.1.1.2.	A Quinta de S. Luiz.....	163
3.1.2.	Superfície foliar exposta	165
3.1.2.1.	A Estação Vitivinícola Amândio Galhano – EVAG.....	165
3.1.2.2.	A Quinta de S. Luiz.....	167
3.1.3.	Número de camadas de folhas e de cachos expostos	170
3.1.3.1.	A Estação Vitivinícola Amândio Galhano – EVAG.....	170
3.1.3.2.	A Quinta de S. Luiz.....	178
4.	Componentes do rendimento	187
4.1.	Índice de fertilidade potencial	187
4.1.1.	A Estação Vitivinícola Amândio Galhano – EVAG	187
4.1.2.	A Quinta de S. Luiz.....	189
4.2.	Registos dos componentes do rendimento à vindima	191
4.2.1.	A Estação Vitivinícola Amândio Galhano – EVAG	191
4.2.2.	A Quinta de S. Luiz.....	194
5.	Componentes do Vigor e da Expressão vegetativa	197
5.1.	Carga à poda e percentagem de abrolhamento.....	198
5.1.1.	A Estação Vitivinícola Amândio Galhano – EVAG	198
5.1.2.	A Quinta de S. Luiz.....	198
5.2.	Peso da lenha de poda e peso médio das varas	198
5.2.1.	A Estação Vitivinícola Amândio Galhano – EVAG	198
5.2.2.	A Quinta de S. Luiz.....	200
5.3.	Relações entre a Frutificação e a Vegetação	202
5.3.1.	A Estação Vitivinícola Amândio Galhano – EVAG	203
5.3.2.	A Quinta de S. Luiz.....	206
6.	Componentes da qualidade.....	209
6.1.	Avaliação da evolução da maturação e da qualidade da vindima	209
6.1.1.	A Estação Vitivinícola Amândio Galhano – EVAG	209

6.1.1.1.	Peso médio do bago	209
6.1.1.2.	Teor em Açúcares.....	212
6.1.1.3.	pH.....	214
6.1.1.4.	Acidez Total	216
6.1.1.5.	Ácido tartárico.....	218
6.1.1.6.	Ácido Málico	220
6.1.2.	A Quinta de S. Luiz.....	223
6.1.2.1.	Peso médio do bago	223
6.1.2.2.	Teor em Açúcares.....	225
6.1.2.3.	pH.....	228
6.1.2.4.	Acidez Total	230
6.1.2.5.	Teor de Antocianas Totais (mg/L)	232
6.1.2.6.	Índice de polifenóis totais.....	234
6.1.2.7.	Teor de Taninos.....	236
IV.3.	A nutrição vitícola avaliada através de técnicas de deteção remota com sensores de proximidade	237
1.	Medições com espectrorradiómetro portátil.....	237
2.	Cálculo de índices de vegetação aplicados às parcelas em análise.....	238
2.1.	A Estação Vitivinícola Amândio Galhano	238
2.1.1.	Ano 2011	238
2.1.2.	Ano 2012.....	241
2.2.	A Quinta de São Luiz.....	244
2.2.1.	Ano 2011	244
2.2.2.	Ano 2012.....	247
V.	Conclusões e Perspetivas	251
	Bibliografia.....	259
	Anexos.....	275

XIV | FCUP
Estabelecimento de Padrões Nutricionais para a Videira com recurso ao Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS)

Índice de Figuras

Figura 1. Cordão Ascendente e Retombante, com poda mista de vara e talão (Adaptado de Mota <i>et al.</i> , 2001).....	72
Figura 2. Cordão Simples Ascendente (Adaptado de Mota & Garrido, 2004).....	75
Figura 3. Seleção da referência e do documento para o cálculo das normas DRIS.	98
Figura 4. Cálculo das relações de referência.	99
Figura 5. Opção de seleção de nutrientes para o cálculo dos índices.	99
Figura 6. Etapa de escolha das razões dos nutrientes, do modelo DRIS e da constante de sensibilidade.	100
Figura 7. Cálculo dos índices DRIS de duas amostras (Exemplos 1 e 2).....	101
Figura 8. Precipitação (mm) e temperatura (°C) médias mensais para a Estação Meteorológica de Braga para o período de 1951 a 1980.	114

Figura 9. Precipitação (mm) e temperatura (°C) médias mensais para o Posto Meteorológico da EVAG para os anos 2008/2009, 2009/2010, 2010/2011 e 2011/2012.....	115
Figura 10. Potencial hídrico foliar (MPa), 4 de agosto de 2009, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média (n=24).	116
Figura 11. Potencial hídrico foliar (MPa), 28 de julho de 2010 e 3 de setembro de 2010, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média (n=24).....	117
Figura 12. Potencial hídrico foliar (MPa), 31 de maio de 2011, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média (n=24).	118
Figura 13. Potencial hídrico foliar (MPa), 2 de agosto de 2011, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média (n=24).	119
Figura 14. Potencial hídrico foliar (MPa), 17 de julho de 2012, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média (n=24).	120
Figura 15. Potencial hídrico foliar (MPa), 18 de setembro de 2012, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média (n=24).....	120
Figura 16. Precipitação (mm) e temperatura (°C) médias mensais para a Estação Meteorológica de Pinhão para o período de 1971 a 2000.....	123
Figura 17. Precipitação (mm) e temperatura (°C) médias mensais para o Posto Meteorológico da Quinta da Roeda para os anos 2008/2009, 2009/2010, 2010/2011 e 2011/2012.....	124
Figura 18. Potencial hídrico foliar (MPa), 29 de julho de 2009, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média (n=24).....	125
Figura 19. Potencial hídrico foliar (MPa), 5 de agosto de 2010, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média (n=24).....	126
Figura 20. Potencial hídrico foliar (MPa), 4 de junho de 2011, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média (n=24).....	127
Figura 21. Potencial hídrico foliar (MPa), 29 de julho de 2011, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média (n=24).....	127
Figura 22. Potencial hídrico foliar (MPa), 15 de julho de 2012, Touriga Nacional. Valor médio.....	128
Figura 23. Potencial hídrico foliar (MPa), 14 de setembro de 2012, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média (n=24).....	128
Figura 24. Relação entre o IBN e a produtividade (kg/videira) para a modalidade DRIS 1, 2009 a 2012, Loureiro.....	155
Figura 25. Relação entre o IBN e a produtividade (kg/videira) para a modalidade DRIS 2, 2009 a 2012, Loureiro.....	156
Figura 26. Relação entre o IBN e a produtividade (kg/videira) para a modalidade DRIS 1, 2009 a 2012, Touriga Nacional.....	160
Figura 27. Relação entre o IBN e a produtividade (kg/videira) para a modalidade DRIS 2, 2009 a 2012, Touriga Nacional.....	160

Figura 28. Número de camadas de folhas ao nível dos cachos, 2009 a 2012, Loureiro. Valor médio e erro padrão da média.....	170
Figura 29. Percentagem de folhas interiores ao nível dos cachos, 2009 a 2012, Loureiro. Valor médio e erro padrão da média.....	171
Figura 30. Percentagem de cachos interiores ao nível dos cachos, 2009 a 2012, Loureiro. Valor médio e erro padrão da média.....	171
Figura 31. Percentagem de buracos ao nível dos cachos, 2009 a 2012, Loureiro. Valor médio e erro padrão da média.	172
Figura 32. Número de camadas de folhas ao nível dos cachos, 2011 e 2012, Loureiro. Valor médio e erro padrão da média.....	172
Figura 33. Percentagem de folhas interiores ao nível dos cachos, 2011 e 2012, Loureiro. Valor médio e erro padrão da média.....	173
Figura 34. Percentagem de cachos interiores ao nível dos cachos, 2011 e 2012, Loureiro. Valor médio e erro padrão da média.....	173
Figura 35. Percentagem de buracos ao nível dos cachos, 2011 e 2012, Loureiro. Valor médio e erro padrão da média.	174
Figura 36. Número de camadas de folhas ao nível vegetativo, 2009 a 2012, Loureiro. Valor médio e erro padrão da média.....	175
Figura 37. Percentagem de folhas interiores ao nível vegetativo, 2009 a 2012, Loureiro. Valor médio e erro padrão da média.....	175
Figura 38. Percentagem de buracos ao nível vegetativo, 2009 a 2012, Loureiro. Valor médio e erro padrão da média.	176
Figura 39. Número de camadas de folhas ao nível vegetativo, 2011 e 2012, Loureiro. Valor médio e erro padrão da média.....	176
Figura 40. Percentagem de folhas interiores ao nível vegetativo, 2011 e 2012, Loureiro. Valor médio e erro padrão da média.....	177
Figura 41. Percentagem de buracos ao nível vegetativo, 2011 e 2012, Loureiro. Valor médio e erro padrão da média.	177
Figura 42. Número de camadas de folhas ao nível dos cachos, 2009 a 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro padrão da média.	178
Figura 43. Percentagem de folhas interiores ao nível dos cachos, 2009 a 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro padrão da média.	179
Figura 44. Percentagem de cachos interiores ao nível dos cachos, 2009 a 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro padrão da média.	180
Figura 45. Percentagem de buracos ao nível dos cachos, 2009 a 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro padrão da média.	180
Figura 46. Número de camadas de folhas ao nível dos cachos, 2011 e 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro padrão da média.	181
Figura 47. Percentagem de folhas interiores ao nível dos cachos, 2011 e 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro padrão da média.	181

Figura 48. Percentagem de cachos interiores ao nível dos cachos, 2011 e 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro padrão da média.	182
Figura 49. Percentagem de buracos ao nível dos cachos, 2011 e 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro padrão da média.	182
Figura 50. Número de camadas de folhas ao nível vegetativo, 2009 a 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro padrão da média.	183
Figura 51. Percentagem de folhas interiores ao nível vegetativo, 2009 a 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro padrão da média.	184
Figura 52. Percentagem de buracos ao nível vegetativo, 2009 a 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro padrão da média.	184
Figura 53. Número de camadas de folhas ao nível vegetativo, 2011 e 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro padrão da média.	185
Figura 54. Percentagem de folhas interiores ao nível vegetativo, 2011 e 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro padrão da média.	185
Figura 55. Percentagem de buracos ao nível vegetativo, 2011 e 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro padrão da média.	186
Figura 56. Peso de 1 bago (g), 2009, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.	209
Figura 57. Peso de 1 bago (g), 2010, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.	210
Figura 58. Peso de 1 bago (g), 2011, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.	210
Figura 59. Peso de 1 bago (g), 2012, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.	211
Figura 60. ° Brix, 2009, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.	212
Figura 61. ° Brix, 2010, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.	212
Figura 62. ° Brix, 2011, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.	213
Figura 63. ° Brix, 2012, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.	213
Figura 64. pH, 2009, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.	214
Figura 65. pH, 2010, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.	214
Figura 66. pH, 2011, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.	215
Figura 67. pH, 2012, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.	215

Figura 68. Acidez total (g/L), 2009, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.....	216
Figura 69. Acidez total (g/L), 2010, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.....	216
Figura 70. Acidez total (g/L), 2011, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.....	217
Figura 71. Acidez total (g/L), 2012, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.....	217
Figura 72. Ácido tartárico (g/L), 2009, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.....	218
Figura 73. Ácido tartárico (g/L), 2010, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.....	219
Figura 74. Ácido tartárico (g/L), 2011, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.....	219
Figura 75. Ácido tartárico (g/L), 2012, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.....	220
Figura 76. Ácido málico (g/L), 2009, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.....	221
Figura 77. Ácido málico (g/L), 2010, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.....	221
Figura 78. Ácido málico (g/L), 2011, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.....	222
Figura 79. Ácido málico (g/L), 2012, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.....	222
Figura 80. Peso de 1 bago (g), 2009, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.....	223
Figura 81. Peso de 1 bago (g), 2010, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.....	224
Figura 82. Peso de 1 bago (g), 2011, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.....	224
Figura 83. Peso de 1 bago (g), 2012, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.....	225
Figura 84. ° Brix, 2009, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.....	226
Figura 85. ° Brix, 2010, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.....	226
Figura 86. ° Brix, 2011, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.....	227
Figura 87. ° Brix, 2012, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.....	227

Figura 88. pH, 2009, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.....	228
Figura 89. pH, 2010, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.....	229
Figura 90. pH, 2011, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.....	229
Figura 91. pH registado à vindima, 2012, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.....	230
Figura 92. Acidez total (g/L), 2009, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.....	230
Figura 93. Acidez total (g/L), 2010, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.....	231
Figura 94. Acidez total (g/L), 2011, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.....	231
Figura 95. Acidez total (g/L) registada à vindima, 2012, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.....	232
Figura 96. Teor de antocianinas totais (mg/L) nas modalidades sem fertilização ao solo, 2009 a 2012, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.....	233
Figura 97. Teor de antocianinas totais (mg/L), 2011 e 2012, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.	234
Figura 98. Índice de polifenóis totais nas modalidades sem fertilização ao solo, 2009 a 2012, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.....	235
Figura 99. Índice de polifenóis totais, 2011 e 2012, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.....	235
Figura 100. Teor de taninos (mg/L) nas modalidades sem fertilização ao solo, 2009 a 2012, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.....	236
Figura 101. Teor de taninos (mg/L), 2011 e 2012, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.....	237
Figura 102. Exemplo do <i>output</i> gráfico resultante de medição de refletância de uma folha com recurso ao espectrorradiómetro.	238
Figura 103. Relação entre os valores de NDVI e o valor de área foliar total (m ² /videira), 22 de julho de 2011, Loureiro.	239
Figura 104. Relação entre os valores de GM ₁ e o valor de área foliar total (m ² /videira), 22 de julho de 2011, Loureiro.	239
Figura 105. Relação entre os valores de GM ₂ e o valor de área foliar total (m ² /videira), 22 de julho de 2011, Loureiro.	240
Figura 106. Relação entre os valores de Gitelson Chl ₁ e o valor de área foliar total (m ² /videira), 22 de julho de 2011, Loureiro.	240

Figura 107. Relação entre os valores de NDVI e o valor de área foliar total (m ² /videira), 11 de julho de 2012, Loureiro.	241
Figura 108. Relação entre os valores de GM ₁ e o valor de área foliar total (m ² /videira), 11 de julho de 2012, Loureiro.	242
Figura 109. Relação entre os valores de GM ₂ e o valor de área foliar total (m ² /videira), 11 de julho de 2012, Loureiro.	242
Figura 110. Relação entre os valores de Gitelson Chl ₁ o valor de área foliar total (m ² /videira), 11 de julho de 2012, Loureiro.	243
Figura 111. Relação entre os valores de NDVI e o teor em fósforo (%), 22 de junho de 2011, Touriga Nacional.	244
Figura 112. Relação entre os valores de GVI e o teor em fósforo (%), 22 de junho de 2011, Touriga Nacional.	245
Figura 113. Relação entre os valores de GM ₁ e o teor em fósforo (%), 22 de junho de 2011, Touriga Nacional.	245
Figura 114. Relação entre os valores de Gitelson Chl ₁ e o teor em fósforo (%), 22 de junho de 2011, Touriga Nacional.	246
Figura 115. Relação entre os valores de NDVI e o teor em fósforo (%), 30 de maio de 2012, Touriga Nacional.	247
Figura 116. Relação entre os valores de GVI e o teor em fósforo (%), 30 de maio de 2012, Touriga Nacional.	247
Figura 117. Relação entre os valores de GM ₁ e o teor em fósforo (%), 30 de maio de 2012, Touriga Nacional.	248
Figura 118. Relação entre os valores de Gitelson Chl ₁ o teor em fósforo (%), 30 de maio de 2012, Touriga Nacional.	248

Índice de Tabelas

Tabela 1. Normas DRIS para <i>Vitis vinifera</i> L.....	33
Tabela 2. Normas DRIS para vinha no estado de Floração (Sharma <i>et al.</i> , 2005).	34
Tabela 3. Normas DRIS para a vinha no estado de diferenciação das inflorescências a nível do gomo (Sharma <i>et al.</i> , 2005).....	35
Tabela 4. Razões de variâncias dos rácios de nutrientes entre populações de produtividade alta, referidas pelo autor como moderada (sM) e baixa, referidas pelo autor como não moderada (sN) para o limbo da folha e o pecíolo nos estados de Floração e de Maturação (as maiores razões de variância estão assinaladas a negrito) (Martín <i>et al.</i> , 2013).....	37
Tabela 5. Taxas de absorção ou entrada dos vários nutrientes no tecido foliar (Adaptado de Midwest Laboratories, 1994).....	47
Tabela 6. Fertilizantes a aplicar à videira, por via foliar, em situações de carência (Pacheco, 2001).	48

Tabela 7. Resumo de alguns dos principais índices de vegetação.	54
Tabela 8. Intervalos de Suficiência definidos para a cultura da vinha (Adaptado de INIAP, 2006 e de Mills & Benton Jones, 1996).	64
Tabela 9. Calendário de aplicações foliares em cada parcela.....	81
Tabela 10. Fertilização foliar (UF/ha) seguida na EVAG (dose de calda de 800 l/ha). 82	
Tabela 11. Fertilização foliar (UF/ha) seguida em S. Luiz (dose de calda de 800 l/ha).	82
Tabela 12. Esquema de fertilização ao solo (UF/ha) seguido na EVAG.....	84
Tabela 13. Esquema de fertilização ao solo (UF/ha) seguido em S. Luiz no ano de 2011.	84
Tabela 14. Esquema de fertirrigação (UF/ha) seguido em S. Luiz no ano de 2012.	84
Tabela 15. Parâmetros de análise de terras e respetivos métodos analíticos.	86
Tabela 16. Parâmetros de análise de folhas e respetivos métodos analíticos.....	87
Tabela 17. Parâmetros de análise de frutos e respetivos métodos analíticos.	92
Tabela 18. Calendário de medições da refletância e dos parâmetros eco-fisiológicos de cada parcela.	95
Tabela 19. Normas DRIS – média e coeficiente de variação (%) – para as relações escolhidas entre nutrientes na amostra de vinha.	103
Tabela 20. Índices DRIS obtidos pelos métodos Beaufils (1973), Elwali & Gascho (1984) e Jones (1981) aplicados aos valores inferior, superior e médio do Critério de Intervalos de Suficiência para a vinha.....	105
Tabela 21. Normas DRIS atualizadas – média e coeficiente de variação (%) – para as relações escolhidas entre nutrientes na amostra de vinha.....	107
Tabela 22. Índices DRIS obtidos pelos métodos Beaufils (1973), e Jones (1981), aplicados aos valores inferior, superior e médio dos Intervalos de Suficiência para a Vinha, considerando todos os nutrientes.	108
Tabela 23. Índices DRIS obtidos pelos métodos Beaufils (1973), e Jones (1981), aplicados aos valores inferior, superior e médio dos Intervalos de Suficiência para a Vinha, considerando uma seleção de nutrientes.....	110
Tabela 24. Registos fenológicos na Região dos Vinhos Verdes, 2009 a 2012, Loureiro.	113
Tabela 25. Registos fenológicos na Região Demarcada do Douro, 2009 a 2012, Touriga Nacional.....	122
Tabela 26. Resultados da análise de terras na parcela da EVAG. Valores médios... 130	
Tabela 27. Resultados da análise de terras na parcela de S. Luiz. Valores médios.. 133	
Tabela 28. Resultados das análises foliares para a modalidade Testemunha (TEST), 2009 a 2012, Loureiro. Valores médios observados por ano, época de colheita e fertilização ao solo.	137

Tabela 29. Resultados das análises foliares classificados segundo o Critério de Intervalos de Suficiência (CIS), 2009 a 2012, Loureiro. Valores médios classificados por ano, época de colheita e fertilização ao solo.....	138
Tabela 30. Índices DRIS resultantes da aplicação do formulário DRIS 1, segundo a base de dados A93, utilizando todos os nutrientes, 2009 e 2010, Loureiro. Valores médios, classificados por época de colheita e fertilização ao solo.	139
Tabela 31. Índices DRIS resultantes da aplicação do formulário DRIS 1, segundo a base de dados A199, utilizando uma seleção de nutrientes, 2011 e 2012, Loureiro. Valores médios, classificados por época de colheita e fertilização ao solo.....	139
Tabela 32. Índices DRIS resultantes da aplicação do formulário DRIS 2, segundo a base de dados A93, utilizando todos os nutrientes, 2009 e 2010, Loureiro. Valores médios, classificados por época de colheita e fertilização ao solo.	140
Tabela 33. Índices DRIS resultantes da aplicação do formulário DRIS 2, segundo a base de dados A199, utilizando uma seleção de nutrientes, 2011 e 2012, Loureiro. Valores médios, classificados por época de colheita e fertilização ao solo.....	140
Tabela 34. Resultados das análises foliares para a modalidade Testemunha (TEST), 2009 a 2012, Touriga Nacional. Valores médios observados por ano, época de colheita e fertilização ao solo.....	141
Tabela 35. Resultados das análises foliares, classificados segundo o Critério de Intervalos de Suficiência (CIS), 2009 a 2012, Touriga Nacional. Valores médios classificados por ano, época de colheita e fertilização ao solo.....	142
Tabela 36. Índices DRIS resultantes da aplicação do formulário DRIS 1, segundo a base de dados A93, utilizando todos os nutrientes, 2009 e 2010, Touriga Nacional. Valores médios, classificados por época de colheita e fertilização ao solo.....	143
Tabela 37. Índices DRIS resultantes da aplicação do formulário DRIS 1, segundo a base de dados A199, utilizando uma seleção de nutrientes, 2011 e 2012, Touriga Nacional. Valores médios, classificados por época de colheita e fertilização ao solo.....	143
Tabela 38. Índices DRIS resultantes da aplicação do formulário DRIS 2, segundo a base de dados A93, utilizando todos os nutrientes, 2009 e 2010, Touriga Nacional. Valores médios, classificados por época de colheita e fertilização ao solo.....	144
Tabela 39. Índices DRIS resultantes da aplicação do formulário DRIS 2, segundo a base de dados A199, utilizando uma seleção de nutrientes, 2011 e 2012, Touriga Nacional. Valores médios, classificados por época de colheita e fertilização ao solo.....	144
Tabela 40. Área foliar total (m ² /ha), registada à Floração, ao Pintor e à Maturação, para a sub-modalidade sem fertilização ao solo, 2009 a 2012, Loureiro. Valor médio e erro-padrão da média.....	161

Tabela 41. Área foliar total (m ² /ha), registada à Floração, ao Pintor e à Maturação, para os tratamentos e sub-modalidades com e sem fertilização ao solo, 2011 e 2012, Loureiro. Valor médio e erro-padrão da média.....	162
Tabela 42. Área foliar total (m ² /ha), registada à Floração, ao Pintor e à Maturação, para a sub-modalidade sem fertilização ao solo, 2009 a 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro-padrão da média.....	163
Tabela 43. Área foliar total (m ² /ha), registada à Floração, ao Pintor e à Maturação, para os tratamentos e sub-modalidades com e sem fertilização ao solo, 2011 e 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro-padrão da média.	165
Tabela 44. Superfície foliar exposta (m ² /ha) para a sub-modalidade sem fertilização ao solo, 2009 a 2012, Loureiro. Valor médio e erro-padrão da média.....	166
Tabela 45. Superfície foliar exposta (m ² /ha) e respetivos tratamentos e sub-modalidades com e sem fertilização ao solo, 2011 e 2012, Loureiro. Valor médio e erro-padrão da média.	167
Tabela 46. Superfície foliar exposta (m ² /ha) para a sub-modalidade sem fertilização ao solo, 2009 a 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro-padrão da média.....	168
Tabela 47. Superfície foliar exposta (m ² /ha) referente à interação entre o Tratamento e o Ano para a sub-modalidade sem fertilização ao solo, Touriga Nacional. Valor médio e erro-padrão da média.....	168
Tabela 48. Superfície foliar exposta (m ² /ha) e respetivos tratamentos e sub-modalidades com e sem fertilização ao solo, 2009 a 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro-padrão da média.....	169
Tabela 49. Índice de fertilidade potencial para a sub-modalidade sem fertilização ao solo, 2009 a 2012, Loureiro. Valor médio e erro-padrão da média.....	188
Tabela 50. Índice de fertilidade potencial para os respetivos tratamentos e sub-modalidades com e sem fertilização ao solo, 2011 e 2012, Loureiro. Valor médio e erro-padrão da média.	188
Tabela 51. Índice de fertilidade potencial para a sub-modalidade sem fertilização ao solo, 2009 a 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro-padrão da média.....	189
Tabela 52. Índice de fertilidade potencial para os respetivos tratamentos e sub-modalidades com e sem fertilização ao solo, 2011 e 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro-padrão da média.....	190
Tabela 53. Peso vindimado por videira (kg) e peso médio do cacho (g) para a sub-modalidade sem fertilização ao solo, 2009 a 2012, Loureiro. Valor médio e erro-padrão da média.....	191
Tabela 54. Peso vindimado por videira (kg) e peso médio do cacho (g) para os respetivos tratamentos e sub-modalidades com e sem fertilização ao solo, 2011 e 2012, Loureiro. Valor médio e erro-padrão da média.....	192
Tabela 55. Valores das produções local, regional e nacional registadas entre 2009 e 2012, tendo como referência a parcela da EVAG.	193

Tabela 56. Peso vindimado por videira (kg) e peso médio do cacho (g) para a sub-modalidade sem fertilização ao solo, 2009 a 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro-padrão da média.	194
Tabela 57. Peso vindimado por videira (kg) referente à interação entre o Tratamento e o Ano para a sub-modalidade sem fertilização ao solo, 2009 a 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro-padrão da média.....	195
Tabela 58. Peso vindimado por videira (kg) e peso médio do cacho (g) para os respetivos tratamentos e sub-modalidades com e sem fertilização ao solo, 2011 e 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro-padrão da média.	196
Tabela 59. Produções local, regional e nacional registadas entre 2009 e 2012, tendo como referência a parcela da Quinta de S. Luiz.	197
Tabela 60. Peso da lenha de poda por videira (kg) e peso médio da vara (g) para a sub-modalidade sem fertilização ao solo, 2009 a 2012, Loureiro. Valor médio e erro-padrão da média.	199
Tabela 61. Peso da lenha de poda por videira (kg) e peso médio da vara (g) para os respetivos tratamentos e sub-modalidades com e sem fertilização ao solo, 2011 e 2012, Loureiro. Valor médio e erro-padrão da média.....	200
Tabela 62. Peso da lenha de poda por videira (kg) e peso médio da vara (g) para a sub-modalidade sem fertilização ao solo, 2009 a 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro-padrão da média.....	201
Tabela 63. Peso da lenha de poda por videira (kg) e peso médio da vara (g) para os respetivos tratamentos e sub-modalidades com e sem fertilização ao solo, 2011 e 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro-padrão da média.	201
Tabela 64. Índice de Ravaz, SFE/Produção (m ² /kg) e AF/Produção (cm ² /g) para a sub-modalidade sem fertilização ao solo, 2009 a 2012, Loureiro. Valor médio e erro-padrão da média.....	203
Tabela 65. Índice de Ravaz, SFE/Produção (m ² /kg) e AF/Produção (cm ² /g) para os respetivos tratamentos e sub-modalidades com e sem fertilização ao solo, 2011 e 2012, Loureiro. Valor médio e erro-padrão da média.....	205
Tabela 66. Índice de Ravaz, SFE/Produção (m ² /kg) e AF/Produção (cm ² /g) para a sub-modalidade sem fertilização ao solo, 2009 a 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro-padrão da média.	206
Tabela 67. Índice de Ravaz referente à interação entre o Tratamento e o Ano para a sub-modalidade sem fertilização ao solo, 2009 a 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro-padrão da média.....	206
Tabela 68. Índice de Ravaz, SFE/Produção (m ² /kg) e AF/Produção (cm ² /g) para os respetivos tratamentos e sub-modalidades com e sem fertilização ao solo, 2011 e 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro-padrão da média.	207

Lista de símbolos e abreviaturas

AFT	Área foliar total
CIS	Critério de Intervalos de Suficiência
cmol	Centimol
CND	Compositional Nutrient Diagnosis Sistema Compositivo de Diagnóstico
CV	Coefficiente de variação
CVRVV	Comissão de Viticultura da Região dos Vinhos Verdes
DRIS	Diagnosis and Recommendation Integrated System Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação
DRIS 1 ou D1	DRIS 1, proposto por Beaufils, 1973

DRIS 2 ou D2	DRIS 2, proposto por Jones, 1981
EAA	Espectrofotometria de Absorção Atômica
EEC	Espectrofotometria de Emissão Atômica
EOR	Laboratório de Análises Químicas, Lda.
EVAG	Estação Vitivinícola Amândio Galhano
F	Floração
FERT	Fertilização ao solo
FERTISOFT	Acrónimo do Projeto da Agência de Inovação
GM ₁	Gitelson & Merzlyak 1
GM ₂	Gitelson & Merzlyak 2
GVI	Greenness Vegetation Index
IBN	Índice de balanço nutricional
IBN _m	Índice de balanço nutricional médio
ICP-OES	Espectrometria de Emissão Ótica por Plasma Acoplado Indutivamente
IFP	Índice de fertilidade potencial
IPT	Índice de polifenóis totais
ISO	International Organization for Standardization
IVV	Instituto da Vinha e do Vinho
M-DRIS	DRIS modificado
Mesh	Tamanho efetivo da malha
MPa	MegaPascal
NCF	Número de camadas de folhas
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
PB	Percentagem de buracos
PCI	Percentagem de cachos interiores
PF	Prefloração
PFI	Percentagem de folhas interiores
PRI	Photochemical Reflectance Index
RDD	Região Demarcada do Douro

RDVV	Região Demarcada dos Vinhos Verdes
R ²	Coefficiente de determinação
SFE	Superfície foliar exposta
SIPI	Structure Intensive Pigment Index
TCARI/OSAVI	Transformed chlorophyll absorption ratio index / Optimized soil adjusted vegetation index
TEST	Testemunha
UF	Unidade Fertilizante
WI	Water Index
0d	Data da fertilização foliar (0 dias)
10d	10 dias após a fertilização foliar
20d	20 dias após a fertilização foliar

I. Introdução

Na atualidade, verifica-se uma preocupação crescente em torno da intensificação da produção de alimentos como forma de colmatar a sua escassez em várias regiões do globo. Todavia, este incremento de produção deverá ser levado a cabo de uma forma consciente e eficiente, não negligenciando a preservação do meio ambiente – através da consequente diminuição do volume de produtos fitossanitários e fertilizantes ou da salvaguarda das reservas do solo –, nem desprezando a redução dos custos de produção.

O processo de diagnóstico nutricional – independentemente do método adotado – como meio de determinar os fatores que poderão estar a limitar o rendimento de uma cultura reveste-se de particular importância no contexto exposto. Todavia, o ponto fraco desta metodologia continua a ser a correta interpretação dos resultados

analíticos, importante fator na elaboração das recomendações de fertilização ou no tratamento das culturas.

Neste contexto, decidiu-se aprofundar o conhecimento acerca dos processos de diagnóstico nutricional, em particular o Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação ou, em inglês, *Diagnosis and Recommendation Integrated System* (DRIS), por ser um dos mais promissores que a bibliografia refere, já que neutraliza algumas das deficiências e limitações de outros métodos utilizados com maior frequência. Esta metodologia pressupõe que razões entre concentrações de nutrientes de uma amostra sejam comparadas matematicamente com valores ótimos – valores de referência ou normas – das mesmas razões obtidas a partir de uma população de alta produtividade – população de referência –, a qual é assumida como nutricionalmente equilibrada (Tomé, 2001; Maeda *et al.*, 2004). Pela aplicação do método obtêm-se índices de diagnóstico que são utilizados no ordenamento dos desequilíbrios nutricionais (Maeda *et al.*, 2004).

Este trabalho tem como objetivo o estabelecimento de normas DRIS para a cultura da vinha em Portugal e a respetiva operacionalização deste método de diagnóstico. Para tal, foram contactadas várias associações vitícolas de Portugal Continental no sentido de cooperarem com este trabalho de forma a possibilitar a reunião de um maior número de observações que permitissem representar a diversidade vitícola existente a nível nacional. Com base nesses dados, estabeleceram-se os primeiros índices DRIS para a vinha publicados em Portugal Continental. Mas, as vantagens e potencialidades descritas na bibliografia sobre o DRIS tornaram apetecível e interessante o seu estudo, daí ter-se decidido aplicar esta metodologia a duas parcelas de vinha, uma na Região dos Vinhos Verdes, na casta Loureiro, e outra na Região Demarcada do Douro, na variedade Touriga Nacional. O estudo e a validação dos índices DRIS, adaptados à cultura da vinha, incluíram a seleção e comparação de duas metodologias DRIS com o Critério de Intervalos de Suficiência e um tratamento Controlo. Com esse propósito, monitorizaram-se os teores de nutrientes das folhas de videiras em estados fenológicos pré-definidos, os quais serviram de base à fundamentação de diferentes recomendações de fertilização, de acordo com o método de diagnóstico selecionado. A par da nutrição, outros fatores de ordem eco-fisiológica, produtiva e qualitativa foram também avaliados nas duas parcelas. Por fim, procuraram-se pontos de ligação entre a nutrição das plantas e determinados índices de vegetação, através do recurso a técnicas de deteção remota de proximidade, concretamente através do uso de um espectrorradiómetro portátil.

II. Revisão Bibliográfica

1. A produção agrícola e os desafios da nutrição vegetal

A escassez de alimentos, ainda hoje frequente em vastas regiões do globo, e o crescimento da humanidade, em número e exigências, são responsáveis por um dos mais prementes e atuais problemas da produção agrícola mundial. O desafio prende-se com a necessidade de aumentar a produção de alimentos, em paralelo com a diminuição do volume de produtos fitossanitários e fertilizantes utilizados, de modo a preservar o meio ambiente, não descurando uma redução nos custos de produção.

Ora, a intensificação da produção de alimentos resulta numa significativa extração de nutrientes do solo, os quais necessitam de ser repostos quer através da fertilização orgânica, quer através da fertilização mineral a qual, infelizmente, nem

sempre se processa de forma eficiente (Santos, 1996; Brinkman, 1997; Brookes & Heckrath, 1998; Cobo *et al.*, 2009; Qiu *et al.*, 2014).

Pelo facto de não considerar a nutrição das plantas, a aplicação de fertilizantes em doses superiores às verdadeiras necessidades das culturas é encarada quase exclusivamente como a “chave” para aumentar as produções culminando, não só, em excessivos custos de produção, como também na acumulação de nutrientes no solo e até na lixiviação destes para cursos de água (Santos, 1996; Brookes & Heckrath, 1998).

Na atualidade, verifica-se uma preocupação crescente em torno desta problemática. Por essa razão, a revisão dos princípios e das metodologias de fertilização, assim como a sua correta interpretação de forma a obter uma eficaz gestão dos recursos, uma produção eficiente e a proteção do ambiente, tornaram-se questões cruciais (Beverly, 1991; Ruíz-Bello & Cajuste, 2002; Stalenga, 2007).

2. O Processo de diagnóstico nutricional

O processo de diagnóstico tem como objetivo determinar os fatores que poderão limitar o rendimento e a qualidade de uma cultura em particular e é resultado de uma série de estímulos que poderão exercer influência, direta ou indireta, na cultura, tais como o solo, a temperatura, a humidade, a luminosidade, a variedade, a aplicação de fertilizantes, as técnicas de cultivo ou até mesmo o metabolismo da própria planta (Sumner, 1977 a; IPNI, 2007; Imo, 2012). Todos estes agentes são responsáveis por um efeito no metabolismo da planta e deverão ser estudados e calibrados de forma a obter uma resposta acerca do comportamento da cultura, sob determinadas condições ambientais (Sumner, 1977 a; Imo, 2012).

Um dos principais objetivos da nutrição mineral consiste em aumentar os rendimentos líquidos das culturas, a partir da gestão de fertilizantes por uma adubação eficiente (Mourão Filho, 2004). Segundo o mesmo autor, para atingir este propósito, é necessário saber com precisão o impacto da carência de um determinado nutriente na limitação da produção. Nesse sentido, e dado que pode ser esperada uma boa correlação entre a disponibilidade de nutrientes, os resultados das análises e a produtividade, o diagnóstico nutricional constitui um instrumento importante para a deteção de eventuais deficiências e um auxiliar no processo de recomendação de fertilizantes (Munson & Nelson, 1973; IPNI, 2007).

A procura de um método efetivo para determinar a nutrição das plantas tem sido alvo de muitos trabalhos de pesquisa sendo que os métodos atuais englobam as

análises de terra e de tecidos de plantas, embora este último se apresente segundo Hallmark & Beverly (1991), Harger *et al.* (2003), ou Pacheco *et al.* (2010), como o mais promissor.

Na análise de terras, a prática mais comum em solos agrícolas, pressupõe-se que os extratores químicos simulam a extração radicular dos nutrientes existentes no solo de uma forma comparável. Este tipo de abordagem é importante em situações de salinidade ou de toxicidade de nutrientes (como por exemplo, o boro) ou até na quantificação da fixação de elementos como o potássio ou o fósforo, na determinação do pH do solo e na compreensão da estrutura e da composição do solo (Bravdo, 1992). Todavia, a análise de terras não considera agentes como a temperatura e o arejamento do solo, nem mesmo a absorção, mais ou menos elevada, da planta de acordo com as suas necessidades nutricionais. Convém ainda ter particular atenção no processo de colheita de amostras, já que a própria amostragem de terras poderá não ser representativa da porção de solo efetivamente explorada pelas plantas, assim como na preparação das amostras em laboratório e no uso de soluções extrativas adequadas (Reuther & Smith, 1954; Meyer, 1981; Veloso *et al.*, 1998; Fageria *et al.*, 2009; Pacheco *et al.*, 2010; Horneck *et al.*, 2011).

Por sua vez, o diagnóstico nutricional de tecidos de plantas, ainda que economicamente mais dispendioso, é aquele que produz resultados mais estáveis, se comparado com as análises de terras (Fageria *et al.*, 2009). Apesar de envolver a análise de uma parte bem definida da mesma, considera-se que as folhas são o órgão da planta que melhor reflete o seu estado nutricional, sendo o diagnóstico foliar o método mais amplamente utilizado, estando disponíveis os procedimentos adequados para a sua análise (Chapman & Brown, 1950; Malavolta *et al.*, 1997). Este método de avaliação nutricional indireto permite inferir sobre os desequilíbrios dos minerais na planta, antes mesmo do aparecimento dos sintomas de deficiência, possibilitando ainda a aplicação de fertilização adicional no mesmo ano ou até o estabelecimento da fertilização no ano seguinte (Walworth & Sumner, 1987; Malavolta *et al.*, 1997; McCray *et al.*, 2013). Todavia, em resultado da dinâmica de crescimento de uma planta já há muito se reconheceu a necessidade do cuidado e da consistência na escolha de adequados métodos de seleção, os quais são passíveis de reduzir o erro associado às variáveis de amostragem do tecido colhido (Beverly, 1991). De referir ainda que a composição mineral da folha depende da dinâmica da absorção de nutrientes bem como das suas interações, e é consequência do efeito dos fatores que atuam sobre o órgão da planta, podendo variar com a espécie, a variedade, a idade, o solo, o clima, as práticas culturais ou até mesmo as pragas e doenças (Meyer, 1975; Walworth &

Sumner, 1987; Beverly, 1991; Malavolta *et al.*, 1997; Fageria *et al.*, 2009). Esta análise, quando aplicada individualmente ou em conjunto com a análise realizada ao solo bem como a apreciação visual de eventuais sintomas de carência ou excesso de nutrientes, permite o estabelecimento e a avaliação de programas de planeamento de fertilização identificando quais os nutrientes que poderão estar em deficiência ou não (Meyer, 1975; McCray, 2013).

Hoje em dia, apesar da contínua melhoria nos procedimentos e equipamentos, que tornaram possível o aumento da precisão e da produtividade do trabalho analítico em laboratórios, o ponto fraco continua a ser a correta interpretação dos resultados analíticos, importante fator na elaboração das recomendações de fertilização ou no tratamento das culturas (Beverly, 1991; Horneck *et al.*, 2011).

3. Métodos de análise e interpretação dos resultados analíticos baseados em análises foliares

A interpretação dos resultados de análise foliar constitui a fase mais delicada do diagnóstico do estado de nutrição das culturas, pois são múltiplos e de natureza diversa os fatores que influenciam o seu estado de nutrição e, conseqüentemente, as concentrações foliares dos nutrientes.

O diagnóstico nutricional exige, além do método adequado de amostragem, o estabelecimento de critérios para a interpretação de resultados. Por norma, a análise do conteúdo foliar é comparada com valores de referência associados, essencialmente a níveis específicos de produtividade e qualidade (Pacheco *et al.*, 2010). Todavia, diferenças resultantes de circunstâncias regionais, tais como condições ambientais ou o sistema casta/porta-enxerto não são contempladas (Pacheco *et al.*, 2010).

De entre os métodos de diagnóstico nutricional baseados na análise foliar destacam-se, seguidamente, o Valor Crítico, os Intervalos de Suficiência e ainda o Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação, em língua inglesa o Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS).

3.1. Valor Crítico e Intervalos de Suficiência

Os métodos tradicionais de interpretação pressupõem a comparação das concentrações de nutrientes, obtidas com valores de referência (concentrações críticas ou intervalos de suficiência).

A primeira metodologia, Valor Crítico, visa o estabelecimento de um valor de concentração para cada nutriente, num determinado órgão da planta e num estágio de crescimento específico, no qual se observa uma redução na produção entre 5 a 10% (Sumner, 1979; McCray *et al.*, 2013). Este número é, normalmente, resultado de um conjunto de experiências no qual é testada a resposta à variação de um determinado nutriente enquanto os outros fatores de crescimento são mantidos estáveis segundo um nível considerado como ótimo (Dow & Roberts, 1982).

Por sua vez, o método baseado no Intervalo de Suficiência considera que, sempre que para um dado nutriente as concentrações obtidas estejam significativamente abaixo ou acima desse intervalo, verificar-se-ão perdas de expansão vegetativa, de rendimento e de qualidade da cultura (Baldock & Schulte, 1996; McCray *et al.*, 2013).

As premissas em que assentam estas teorias permitem que as mesmas sejam alvo de variadas críticas feitas por diversos investigadores da área da nutrição vegetal. Em primeiro lugar, estes métodos baseiam-se na avaliação isolada das concentrações dos nutrientes sem ter em conta o seu balanço nutricional global quando, na prática, é sabido que certas combinações de elementos poderão ser limitantes (Meyer, 1975; Jones, 1981; Maeda *et al.*, 2003). Por outro lado, a utilização desta metodologia não permite hierarquizar possíveis limitações nutricionais que poderão ser detetadas (Meyer, 1981; Maeda *et al.*, 2003). Além disso, vários autores relatam uma grande dificuldade na interpretação e no estabelecimento destes valores de referência bem como no seu impacto na produção, uma vez que as concentrações nutricionais dependem do grau de maturação do tecido (Meyer, 1975; Sumner, 1979; Nachtigall, 2004). Este último inconveniente resulta diretamente do uso da matéria seca como a única base para expressar a composição nutricional, a qual muda com a idade (Beaufils, 1973). Por essa razão, para que se alcance o sucesso na aplicação de ambas as metodologias, a amostragem é um passo fundamental, devendo ser escrupulosamente respeitada a padronização definida para a colheita (o que nem sempre é possível) já que, como se sabe, tecidos novos apresentam, em geral, concentrações mais elevadas de nutrientes (Sumner, 1979; Raij, 1991; Harger *et al.*, 2003). De lembrar que, elementos como o azoto, o fósforo e o potássio apresentam teores mais altos em folhas jovens ocorrendo, à medida que a planta cresce, uma diluição e conseqüente diminuição da sua concentração (Raij, 1991). Por outro lado, outros elementos como o cálcio, o magnésio, o manganês, o ferro e o boro, pela sua reduzida mobilidade, tendem a ver a sua concentração aumentada com o envelhecimento do tecido vegetal (Raij, 1991). Também, as variações nos fatores

edafoclimáticos e agronómicos restringem a fiabilidade desta metodologia, muito embora existam fatores de correção que têm em conta inúmeras variáveis tais como a humidade, a estação do ano, a idade ou mesmo a variedade em causa (Meyer, 1975). Por estes métodos não considerarem fatores ambientais ou outras condições nutricionais, assume-se que os valores limite referidos não são únicos nem universalmente aplicáveis, o que justifica a existência de um grande número de valores críticos definidos pela literatura para uma mesma cultura (Melsted *et al.*, 1969). Por seu turno, no caso particular dos Intervalos de Suficiência, o estabelecimento de um valor máximo do intervalo se, por um lado, permite um aumento na flexibilidade do diagnóstico, por outro lado, contribui para diminuir a sua precisão visto que os limites são, muitas vezes, demasiado amplos (Sumner, 1979).

Em jeito de conclusão, deve admitir-se que, apesar do mérito da análise foliar, a sua aplicação é limitada (Beverly, 1991). O maior inconveniente da análise de folhas através da aplicação dos métodos anteriormente enunciados reside no facto de que as maiores exigências nutricionais se verificam no estado de Floração e, portanto, os seus resultados apenas raramente são usados em benefício da cultura, da qual a amostra foi retirada, uma vez que a estação de crescimento (ou a maior parte desta), já passou (Meyer, 1981; Harger *et al.*, 2003; Nachtigall, 2004). Além disso, a interpretação da análise dos tecidos baseada na comparação dos resultados analíticos de valores *standard*, denominados valores críticos, intervalos de suficiência ou valores limiares constitui uma metodologia simples, baseada na lei do mínimo, a qual requer que cada nutriente possa ser considerado independentemente, tornando o conceito de balanço nutricional difícil dado que apenas permite a identificação de um nutriente de cada vez (Beverly, 1991).

Todavia, vários autores sugerem que estes métodos poderão ser uma ferramenta útil, quando usados em conjunto com outras ferramentas de interpretação da análise foliar, tal como a metodologia DRIS (Meyer, 1975; Walworth & Sumner, 1987; Ruíz-Bello & Cajuste, 2002).

3.2. O Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS)

Proposto em 1973 por E. R. Beaufils, o DRIS, resulta de trabalhos sobre fisiologia e nutrição vegetal desenvolvidos em seringueiras, no Vietnam, e surge como uma ampla e promissora metodologia de interpretação de diagnósticos foliares, capaz de se tornar numa alternativa em relação às usadas até então.

O método DRIS baseia-se no cálculo de índices para cada nutriente, considerando a sua relação com os demais. É uma metodologia na qual razões entre concentrações de nutrientes de uma amostra são comparadas matematicamente com valores ótimos – valores de referência ou normas – das mesmas razões obtidas a partir de uma população de alta produtividade – população de referência –, a qual é assumida como nutricionalmente equilibrada (Tomé, 2001; Maeda *et al.*, 2004; McCray *et al.*, 2013). Pela aplicação do método obtêm-se índices de diagnóstico utilizados na ordenação dos desequilíbrios nutricionais (Maeda *et al.*, 2004).

Para tal, este sistema faz uso de um largo número de observações de concentrações de nutrientes e de rendimentos de uma cultura de forma a obter estimativas precisas de médias, desvios-padrões, variâncias e coeficientes de variação (Beaufils, 1973; Elwali & Gascho, 1983). São esses valores que vão constituir os parâmetros de referência do DRIS, obtidos para subpopulações de alta produtividade, a que se dá o nome de normas, valores estes que representam o ideal para as condições estudadas nas quais são cultivadas, tornando-se no *standard* de comparação (Beaufils, 1973; Elwali & Gascho, 1983; Beverly, 1991). Por fim, por comparação das razões entre nutrientes de uma amostra de tecido, com a razão correspondente de uma população de referência ou norma, através do cálculo de funções que depois são usados para o estabelecimento de índices, é possível determinar quais os nutrientes que estão a limitar o rendimento da cultura (Beaufils, 1973; Elwali & Gascho, 1983; Beverly, 1991; Oliveira & Takamatsu, 2004).

A aplicação do DRIS tem sido feita em larga escala em culturas agrícolas, principalmente nos cereais e nas oleaginosas (Wadt *et al.*, 1999).

Os trabalhos desenvolvidos com esta metodologia englobam culturas tão diferentes como: cana-de-açúcar (Elwali & Gascho, 1983; Junior & Monnerat, 2003; McCray *et al.*, 2013); soja (Harger *et al.*, 2003; Maeda *et al.*, 2004); milho (Letzsch & Sumner, 1984), pecan (Beverly & Worley, 1992; Morales, 2004); pimenta (Oliveira & Takamatsu, 2004); algodoeiro (Singh *et al.*, 2012); limoeiro (Cerdá *et al.*, 1995); laranja (Beverly *et al.*, 1984; Beverly, 1987; Beverly, 1992; Mourão Filho, 2005); romãzeira (Raghupathi & Bhargava, 1998); cafeeiro (Wadt *et al.*, 1999; Bataglia, 2003; Silva *et al.*, 2003; Partelli *et al.*, 2006); bananeira (Teixeira *et al.*, 2002), actinídea (Velo, 1995), pereira (Alves, 1997), videira (Schaller *et al.*, 2002; Terra *et al.*, 2002; Martín *et al.*, 2013), entre outras.

Nos pontos seguintes, explicar-se-á mais detalhadamente a constituição e o funcionamento da metodologia DRIS.

3.2.1. O Formulário DRIS

Os índices DRIS, apesar de serem valores de fácil leitura e compreensão, resultam da aplicação de um grande número de cálculos. O formulário DRIS subdivide-se em quatro passos fundamentais: a escolha da ordem de relação entre pares de nutrientes – as normas DRIS, o cálculo do índice DRIS, a função das razões dos nutrientes e o somatório das funções envolvendo cada nutriente. Para a aplicação de cada um destes processos, existem várias fórmulas referenciadas pela bibliografia, as quais serão seguidamente descritas.

3.2.1.1. Escolha da ordem de relação entre pares de nutrientes – As normas DRIS

Para o estabelecimento das normas DRIS, é necessária a existência de um banco de dados, composto por um conjunto de amostras das quais se tem conhecimento dos teores totais de nutrientes nas folhas e da respetiva produtividade (Maeda *et al.*, 2004).

Este conjunto de observações é, posteriormente, subdividido em duas subpopulações, de acordo com o valor de produtividade definido como limite entre a subpopulação A, de alta produtividade – também classificada de população de referência – e a subpopulação B, de baixa produtividade (Maeda *et al.*, 2004).

Uma vez definida a população de referência, obtêm-se as normas que são constituídas pelas relações – tanto diretas como inversas (por exemplo, N/P ou P/N, respetivamente) – entre todos os pares de nutrientes, médias e seus respetivos desvios-padrão e coeficientes de variação para cada uma das populações (Beaufils, 1973; Letzsch & Sumner, 1984; Walworth & Sumner, 1987; Tomé, 2001; Maeda *et al.*, 2004; Nachtigall, 2004). No caso de relações entre nutrientes cuja concentração varia inversamente ao longo do ciclo de vida da planta, é também proposta uma outra abordagem que consiste no cálculo do seu produto, o qual deverá permanecer constante (Beaufils, 1973; Teixeira *et al.*, 2002; Nachtigall, 2004). Todavia, vários autores afirmam que esta fórmula assente no produto de nutrientes é limitada, não tendo sido testada na metodologia por eles estudada.

No que diz respeito à relação entre nutrientes, nos cálculos do método DRIS, apenas um tipo de cálculo é utilizado para cada par de nutrientes (Nachtigall, 2004). Todavia, na bibliografia há ainda outras sugestões de critérios a usar, os quais carecem de informações (Partelli *et al.*, 2006).

3.2.1.1.1. Valor F

Um dos métodos de cálculo mais difundidos e utilizados para a escolha de valores de referência é o critério da maior razão de variâncias entre as populações de baixa e de alta produtividade (Beaufils, 1973) e (Letzsch, 1985), testada para cada relação nutricional na forma direta e inversa (Beaufils, 1973; Letzsch & Sumner, 1984; Walworth & Sumner, 1987; Maeda *et al.*, 2004). A ordem de relação entre nutrientes pela relação das variâncias (s^2) é calculada da seguinte forma:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{s^2\left(\frac{X}{Y}\right)_{\text{pop. referência}}}{s^2\left(\frac{x}{y}\right)_{\text{pop. não referência}}} > \frac{s^2\left(\frac{Y}{X}\right)_{\text{pop. referência}}}{s^2\left(\frac{y}{x}\right)_{\text{pop. não referência}}} \Rightarrow \text{Relação da norma } \frac{X}{Y} \\ \frac{s^2\left(\frac{X}{Y}\right)_{\text{pop. referência}}}{s^2\left(\frac{x}{y}\right)_{\text{pop. não referência}}} < \frac{s^2\left(\frac{Y}{X}\right)_{\text{pop. referência}}}{s^2\left(\frac{y}{x}\right)_{\text{pop. não referência}}} \Rightarrow \text{Relação da norma } \frac{Y}{X} \end{array} \right. \quad (1)$$

em que,

$s^2\left(\frac{X}{Y}\right)_{\text{pop. referência}}$: variância dos valores $\frac{X}{Y}$ na população de referência

$s^2\left(\frac{x}{y}\right)_{\text{pop. não referência}}$: variância dos valores $\frac{x}{y}$ na população não referência

$s^2\left(\frac{Y}{X}\right)_{\text{pop. referência}}$: variância dos valores $\frac{Y}{X}$ na população de referência

$s^2\left(\frac{y}{x}\right)_{\text{pop. não referência}}$: variância dos valores $\frac{y}{x}$ na população não referência

$\frac{X}{Y}$ e $\frac{Y}{X}$: razão entre os teores de um par de nutrientes X e Y ou, teor de um nutriente X com base na matéria seca Y (para o M-DRIS).

De referir também que alguns autores recomendam a inclusão de apenas aquelas relações cujo teste F indique diferenças significativas entre a variância das relações para a razão entre a subpopulação de baixa produtividade e a população de referência (Beaufils, 1973; Elwali & Gascho, 1984). Também Alves (1997), no seu trabalho em pereiras, estudou as distribuições dos teores foliares das subpopulações de referência e de baixas produções recorrendo ao teste de hipóteses de igualdade da diferença entre duas médias, de forma a fundamentar a utilização dos resultados correspondentes à subpopulação mais favorável, como valores de referência.

3.2.1.1.2. Valor r

Anos mais tarde, Nick (1998), propôs o critério do valor r para a escolha da ordem da razão dos nutrientes na aplicação do DRIS, no qual se escolhe a ordem da razão que resultar no mais alto valor absoluto do coeficiente de correlação (r) entre os valores da variável resposta da planta (valores de produtividade) e a razão entre os pares de nutrientes, tanto na ordem inversa como direta (Nachtigall, 2004).

$$|r_{X/Y}| > |r_{Y/X}|, \text{ então: relação da norma} = X/Y \quad (2)$$

$$|r_{X/Y}| < |r_{Y/X}|, \text{ então: relação da norma} = Y/X$$

em que:

$|r_{X/Y}|$: valor absoluto do coeficiente de correlação entre a produtividade e a razão X/Y de toda a população (talhões de referência e não-referência)

$|r_{Y/X}|$: valor absoluto do coeficiente de correlação entre a produtividade e a razão Y/X de toda a população (talhões de referência e não-referência)

X/Y e Y/X : razão entre os teores de um par de nutrientes X e Y ou, teor de um nutriente X, com base na matéria seca Y (para o M-DRIS).

Apesar de serem poucos os autores que se debruçam sobre a comparação destes dois cálculos, o trabalho de Mourão Filho *et al.* (2002), concluiu que o valor r se mostrava mais eficiente em laranjeiras e o valor F mais vantajoso em limoeiros.

Findos estes cálculos, e selecionadas as relações para cada par de nutrientes, as médias dos quocientes das relações entre as concentrações dos nutrientes selecionados e os seus respetivos desvios-padrão e coeficientes de variação, correspondentes à subpopulação de alta produtividade (A), representam os valores ou normas de referência do DRIS (Maeda *et al.*, 2004).

A partir deste ponto, é possível calcular os índices DRIS para os teores de nutrientes de uma amostra em particular (Nachtigall, 2004).

3.2.1.2. Índice DRIS do nutriente Y

Este índice, calculado para cada elemento nutricional, é baseado no desvio médio de cada razão importante ou significativa (no qual esse nutriente é numerador ou denominador) do seu valor ótimo (Jones, 1981).

Segundo a fórmula geral proposta por Beauflis (1973), o cálculo do índice de diagnóstico do DRIS, para um nutriente Y, é feito conforme a seguinte equação:

$$\text{Índice DRIS (Y)} = \frac{\sum_{i=1}^n f\left(\frac{Y}{X_i}\right) - \sum_{j=1}^m f\left(\frac{X_j}{Y}\right)}{n + m}, \quad (3)$$

em que,

Y = nutriente genérico sob avaliação

X_i = nutrientes genéricos que aparecem no denominador das relações com o nutriente genérico Y

X_j = nutrientes genéricos que aparecem no numerador das relações com o nutriente genérico Y

m = número de funções em que o nutriente em processamento se encontra no numerador da relação

n = número de funções em que o nutriente em processamento se encontra no denominador da relação

$f\left(\frac{Y}{X_i}\right)$ = função da relação entre os nutriente genéricos Y e X_i

$f\left(\frac{X_j}{Y}\right)$ = função da relação entre os nutriente genéricos X_j e Y

Nota: Os valores das funções intermediárias $f\left(\frac{Y}{X_i}\right)$ e $f\left(\frac{X_j}{Y}\right)$ são calculados

segundo o procedimento descrito no ponto seguinte: Funções das razões dos nutrientes.

O valor de índice para cada nutriente representa uma medida integrada da sua suficiência, comparada com os outros nutrientes (Beverly, 1991). Assim, o índice Y consiste na soma de todos os valores de funções onde Y aparece no numerador, deduzidos todos os valores de funções onde Y aparece no denominador, dividido pelo valor do número total de funções envolvidas (Beverly, 1991).

Os índices relativos para os nutrientes podem variar de valores positivos para negativos mas somam sempre 0, uma vez que medem o balanço entre nutrientes (Beaufils, 1973; Meyer, 1981). Portanto, nesta escala contínua, quanto mais negativo é um índice de um nutriente, maior será a probabilidade do nutriente em causa estar em deficiência e, conseqüentemente, o rendimento da cultura ser reduzido (Beaufils, 1973; Sumner, 1979; Jones, 1981; Meyer, 1981). Reciprocamente, quanto maior o valor de um índice, mais pequena será a probabilidade do nutriente estar em níveis de insuficiência (Sumner, 1979; Jones, 1981; Meyer, 1981). Um índice próximo de zero significa que o nutriente está em adequado fornecimento (Beaufils, 1973; Jones, 1981; Meyer, 1981). Desta forma, a partir dos índices de uma determinada amostra, os nutrientes podem ser classificados pela sua ordem e intensidade de deficiência, adequação e excesso, sendo o mais negativo o mais requerido e o mais positivo o menos (Sumner & Beaufils, 1975; Sumner, 1979; Meyer, 1981).

Faz-se notar que os índices DRIS constituem medidas relativas do estado do nutriente, e não valores absolutos, que identificam a sua ordem de limitação, mesmo que os nutrientes estejam presentes em concentrações avaliadas como suficientes (Beverly *et al.*, 1984; Beverly, 1991).

3.2.1.3. Funções das razões dos nutrientes

Para calcular as funções das razões dos nutrientes, existem três principais métodos: a) o método original proposto por Beaufils (1973); b) o método Beaufils (1973) modificado por Elwali & Gascho (1984); c) o método Jones (1981) (Mourão Filho *et al.*, 2002).

Nas páginas seguintes descrevem-se os três métodos anteriormente enunciados.

3.2.1.3.1. Método original proposto por Beauflis (1973)

Este método caracteriza-se pelo seguinte formulário:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{Y}{X_a} < \frac{Y}{X_n} \Rightarrow f\left(\frac{Y}{X}\right) = \left[1 - \left(\frac{Y/X_n}{Y/X_a} \right) \right] \times (100^k / CV) \\ \frac{Y}{X_a} \geq \frac{Y}{X_n} \Rightarrow f\left(\frac{Y}{X}\right) = \left[\left(\frac{Y/X_a}{Y/X_n} \right) - 1 \right] \times (100^k / CV) \end{array} \right. \quad (4)$$

em que :

$f\left(\frac{Y}{X}\right)$: função calculada da relação de nutrientes Y e X

$\frac{Y}{X_a}$: relação de nutrientes da amostra

$\frac{Y}{X_n}$: relação de nutrientes da norma

CV : coeficiente de variação (%) da relação $\frac{Y}{X_n}$

k : constante de sensibilidade

O resultado desta função mede a variação do valor de rácio observado (ou seja, na amostra de tecido que será diagnosticada) a partir do valor da norma como uma percentagem do menor dos dois valores (Beverly, 1991). A constante de sensibilidade é um número arbitrário, geralmente 10, que é usado para assegurar que a função e os valores dos índices são números inteiros e a divisão pelo coeficiente de variação atribui mais peso em relação às relações com menor variabilidade inerente (Beverly, 1991).

3.2.1.3.2. Método Beauflis modificado por Elwali & Gascho

A modificação introduzida por Elwali & Gascho (1984) à fórmula original consiste no seguinte: cada dois nutrientes (X e Y) são considerados como estando num ótimo balanço nutricional $f(X/Y) = 0$ se a razão das suas concentrações numa amostra (X/Y) se encontrar dentro do intervalo definido pela sua média mais ou menos o desvio padrão da mesma razão na população de referência $(\overline{X/Y} \pm SD \overline{X/Y})$. Esta alteração difere da fórmula original proposta por Beauflis (1973), a qual considera que

os dois nutrientes se encontrariam em balanço ótimo quando a razão das suas concentrações na amostra (X/Y) é idêntica ao valor da média total da população de referência. A modificação introduzida no formulário original baseou-se no facto de que, para o cálculo da razão do DRIS, um intervalo de valores será preferível a apenas um valor, possibilitando a diminuição da probabilidade de diagnósticos erróneos em relação a desequilíbrios nutricionais entre nutrientes (Elwali & Gascho, 1984).

Da modificação do Método Beauflis (1973), resulta, então, a seguinte expressão:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{Y}{X_a} < \frac{Y}{X_n - s} \Rightarrow f\left(\frac{Y}{X}\right) = \left[1 - \left(\frac{Y/X_n}{Y/X_a} \right) \right] \times (100^k / CV) \\ \frac{Y}{X_n - s} \leq \frac{Y}{X_a} \leq \frac{Y}{X_n + s} \Rightarrow f\left(\frac{Y}{X}\right) = 0 \\ \frac{Y}{X_a} > \frac{Y}{X_n + s} \Rightarrow f\left(\frac{Y}{X}\right) = \left[\left(\frac{Y/X_a}{Y/X_n} \right) - 1 \right] \times (100^k / CV) \end{array} \right. \quad (5)$$

em que :

$f\left(\frac{Y}{X}\right)$: função calculada da relação de nutrientes Y e X

$\frac{Y}{X_a}$: relação de nutrientes da amostra

$\frac{Y}{X_n}$: relação de nutrientes da norma

CV : coeficiente de variação (%) da relação $\frac{Y}{X_n}$

k : constante de sensibilidade

3.2.1.3.3. Método Jones

Por último, apresenta-se o Método Jones (1981), cuja pretensão é a de simplificar a lógica e os cálculos DRIS, presentes no formulário original, impedindo a sobrestimação dos desvios entre a relação de nutrientes numa amostra e na norma sempre que a primeira é maior que a segunda o que, conseqüentemente, influencia o valor da função da razão dos nutrientes (Jones, 1981).

A fórmula proposta é a seguinte:

$$f\left(\frac{Y}{X}\right) = \left[\left(\frac{Y}{X_a} - \frac{Y}{X_n}\right)\right] \times \left(\frac{k}{s}\right) \quad (6)$$

em que :

$f\left(\frac{Y}{X}\right)$: função calculada da relação de nutrientes Y e X

$\frac{Y}{X_a}$: relação de nutrientes da amostra

$\frac{Y}{X_n}$: relação de nutrientes da norma

s : desvio-padrão da relação $\frac{Y}{X_n}$

k : constante de sensibilidade

Embora estes métodos de cálculos de funções das razões dos nutrientes tenham sido avaliados em alguns trabalhos, ainda não foi definido o mais recomendável (Mourão Filho *et al.*, 2002). Todavia, o mesmo autor refere que, de entre os três procedimentos de cálculo dos índices DRIS testados em citrinos, o proposto por Jones foi o que apresentou melhores resultados.

3.2.1.4. Somatório das funções envolvendo cada nutriente

Para o somatório das funções envolvendo cada nutriente existem dois principais procedimentos citados: o DRIS (Beaufils, 1973) e o M-DRIS (Hallmark *et al.*, 1987). Para o método DRIS original utilizam-se apenas as funções das razões entre nutrientes. Já o método M-DRIS, que constitui uma variação e expansão do método DRIS, prevê a inclusão da matéria seca no cálculo dos índices.

3.2.1.4.1. DRIS (Beaufils, 1973)

O método original DRIS (Beaufils, 1973) consiste no somatório, em módulo, de todos os índices para cada nutriente envolvido, conforme representado no seguinte exemplo:

$$IBN = |I_N| + |I_P| + |I_K| + |I_{Ca}| + |I_{Mg}| + |I_S| + |I_{Fe}| + |I_{Mn}| + |I_{Cu}| + |I_{Zn}| + |I_B| \quad (7)$$

Como cada função mede o desvio de uma norma específica, todos os valores de índices deverão somar zero (dentro de um arredondamento de erro de ± 1) (Beverly, 1991). Quanto menor for este valor, melhor será o balanço nutricional da planta e

maior será o seu potencial de produção (Elwali & Gascho, 1983; IPNI, 2007). Por seu turno, quanto mais elevado for este índice, maior será o desequilíbrio da planta e, por conseguinte, maior é a possibilidade de se verificarem quer excessos, quer deficiências de nutrientes (IPNI, 2007). Assim, o rendimento máximo de uma cultura é alcançado só quando os valores das razões escolhidas se aproximam do valor ótimo o qual é, aproximadamente, o valor médio da mesma razão numa população selecionada de alta produtividade (ou outra desejável) (Jones, 1981). Sempre que o índice de balanço nutricional (IBN) for próximo de zero, indicando que a cultura se encontra em equilíbrio nutricional e, mesmo assim, a produtividade for baixa, deve concluir-se que a limitação da produtividade se deve a outros problemas não nutricionais, tal como *déficit* hídrico, fatores genéticos, condições de baixa luminosidade, baixas temperaturas, existência de pragas ou doenças ou época de plantação inadequada, entre outras (Tomé, 2001).

Por sua vez, o índice de balanço nutricional médio (IBN_m) é o valor do IBN dividido pelo número de nutrientes total, resultando na seguinte fórmula:

$$\text{IBN}_{\text{médio}} = |\text{I}_N| + |\text{I}_P| + |\text{I}_K| + |\text{I}_{Ca}| + |\text{I}_{Mg}| + |\text{I}_S| + |\text{I}_{Fe}| + |\text{I}_{Mn}| + |\text{I}_{Cu}| + |\text{I}_{Zn}| + |\text{I}_B| / 11 \quad (8)$$

3.2.1.4.2. M-DRIS

Uma das variações do DRIS propostas, o DRIS Modificado ou M-DRIS, incorpora nos índices a matéria seca (Walworth *et al.*, 1986; Hallmark *et al.*, 1987). Este cálculo resulta da tentativa de superar algumas das fraquezas do DRIS, dado que integra uma medida de verdadeira suficiência nutricional, de forma a diminuir a possibilidade de diagnóstico erróneo, nos casos em que há maior concentração ou diluição de nutrientes, e as relações dos nutrientes prevalecem constantes (Walworth *et al.*, 1986; Beverly, 1991; Partelli *et al.*, 2006).

Os valores das funções são calculados para cada nutriente comparado com a matéria seca, através do uso de médias e de coeficientes de variação de concentrações de nutrientes das populações de referência (Beverly, 1991). As expressões são idênticas às normalmente utilizadas, mas, neste caso, a matéria seca é tratada como um constituinte adicional e um índice é calculado para a matéria seca, da mesma forma que para os demais constituintes vegetais (Mourão Filho *et al.*, 2002). Estas funções são depois incorporadas no cálculo dos índices totais de nutrientes (Beverly, 1991). Para efeitos de interpretação apenas se consideram

potencialmente limitantes os nutrientes cujos valores dos índices são mais negativos que o índice de matéria seca (Beverly, 1991).

A principal desvantagem desta teoria é a reintrodução do efeito da idade da amostra nos rácios das concentrações de nutrientes no processo de diagnóstico, limitação que o cálculo DRIS é suposto superar (Beverly, 1991). Assim, um índice de matéria seca altamente negativo ocorre quando as amostras são colhidas mais cedo do que o estágio de desenvolvimento em que usualmente os tecidos o são, sendo, por isso, essas concentrações de nutrientes, maiores que as população de referência (Beverly, 1991). Por essa razão, a padronização da colheita é essencial (Partelli *et al.*, 2006).

Resulta que nesta metodologia o IBN é calculado a partir de uma expressão semelhante à seguinte, admitindo-se que todos os nutrientes a seguir apresentados são envolvidos no seu cálculo:

$$IBN = |I_N| + |I_P| + |I_K| + |I_{Ca}| + |I_{Mg}| + |I_S| + |I_{Fe}| + |I_{Mn}| + |I_{Cu}| + |I_{Zn}| + |I_B| + |I_{MS}| \quad (9)$$

e o IBN_m obtém-se pela aplicação da fórmula seguinte:

$$IBN_{\text{médio}} = |I_N| + |I_P| + |I_K| + |I_{Ca}| + |I_{Mg}| + |I_S| + |I_{Fe}| + |I_{Mn}| + |I_{Cu}| + |I_{Zn}| + |I_B| + |I_{MS}| / 12 \quad (10)$$

Partelli *et al.* (2006), compararam, no seu trabalho de investigação, os métodos DRIS e M-DRIS, tendo constatado que ambos os métodos proporcionam diagnósticos próximos. O M-DRIS apresenta, contudo, uma correlação ligeiramente mais elevada do que o DRIS entre a produtividade e o IBN, assim como entre o nutriente e o seu respetivo índice (Partelli *et al.*, 2006).

3.2.2. A questão da universalidade das normas DRIS

Teoricamente, as normas *standard* deverão ser aplicadas à cultura em análise, independentemente do lugar onde a mesma é cultivada (Beverly, 1991). Por esse facto, os dados recolhidos para o estabelecimento das normas deverão ser o mais generalistas possível, na medida em que pretendem enquadrar um elevado número de indivíduos selecionados aleatoriamente, numa vasta gama de condições geográficas e ambientais, de modo a que sejam universalmente aplicáveis a uma mesma cultura (Sumner & Beaufils, 1975; Sumner, 1979). Contudo, na prática, vários autores consideram que as normas regionais, derivadas de solos e condições climáticas locais

e adaptadas às variedades e porta-enxertos utilizados, são as mais apropriadas, uma vez que, embora sendo menos suscetível, o DRIS também é influenciado pelos mesmos fatores que interferem nas outras metodologias de análise nutricional (Beverly, 1991; Tomé, 2001; IPNI, 2007). Tal discussão implica o desenvolvimento de trabalhos mais alargados acerca desta teoria.

Um primeiro ponto, focado por vários investigadores, prende-se com o tamanho da população selecionada e o nível de produtividade para o estabelecimento da norma. Por exemplo, Letsch & Sumner (1984), ao estudarem o efeito do tamanho da população e do nível de produção usado para discriminar entre populações de milho de alta e de baixa produtividade nas normas DRIS, concluíram que os melhores bancos de dados são os maiores, os mais aleatórios e aqueles que apresentam um número substancial de observações de alta produtividade. Constataram igualmente que, com o aumento de observações na categoria de alta produtividade, o valor da norma para cada forma de expressão tem tendência a aproximar-se de um valor constante (Letsch & Sumner, 1984). Na mesma linha de pensamento, Maeda *et al.* (2003), defendem que o desenvolvimento e a utilização do DRIS deverão ser abordados como um processo dinâmico que necessita de ter a sua base de dados constantemente ampliada e os valores de referência frequentemente avaliados para a sua maior eficácia na diagnose nutricional. Já Walworth *et al.* (1988), estudaram o estabelecimento de normas baseadas numa população reduzida de 10 observações, mas de muito alta produtividade, concluindo que este método se revelou mais eficiente, preciso e mais económico em relação ao proposto por Beaufils (1973). Também Mourão Filho *et al.* (2002), asseguram que a escolha criteriosa de populações específicas com pequeno número de observações padronizadas quanto ao porta-enxerto, e referentes a um ou dois anos de amostragem foliar e produção, são bancos de dados eficientes para a obtenção das normas DRIS.

De qualquer forma, os autores chamam a atenção para o risco do estabelecimento de normas incorretas devido a observações anormais ou erros analíticos na seleção das populações de referência, sendo necessária uma criteriosa triagem ao selecionar-se um patamar de produtividade, acima do qual a lavoura é considerada como referência (Walworth *et al.*, 1988; Tomé, 2001).

A localização geográfica é também apontada por muitos autores como um fator que deverá ser tido em conta. Autores como Maeda *et al.* (2004), creem que o desenvolvimento de valores de referência particularizados para situações regionais pode minimizar tais deficiências. Condições edafoclimáticas ou de manejo, diferentes das estudadas na população de referência, são apontadas como causas

determinantes para a variabilidade dos índices DRIS que, por conseguinte, culminam em diagnósticos erróneos (Maeda *et al.*, 2004). No seu trabalho de investigação sobre a planta do café, Bataglia *et al.* (2004), fundamentam igualmente a necessidade de ajustes locais para o diagnóstico nutricional da planta. Em contrapartida, outros trabalhos, tais como os de Sumner & Beaufils (1975), ou de Sumner (1979), reiteram a universalidade das normas estabelecidas.

Um outro fator determinante para o sucesso na obtenção das normas DRIS prende-se com aspetos relacionados com a variedade estudada, o porta-enxerto e a variabilidade de colheitas. Mourão Filho *et al.* (2002), asseguram que a separação da população por porta-enxerto e colheita (ou combinações de colheitas) é importante na obtenção de melhores correlações entre os índices DRIS e a produtividade da cultura. De igual modo, Cerdá *et al.* (1995), referem que os índices DRIS são afetados pelo porta-enxerto. Por outro lado, autores como Harger *et al.* (2003), consideram que a aplicação do DRIS é independente da variedade.

Por fim, a influência da idade da folha na planta amostrada tem sido tema de análise no decorrer de vários trabalhos. Se, por um lado, trabalhos de Beaufils & Sumner (1976), sobre a cana-de-açúcar, de Sumner (1977 b), sobre o milho e de Harger *et al.* (2003), sobre a soja concluem que o método DRIS é independente da idade da planta, outros autores afirmam que os mesmos DRIS são afetados pela idade e pelo tipo de tecido amostrado (Meyer, 1981; Beverly *et al.*, 1984; Cerdá *et al.*, 1995).

3.2.3. Interpretação da metodologia DRIS

Depois de apresentadas as premissas nas quais assenta o Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação, torna-se claro que o passo crucial desta metodologia reside na interpretação dos índices DRIS gerados, de forma a identificar as necessidades nutricionais das plantas permitindo que posteriormente possam ser feitas as recomendações de fertilização apropriadas (Beverly, 1991).

Pela forma como os índices são calculados, um índice negativo não representa necessariamente uma deficiência desse nutriente (Beverly, 1991). De facto, os valores dos índices DRIS não têm significado intrínseco, constituindo apenas a base de comparação da suficiência de cada nutriente, relativamente a outros nutrientes, com uma população de alta produtividade, como a comparação *standard* (Beverly, 1991). Além disso, um índice DRIS não tem significado isolado, pelo que os índices dos outros nutrientes deverão estar disponíveis para interpretação (Beverly, 1991).

Apesar deste sistema fornecer a base para determinar qual o nutriente que poderá estar a limitar o rendimento, os índices DRIS não dão automaticamente indicação da probabilidade de resposta do rendimento à aplicação do nutriente já que o desenvolvimento das plantas é um processo dinâmico e a sua própria resposta é função das propriedades do solo ou da resposta do mesmo aos tratamentos (Sumner & Beaufils, 1975; Beverly, 1991). E, após a sua aplicação ao solo, tal não significa que haja um aumento da concentração desse nutriente expresso em percentagem de matéria seca no tecido da planta, já que um nutriente pode permanecer como o mais requerido pela planta caso a quantidade aplicada não tenha sido a suficiente, ou a natureza, a forma, a data de aplicação, etc., não tenham sido as apropriadas (Sumner & Beaufils, 1975; Sumner, 1977 c). Caso o fornecimento do nutriente mais limitante seja realizado com sucesso, não é implícito que o segundo elemento passará a ser o de maior limitação, pois as relações serão alteradas após o fornecimento do primeiro (Sumner, 1977 c; Tomé, 2001).

É importante referir ainda que, mesmo que a aplicação do tratamento de fertilização mais apropriado aumente a probabilidade de obter um rendimento e uma produção superior, fatores incontroláveis podem ter um papel limitante no sucesso desta medida (Sumner & Beaufils, 1975).

Por essa razão, certos investigadores defendem que as recomendações de fertilização não deverão ser apenas baseadas na análise de tecidos, por si só (Beverly *et al.*, 1984). Informações como análise de solo, práticas culturais, ou mesmo a experiência no manuseamento da cultura levarão a que o planeamento da fertilização seja muito mais adequado (Beaufils & Sumner, 1976; Beaufils & Sumner, 1977; Beverly *et al.*, 1984; McCray *et al.*, 2013). Assim, apesar das grandes possibilidades do DRIS, este não deve ser usado exclusivamente como método de interpretação, mas antes associado aos conceitos tradicionais, tanto de Níveis Críticos, como de Intervalos de Suficiência, o que pode trazer informações complementares muito importante na avaliação do estado nutricional de uma amostra (Bataglia, 2003; IPNI, 2007; McCray *et al.*, 2013).

Em termos de interpretação dos índices DRIS calculados, podem ser consideradas três alternativas. Uma primeira, mais simplista, adotada por Sumner & Beaufils (1975), Sumner (1979), e Meyer (1981), define que a partir dos índices de uma determinada amostra, os nutrientes podem ser classificados pela sua ordem e intensidade de deficiência, adequação e excesso, sendo o mais negativo o mais requerido e o mais positivo o menos. Por sua vez, Martínez *et al.* (1999), propõem que cada nutriente pode ser enquadrado em cinco classes de probabilidade de resposta à

aplicação desse mesmo elemento, partindo da comparação entre o IBN_m e o sinal e o módulo do índice DRIS. Essas classes são as seguintes: 1) DRIS negativo de maior valor numérico (planta deficiente) – resposta positiva; 2) DRIS negativo de valor numérico maior que o IBN_m (planta deficiente ou não) – resposta positiva ou nula; 3) DRIS negativo ou positivo de valor numérico igual ou menor que o IBN_m (planta não deficiente) – resposta nula; 4) DRIS positivo de valor numérico maior que o IBN_m (planta com excesso ou não) – resposta negativa ou nula; 5) DRIS positivo de maior valor numérico (planta com excesso) – resposta negativa. Por sua vez, e apesar da escala do DRIS ser contínua, outra teoria propõe que seja criado um intervalo de valores de (des)equilíbrio de modo a evitar o diagnóstico de deficiências quando, na realidade, os desvios em relação ao valor zero se devem a erros aleatórios. Nesse sentido, intervalos entre -7 e +7 ou entre -15 e +15 são alguns dos referenciados na bibliografia (Kelling *et al.*, 1991; Soltanpour *et al.*, 1995). AGVISE Laboratories (s.d.), indica a seguinte escala para interpretação dos valores de índices DRIS obtidos: entre -15 e +15 os nutrientes encontram-se em concentrações adequadas; entre -15 e -30, observa-se uma deficiência desse elemento; e entre +15 e +30 considera-se que o nutriente contribui apenas para consumo de luxo. Uma interpretação semelhante é sugerida por Kelling & Schulte (1986), os quais referem que se um índice DRIS for inferior a -15 estamos perante um estado de carência latente e se inferior a -25 há um estado de carência desse elemento. Se, em oposição, o índice for superior a +25, verifica-se um excesso do nutriente em consideração (Kelling & Schulte, 1986).

Na bibliografia consultada, é comum a avaliação da eficiência do DRIS em função da produção obtida numa parcela com tratamento controlo; numa parcela cuja metodologia de interpretação e recomendação é outra que não o DRIS; ou mesmo de ano para ano (Sumner & Beaufils, 1975; Jones & Bowen, 1981; Elwali & Gascho, 1983; Beverly *et al.*, 1984; Beverly, 1987; Walworth *et al.*, 1988; Teixeira *et al.*, 2002). Assim, um incremento do rendimento traduz-se numa resposta positiva da cultura, em relação ao fornecimento de um ou mais nutrientes limitantes. Por vezes, parâmetros qualitativos tais como o rendimento em açúcar ou o conteúdo em óleo são também critérios avaliados (Castamann *et al.*, 2012; Elwali & Gascho, 1983). Outros métodos de análise recaem na comparação da relação entre o IBN e a produção obtida (Wadt *et al.*, 1999; Elwali & Gascho, 1984; Mourão Filho, 2005). Sempre que a produção é desconhecida, Beverly *et al.* (1984) sugerem que a avaliação de uma fertilização baseada no sistema DRIS se faça verificando se os efeitos das colheitas resultam ou não em diferentes diagnósticos (Beverly *et al.*, 1984). Por sua vez, o trabalho de Bataglia *et al.* (2004), torna a interpretação do DRIS um pouco mais complexa, na

medida em que atribui valores diferenciados a diferentes grupos de nutrientes de acordo com a sua categoria e os classifica em “responsivos”, “medianamente responsivos” e “pouco responsivos”. A avaliação da eficiência dos valores diferenciados é realizada com base na relação $IBN_m \times$ Produtividade, assumindo que o sinal negativo dos coeficientes de correlação relata a relação inversa entre o DRIS e a produtividade e que grandezas absolutas maiores indicam um melhor desempenho da combinação dos valores atribuídos aos nutrientes, com respostas diferenciais na nutrição da cultura (Bataglia *et al.*, 2004).

3.2.4. O software DRIS como ferramenta de cálculo e interpretação nutricional

Conforme anteriormente referido, o grande número de cálculos que o sistema DRIS implica, torna-se num dos maiores problemas quando se considera a generalização e a difusão deste método de diagnóstico e interpretação nutricional (Jones, 1981; IPNI, 2007; McCray *et al.*, 2013).

Embora se encontrem referências a programas informáticos criados para facilitarem a utilização do DRIS (Costa *et al.*, 2000; IPNI, 2010; EREC-UF, 2011; EMBRAPA, s.d.; Wadt, s.d.), há ainda inúmeras limitações que condicionam a sua utilização e aplicabilidade às culturas agrícolas.

Em primeiro lugar, refira-se que algumas das aplicações apresentadas não se encontram disponíveis *on-line*, caso do software utilizado por Costa *et al.* (2000), ou por Tomé (2001). A acrescentar a esse facto, nenhum dos *softwares* apresentados se adequa à nossa realidade agrícola, dado não contemplarem a cultura da vinha, sendo que um outro obstáculo frequente reside na falta de flexibilidade dos programas disponibilizados já que muitos deles não permitem a atualização de dados nutricionais através da introdução de novas observações. Por fim, a aplicação disponibilizada pelo IPNI (2010) é demasiadamente restritiva no que toca à seleção de metodologias de análise laboratorial.

3.2.5. O DRIS: estudos e comparações

A precisão e a flexibilidade de várias técnicas foliares em fazer diagnósticos válidos de desequilíbrios nutricionais em plantas nem sempre são avaliadas de uma forma crítica. Nos parágrafos seguintes, descrever-se-ão alguns estudos comparativos entre o DRIS e outros métodos de análise e diagnóstico nutricional abordados em publicações científicas.

Quando, Sumner & Beaufils (1975), decidiram comparar o critério clássico dos valores críticos com o DRIS, no que diz respeito ao diagnóstico NPK, no estudo da cultura do açúcar, verificaram que o método DRIS corresponde a um maior ganho de rendimento em relação ao do Valor Crítico e que este sistema inovador é independente da idade, da época de colheita das amostras e da variedade, mas é sensível, embora em reduzida escala, a condições de *stress* hídrico. Trabalhos subsequentes em que estes dois critérios foram avaliados foram unânimes em concluir que a nova metodologia revelava uma marcada superioridade na questão da sensibilidade do diagnóstico e no aumento dos rendimentos, em relação ao Valor Crítico (Beaufils & Sumner, 1976; Sumner, 1977 b). Do mesmo modo, Sumner (1977 b), no seu trabalho sobre a cultura do milho, conclui que, para o mesmo tipo de tecido que deu origem às normas (neste caso, folhas), o diagnóstico é independente da posição da folha na planta, sendo a ordem de deficiência na planta essencialmente a mesma. Assim, por considerar relações entre os nutrientes, segundo este autor, o diagnóstico nutricional baseado no DRIS mantém-se estável, em oposição a metodologias que analisam o nutriente baseando-se na matéria seca. Um outro trabalho de Beaufils & Sumner (1977), verifica também a independência já anteriormente relatada. Sumner (1979), comparou o critério clássico dos valores críticos com o DRIS, na avaliação de diagnósticos para o mesmo conjunto de dados, e constatou que o DRIS possibilitava diagnósticos mais precisos quando as metodologias do valor crítico e dos intervalos de suficiência falhavam (Sumner, 1979). Embora as normas das duas metodologias partam de pontos de referência similares, o DRIS é capaz de fazer diagnóstico com significado sobre plantas de diferentes idades, podendo classificar a ordem pela qual os nutrientes limitam a produção (Sumner, 1979). Também Meyer (1981), relata a superioridade do DRIS em relação ao critério dos valores críticos, especialmente numa fase inicial da cultura da cana-de-açúcar, o que permite a deteção de desequilíbrios nutricionais cerca de 4 a 6 semanas mais cedo. Constataram ainda que, num largo número de casos, houve uma resposta positiva à aplicação de um dado nutriente considerado como deficiente, segundo os cálculos DRIS, embora o seu nível no solo estivesse bem acima do valor crítico estabelecido (por vezes mais de 10 vezes) (Meyer, 1981). Jones & Bowen (1981), aplicaram à cultura da cana-de-açúcar o DRIS e o diagnóstico Crop Log (fórmula tradicional e fórmula calibrada), uma metodologia baseada em concentrações críticas que faz uso, não só, das concentrações de nutrientes das plantas, como também de índices complexos. O trabalho pretendeu determinar se a precisão do DRIS se devia à

vantagem inerente ao DRIS ou ao sistema da calibração (Jones & Bowen, 1981). Os resultados deste estudo comprovam que o método DRIS pode resultar em diagnósticos ligeiramente mais precisos das deficiências nutricionais do que o método Crop Log convencional, mas semelhante no que respeita ao Crop Log calibrado (Jones & Bowen, 1981). Também Elwali & Gascho (1984), confrontaram os métodos de Análises ao solo, Nível crítico e DRIS e concluíram que este último, por permitir balanços nutricionais mais equilibrados, facto comprovado pelo cálculo dos índices DRIS, possibilitou o aumento significativo do rendimento da cana e em açúcar (Elwali & Gascho, 1984). As diferenças entre a análise foliar usando o nível crítico e a análise do solo não foram expressivas (Elwali & Gascho, 1984). Beverly *et al.* (1984), num outro trabalho, demonstraram ainda que, para o diagnóstico nutricional de laranjeiras, o DRIS foi superior ao Critério de Intervalos de Suficiência dado que foi capaz de detetar deficiências em magnésio, ao contrário do segundo que classificou os níveis como ótimos. Também concluíram que os índices DRIS são afetados pela idade e pelo tipo de tecido amostrado (Beverly *et al.*, 1984). Por esta razão, defendem que as normas deveriam ser aplicadas apenas à amostragem *standard*, definida para a cultura em estudo (Beverly *et al.*, 1984). Segundo os mesmos autores, a metodologia DRIS refletiu as mudanças nas concentrações de nutrientes, devido à alternância de produção ou a efeitos de carga de cultura e concordou com o Critério de Intervalos de Suficiência, quando as alterações da concentração foram suficientes para afetar o segundo. No estudo dos nutrientes azoto e potássio, na cultura da banana, o DRIS mostrou ser equivalente ou superior à metodologia dos níveis críticos, mesmo utilizando-se normas preliminares e obtidas em condições bastante diversas do trabalho no qual foi testado (Teixeira *et al.*, 2002). Maeda *et al.* (2004), compararam também a análise ao solo, o método de Critério de Intervalos de Suficiência e o método DRIS com a observação visual de deficiências nutricionais em folhas de soja. Destes, apenas o sistema DRIS conseguiu assinalar as deficiências detetadas visualmente (Maeda *et al.*, 2004). Os mesmos autores indicam que os Intervalos de Suficiência, definidos para os teores de alguns nutrientes, não são adequados para as condições em questão e que fatores ambientais e genéticos estarão a limitar a absorção dos nutrientes pelas plantas (Maeda *et al.*, 2004). Mourão Filho (2005) estabeleceu comparações entre o DRIS e o Critério de Intervalos de Suficiência, clarificando que o primeiro complementa o diagnóstico nutricional do segundo, na medida em que estabelece a ordem de deficiência ou excesso de cada nutriente. Nesse trabalho, verificou a existência de um acordo na análise nutricional em relação

a alguns nutrientes, enquanto outros são classificados como deficientes pelo DRIS e adequados ou mesmo altos pelo Critério de Intervalos de Suficiência.

Mas, nem todos os artigos encontrados na bibliografia são concordantes em relação a esta metodologia. Os autores a seguir citados referem desvantagens na aplicação do DRIS, como também alguns inconvenientes e problemas decorrentes da sua aplicação.

O trabalho de Meyer (1981), concluiu que se existem alguns índices que se mantêm estáveis ao longo do ciclo vegetativo, outros há que contrariam as regras da estabilidade defendidas pelo DRIS. Mesmo assim, os seus resultados indicam, que a condição de um nutriente de uma cultura poderá ser prevista de modo mais fiável pelo DRIS (do que pela avaliação dos níveis críticos), mais particularmente quando a cultura se encontra numa fase inicial de desenvolvimento já que quando a cultura é jovem, os rácios geralmente variam menos do que os valores de percentagem de nutrientes por matéria seca na folha. Se a deficiência de um nutriente for severa, a fiabilidade do DRIS em culturas com mais idade permanece boa (Meyer, 1981). Todavia, segundo o este autor, ao longo de 24 meses, as flutuações do índice de azoto foram consideráveis, passando o seu valor de deficiente a suficiente e vice-versa, conforme a estação do ano. Tal acontecimento é explicado pelas interações quer sinérgicas, quer antagónicas entre pares de nutrientes nos tecidos das plantas (Meyer, 1981). De igual forma, Elwali & Gascho (1984) observaram flutuações nos índices DRIS ao longo do ano agrícola. Estas foram, segundo os mesmos autores, devidas aos elevados níveis de cálcio, os quais induziram desequilíbrios entre os catiões potássio e magnésio (considerados como estando em deficiência). Através da aplicação de potássio e de magnésio, a sua concentração nas folhas de cana-de-açúcar mudou pouco mas os índices DRIS correspondentes aumentaram e os de cálcio diminuíram drasticamente (Elwali & Gascho, 1984). Por seu lado, Beverly (1992), ao comparar a metodologia DRIS, assim como certas modificações da mesma, e os intervalos de suficiência em laranjeiras, descobriu que os métodos mais conservadores funcionavam melhor ao nível da precisão do diagnóstico dos desequilíbrios nutricionais bem como no efeito rendimento, deixando o DRIS em desvantagem, pelos seus resultados de diagnóstico falsamente positivos, os quais não permitiram um incremento significativo na produção, levando a um desperdício de recursos e a uma potencial degradação do ambiente assim como, por vezes, a uma diminuição de rendimento da cultura. Também Cerdá *et al.* (1995), constataram que o DRIS concorda com os critérios de suficiência na cultura do limoeiro apenas caso as folhas sejam colhidas num período similar ao das normas. Todavia, as determinações

do DRIS eram afetadas pelo porta-enxerto e pela data de colheita de folhas, já que amostras provenientes de diferentes datas apresentavam diferentes concentrações de nutrientes, o que, conseqüentemente levava à obtenção de diferentes índices DRIS e IBN (Cerdá *et al.*, 1995). Os mesmos autores lembram ainda que o período fisiológico da árvore torna por vezes difícil ou impossível a obtenção de folhas no estágio de desenvolvimento requerido para a colheita de amostras, o que implica que a condição de nutrição da árvore seja considerada ora excessiva ora deficiente, quando avaliada pelas normas DRIS (Cerdá *et al.*, 1995). Além disso, questionam-se sobre se o desequilíbrio nutricional pode ainda estar associado a condições adversas de crescimento existentes nos pomares de limoeiros estudados (Cerdá *et al.*, 1995). Em Portugal, Alves (1997) comparou o sistema DRIS com o nível crítico e o sistema compositivo de diagnóstico (Compositional Nutrient Diagnosis, CND), uma metodologia que consiste na expansão do conceito bidimensional do DRIS para uma perspectiva multidimensional que requer uma menor quantidade de cálculos do que o DRIS (Parent & Dafir, 1992). A autora concluiu que este último seria o mais eficaz na aplicação à cultura da Pereira, cultivar Rocha (Alves, 1997). Também Raghupathi & Bhargava (1998) compararam o DRIS com o CND e observaram que ambos os métodos eram capazes de produzir uma avaliação nutricional semelhante em pomares de romãzeiras. De igual modo, Schaller *et al.* (2002), debruçaram-se sobre o estudo de três diferentes metodologias – o Intervalo de Suficiência, as normas DRIS e o critério CND para a cultura da vinha no qual estabeleceram um ensaio de fertilização com aplicação de diferentes quantidades de azoto. Considerando que o fator rendimento é muito menos importante do que a qualidade das uvas, o critério CND mostrou ser aquele que melhor informação fornece para a produção orientada em razão da qualidade (Schaller *et al.*, 2002). Esta metodologia tornou possível um melhor conhecimento do balanço nutricional das videiras e da sua relação com a qualidade do produto final (Schaller *et al.*, 2002).

3.2.6. As vantagens do sistema DRIS

Sumner & Beaufile (1975), revelam que a principal vantagem do DRIS é a de poder ser aplicado a uma cultura em particular, em qualquer lugar e em qualquer estágio de desenvolvimento.

Por considerar o conceito de balanço nutricional, isto é, a relação entre os nutrientes, a qual varia geralmente menos ao longo do ciclo da cultura, do que a concentração dos nutrientes por matéria seca, considera-se que o método DRIS será

mais preciso do que os restantes na deteção de deficiências ou excessos nutricionais, no sentido de que é capaz de avaliar efetivamente a adequação de cada nutriente em relação aos outros (Meyer, 1975; Meyer, 1981; Jones, 1981; Beverly, 1991; Mourão Filho, 2004). Além disso, serve melhor para identificar casos de “fome oculta”, desequilíbrios moderados ou deficiência latente (Beverly, 1991).

Esta metodologia supera assim o efeito do aumento ou da diminuição das concentrações de nutrientes ao longo do ciclo vegetativo da planta (desde que as relações entre nutrientes sejam escolhidas de modo criterioso), tendo presente que alguns rácios de concentrações de nutrientes são mais importantes do que outros (Sumner, 1979; Jones, 1981; Beverly, 1991). Por essa razão, considera-se que o DRIS elimina uma fonte de erro comum às outras metodologias acima referidas (Beverly, 1991). Além do mais, permite a realização de colheitas antecipadas, podendo as deficiências observadas ser corrigidas via aplicações foliares no mesmo ano (Harger *et al.*, 2003).

Diversos autores são unânimes em afirmar que o uso deste sistema resultou em interpretações precisas do estado nutricional de várias culturas (Beaufils & Sumner, 1976; Sumner, 1979; Elwali & Gascho, 1983; Elwali & Gascho, 1984; Ruíz-Bello & Cajuste, 2002; Harger *et al.*, 2003; Maeda *et al.*, 2004). O método pelo qual as normas DRIS, para as diferentes culturas e os seus índices, são obtidos tem sido publicado em vários artigos.

3.2.7. As limitações da metodologia DRIS

O desenvolvimento e a utilização do DRIS devem ser abordados como um processo dinâmico que necessita ter a sua base de dados constantemente ampliada e os valores de referência frequentemente avaliados para uma maior eficácia no diagnóstico nutricional (Maeda *et al.*, 2003). Deste modo, uma das maiores dificuldades encontradas para o uso mais frequente do DRIS reside na necessidade da obtenção de um número considerável de análises representativas de populações de alta produção (Elwali & Gascho, 1984).

Também a necessidade de um extenso e avançado número de cálculos, dada a complexidade do método, desencorajou o seu uso (Jones, 1981, Mourão Filho, 2004, IPNI, 2007). Nos nossos dias, há já alguns relatos de programas informáticos criados para facilitarem a utilização do DRIS (Costa *et al.*, 2000; IPNI, 2010; EMBRAPA, s.d.; Wadt, s.d.). No entanto, conforme referido previamente, são várias as limitações dos mesmos. Posto isto, o DRIS, visto como uma metodologia cuja interpretação dos

resultados é claramente fácil e intuitiva, depara-se com o problema da escassez de programas de *software* que sejam simultaneamente robustos, versáteis e acessíveis, permitindo, consoante a escolha do formulário pretendido, a automatização da interpretação da análise foliar e das recomendações de fertilização.

Por outro lado, se a interdependência entre nutrientes, proposta pela metodologia DRIS, permite uma classificação e um ordenamento dos mesmos, revela-se igualmente uma enorme desvantagem no sentido em que esta pode induzir a falsos diagnósticos em função das distorções provocadas por fatores não controlados e por possíveis contaminações foliares devidas às pulverizações de micronutrientes, por exemplo, especialmente em plantas perenes (Elwali & Gascho, 1984; Beverly, 1993; Bataglia, 2003; Mourão Filho, 2004). Pela aplicação do formulário DRIS, por questão de cálculo, sempre que houver nutrientes em deficiência, outro elemento estará em excesso, o que poderá não ser verdadeiro (Elwali & Gascho, 1984; Bataglia, 2003; Mourão Filho, 2004). Refira-se ainda o trabalho de Elwali & Gascho (1983), no qual foram detetados efeitos antagónicos entre nutrientes, que comprometiam a eficiência do método DRIS.

Por indicação de Bataglia (2003), ou de Nachtigall (2004), em alguns destes casos a solução consistirá em eliminar dos cálculos os nutrientes que traduzem situações de contaminação.

Além dessas contaminações, o facto de certos nutrientes ocorrerem nas plantas em concentrações mais variáveis que outras, acaba por ocasionar problemas na interpretação dos resultados. Várias razões de concentrações destes elementos podem mudar muito rapidamente em plantas jovens, resultando igualmente numa variação destas relações (Mourão Filho, 2004). Nutrientes como o ferro e o manganês, conhecidos por apresentarem grande variabilidade de concentrações, principalmente devido às condições edafoclimáticas, são alguns exemplos preocupantes (Bataglia *et al.*, 2004). Nestes casos os rácios dos nutrientes e dos seus produtos não poderão ser aplicados (Bataglia, 2003; Bataglia *et al.*, 2004; Mourão Filho, 2005). Ainda assim, estas formas de expressão continuam a ser menos afetadas pelo processo de maturação (Mourão Filho, 2004).

Todavia, apesar da aplicação dos tratamentos mais apropriados, segundo esta metodologia, ao prever a possibilidade de obter um rendimento mais elevado ou maior eficiência na produção é importante ter em conta de que fatores não controláveis podem sempre fazer parte da limitação das hipóteses de sucesso (Sumner & Beaufils, 1975; Sumner, 1977 c). A acrescentar a estes pontos, há que recordar, tal como

descrito anteriormente, que a universalidade das normas DRIS não reúne consenso entre os vários autores que estudaram o DRIS.

3.2.8. O DRIS de Beaufils (1973) como base ao desenvolvimento de novas metodologias

Diversas formas de diagnóstico nutricional foram criadas a partir de modificações nos cálculos propostos por Beaufils (1973) visando atender a certas determinações estatísticas e a melhorar a precisão do diagnóstico nutricional através dos índices.

Elwali & Gascho (1983, 1984), acreditando que a probabilidade de existência de grandes desequilíbrios entre nutrientes poderia ser minimizada, propuseram uma modificação em relação ao método original de Beaufils que assenta no cálculo de um intervalo de valores (em oposição ao uso de um número único) para cada índice DRIS. Mais tarde, Jones (1981), propõe outra modificação à metodologia DRIS que assenta na simplificação do cálculo das funções intermédias do DRIS, através do uso das médias e das variâncias das populações desejáveis e indesejáveis, de forma a selecionar quais os parâmetros mais importantes, e a predizer a resposta à fertilização adicional sempre que um índice DRIS de um nutriente for inferior a 0. Walworth *et al.* (1976), estabeleceram linhas de fronteiras como estabelecimento de normas de diagnóstico. Tais linhas definem rendimentos que podem existir segundo um determinado conjunto de condições e podem ser utilizadas para determinar o valor ótimo dos tecidos das plantas ou um rendimento específico, sendo uma alternativa ao método dos valores críticos. Segundo os mesmos autores, o rendimento máximo possível de um determinado valor de concentração pode ser previsto por este sistema. Tal metodologia foi estabelecida para a cultura do milho, tendo revelado apenas ligeiras diferenças quando comparada com a metodologia baseada na média da população de alta produtividade, ou seja, o DRIS (Walworth *et al.*, 1986). Beverly (1987), criou também uma modificação do método DRIS de modo a simplificar o diagnóstico nutricional, o qual foi aplicado a laranjeiras da variedade “Valência”. Esta baseou-se num estudo de uma transformação logarítmica, no uso de parâmetros de uma população arbitrária e de apenas um método de cálculo o qual faz uso da concentração de nutrientes, que permitiu a remoção de erros sistemáticos e a simplificação do método de diagnóstico, estendendo a sua aplicabilidade. Como resultado, este autor, verificou que o diagnóstico destas novas metodologias foi similar ao DRIS e ao Critério de Intervalos de Suficiência, embora tenha resultado em melhores recomendações, a julgar pela significativa resposta de rendimento da cultura testada. Uma outra metodologia foi desenvolvida por Baldock & Schulte (1996). Esta

consiste na combinação dos pontos fortes do sistema DRIS e do Critério de Intervalos de Suficiência uma vez que incorpora índices de nutrientes independentes e dependentes. O sistema PASS – Plant analysis with standardized scores, em língua portuguesa, análise de plantas com concentrações padronizadas, permitiu a melhoria do índice de eficiência de diagnósticos nutricionais assim como a obtenção de uma proporção significativamente superior de diagnósticos de deficiências de nutrientes (em comparação com o DRIS) e de diagnósticos de nutrientes suficientes (em comparação com o Critério de Intervalos de Suficiência). Bataglia *et al.* (2004), propuseram uma alteração ao método DRIS com valores diferenciados para a constante de sensibilidade k , em função da intensidade de resposta de cada nutriente em relação à produtividade que, apesar de ter melhorado as relações entre o IBN_m e a produtividade, não se mostrou mais prático em relação ao DRIS tradicional, quando comparados com o Critério de Intervalos de Suficiência.

3.2.9. Normas DRIS publicadas para *Vitis vinifera* L.

Por ser uma cultura perene, a capacidade da videira no armazenamento de nutrientes em órgãos tais como braços, troncos e raízes é responsável pela alteração da resposta esperada em relação a uma aplicação regular de fertilizantes (Schaller *et al.*, 2002). A juntar a esse aspeto sabe-se que, não só as desordens nutricionais na cultura da videira podem afetar as plantas cumulativamente ao longo dos anos, mas também as operações culturais, as relações hídricas, as condições ambientais ou o estado fitossanitário têm a sua quota-parte de influência na nutrição de uma vinha (Terra *et al.*, 2002; Martín *et al.*, 2013).

No caso de *Vitis vinifera* L., a fim de que o estado nutricional da cultura seja efetivamente refletido, o diagnóstico nutricional deverá assentar em valores, definidos especificamente para cada casta (Martín *et al.*, 2013). Para além disso, associada à dificuldade de obtenção de índices DRIS para a cultura da videira, a maioria dos trabalhos publicados incide apenas sobre o critério de produção (Martín *et al.*, 2013). Ora, tal critério revela-se inútil numa perspetiva de uma viticultura moderna orientada para a obtenção de um mosto de elevada qualidade já que, nas uvas, o elevado rendimento é muito menos importante que a sua qualidade (Schaller *et al.*, 2002; Martín *et al.*, 2013). Posto isto, apresentam-se, seguidamente, alguns trabalhos de aplicação do sistema DRIS em videiras, bem como valores de índices descritos na bibliografia.

Uma das primeiras normas definidas para *Vitis vinifera* L., apresentada por Beverly (1991), refere o trabalho de Chelvan *et al.* (1984), no qual foram publicados os seguintes valores de normas DRIS (Tabela 1).

Tabela 1. Normas DRIS para *Vitis vinifera* L..

Razão	Média	CV(%)
N/P	4,0274	13,02
N/K	0,5941	11,33
Mg/N	0,2549	14,32
Ca/N	0,5193	21,56
P/Mg	0,9648	15,37
K/P	6,9685	16,69
Ca/P	2,1331	26,52
Ca/K	0,2911	25,29
Mg/K	0,1465	18,49
Mg/Ca	0,5095	23,13

Nota: Valores de N, P, K, Ca, Mg expressos em percentagem de matéria seca em pecíolos (Chelvan *et al.*, 1984).

Desde então, outros trabalhos se seguiram dedicando-se especificamente à aplicação do sistema DRIS a esta cultura. No trabalho desenvolvido por Terra *et al.* (2002), no qual foi avaliado o estado nutricional da videira Itália no Brasil pelo método DRIS em três diferentes estados de desenvolvimento, concluiu-se que o DRIS funciona bem quando aplicado à cultura, principalmente nas épocas de Floração e de início da Maturação das uvas.

Em contraponto, outros autores, ao estudarem o método DRIS em videiras enxertadas, observaram flutuações nas concentrações de nutrientes durante fases distintas do ciclo vegetativo da videira ou mesmo consoante o tipo de órgão da videira colhido para análise. Nos trabalhos de Schaller *et al.* (2002), e de Martín *et al.* (2013), independentemente de o primeiro ser desenvolvido em videiras da casta Riesling, enxertadas em SO4, e o segundo na casta Tempranillo (sinonímia Tinta Roriz), enxertada em 110R, é ponto comum o desenvolvimento de um critério misto para a definição da população de referência que combina a produção média e a preservação da qualidade do mosto obtido. Todavia, ao aplicarem o cálculo dos índices DRIS a talhões de tratamento controlo na vinha, os mesmos autores constataram a instabilidade dos índices para as diferentes épocas de amostragem. Refira-se ainda a pesquisa de Sharma *et al.* (2005), que cita variações nas concentrações de nutrientes

Tabela 2. Normas DRIS para vinha no estado de Floração (Sharma *et al.*, 2005).

Razão	Norma	CV (%)	Razão	Norma	CV (%)
P/N	0,260	24,44	Ca/Cu	0,030	50,22
K/N	1,761	37,83	Zn/Cu	55,53	27,04
Ca/N	0,940	34,50	Ca/Fe	0,0376	47,33
Mg/N	0,331	44,89	Ca/Mn	0,0139	40,59
N/Na	3,11	38,39	S/Ca	0,0756	39,12
Cl/N	0,28	47,48	Mg/Na	0,956	38,36
Cu/N	36,60	45,57	Cl/Mg	0,935	54,16
N/Zn	0,022	36,45	Mg/Cu	0,010	46,42
Fe/N	29,95	50,68	Mg/Zn	0,006	41,68
N/Mn	0,0156	40,55	Mg/Fe	0,013	53,03
S/N	0,068	43,87	Mg/Mn	0,004	36,21
K/P	6,85	34,48	Mg/S	5,34	48,46
P/Ca	0,29	31,80	Cl/Na	0,85	65,22
P/Mg	0,88	34,57	Cu/Na	107,84	45,71
P/Na	0,78	36,39	Na/Zn	0,0075	32,25
Cl/P	1,09	41,56	Na/Fe	0,0153	57,77
Cu/P	142,69	41,67	Na/Mn	0,00527	38,32
P/Zn	0,0056	34,58	Na/S	6,031	54,14
Fe/P	116,60	48,53	Cl/Cu	0,00917	64,89
P/Mn	0,0004	43,09	Cl/Zn	0,0060	52,64
P/S	4,54	65,87	Cl/Fe	0,0113	56,59
K/Ca	1,90	26,23	Cl/Mn	0,0042	58,84
Mg/K	0,198	38,62	Cl/S	4,63	56,01
K/Na	5,17	41,61	Zn/Cu	1,61	47,59
Cl/K	0,17	45,88	Cu/Fe	1,43	55,05
K/Cu	0,055	49,23	Cu/Mn	0,53	46,78
K/Zn	0,036	35,25	Cu/S	582,8	46,62
K/Fe	0,069	50,99	Zn/Fe	1,99	43,71
K/Mn	0,025	43,76	Zn/Mn	0,737	36,95
S/K	0,040	35,05	S/Zn	0,0014	37,11
Mg/Ca	0,359	34,62	Fe/Mn	0,432	50,60
Na/Ca	0,408	35,78	S/Fe	0,0026	43,44
Cl/Ca	0,305	37,44	S/Mn	0,00097	36,80

Tabela 3. Normas DRIS para a vinha no estado de diferenciação das inflorescências a nível do gomo (Sharma *et al.*, 2005).

Razão	Norma	CV (%)	Razão	Norma	CV (%)
N/P	3,42	25,9	Ca/Cu	0,042	79,49
N/K	0,68	44,15	Zn/Ca	59,09	30,75
Ca/N	0,96	42,23	Ca/Fe	0,023	48,59
Mg/N	0,48	31,15	Ca/Mn	0,018	49,68
N/Na	3,33	32,21	Ca/S	0,079	49,68
N/Cl	4,49	40,43	Na/Mg	0,72	50,39
N/Cu	0,04	61,65	Mg/Cl	2,08	37,93
Zn/N	53,56	37,50	Mg/Cu	0,0207	61,43
Fe/N	52,20	67,07	Mg/Zn	0,0099	37,94
Mn/N	60,80	46,33	Mg/Fe	0,0128	59,76
S/N	0,07	48,65	Mn/Mg	128,2	40,33
K/P	5,77	38,09	S/Mg	0,140	40,89
Ca/P	3,15	36,39	Na/Cl	1,38	33,58
Mg/N	1,62	32,30	Cu/Na	105,7	71,67
P/Na	0,99	30,75	Zn/Na	170,8	36,99
P/Cl	1,36	40,68	Fe/Na	157,3	48,43
P/Cu	0,014	66,32	Mn/Na	194,5	48,69
Zn/P	178,5	39,05	S/Na	0,233	58,65
Fe/P	168,19	54,21	Cl/Cl	0,0108	62,69
Mn/P	202,24	46,20	Zn/Cl	224,7	35,54
S/P	0,228	44,84	Fe/Cl	215,4	62,12
Ca/K	0,600	44,59	Mn/Cl	270,9	59,39
K/Mg	3,80	42,79	S/Cl	0,307	61,08
K/Na	5,75	46,60	Zn/Cu	2,23	65,86
K/Cl	7,57	48,59	Fe/Cu	2,27	83,2
K/Cu	0,08	79,59	Mn/Cu	2,88	94,00
Zn/K	34,32	48,24	S/Cu	0,00307	71,86
K/Fe	0,04	59,56	Cu/Fe	1,31	51,40
Mn/K	41,41	63,17	Mn/Cu	1,26	55,54
S/K	0,042	43,85	S/Cu	0,0014	65,04
Mg/Ca	0,557	35,59	Fe/Mn	1,100	76,50
Ca/Na	3,02	36,09	S/Fe	0,0017	61,66
Ca/Cl	4,01	38,40	S/Mn	0,00145	75,15

em videiras enxertadas em *Vitis champini* durante a Floração e o estado de diferenciação das inflorescências a nível do gomo, as quais são suficientemente grandes para justificar a necessidade de estabelecer normas DRIS distintas (Tabelas 2 e 3). Esta ausência de um padrão, dada a alternância entre situações de excesso, deficiência e equilíbrio de nutrientes, sugere que o DRIS não consegue descrever a resposta da planta a aplicações de fertilizantes, havendo uma clara dependência do estado fenológico da cultura, o que não deveria acontecer no procedimento de cálculo estabelecido pelo DRIS (Schaller *et al.*, 2002). Martín *et al.* (2013), foram mais além e constataram também que o órgão da videira colhido para análise (limbo ou pecíolo) era influenciador do resultado obtido. Segundo a experiência destes autores no uso da metodologia DRIS, verificou-se que o limbo da folha, por não sofrer grandes variações consoante o estado de nutrição da planta, é apropriado para detetar diferenças entre as duas subpopulações de videiras no período da Floração e no da Maturação; o pecíolo, que é menos eficiente na época da Floração, torna-se o órgão mais apropriado para o diagnóstico DRIS na fase de Maturação, provavelmente devido à sua resposta mais rápida às mudanças do estado nutricional da planta. Por esta razão, torna-se clara a vantagem do pecíolo em relação ao limbo da folha, na altura da Maturação, sobretudo em situações de planeamento de fertilizações pontuais, tais como fertilizações foliares de macronutrientes, nesse período do ciclo vegetativo (Martín *et al.*, 2013). Também pela sua maior resposta à fertilização, o pecíolo é mais adequado à verificação dos efeitos do equilíbrio entre nutrientes (Martín *et al.*, 2013).

Em relação ao método DRIS propriamente dito, para o cálculo de cada par de nutrientes dos índices DRIS Martín *et al.* (2013), consideraram, além das hipóteses mais frequentemente usadas (X/Y e Y/X), uma outra relação que assenta no produto entre $X \times Y$, escolhendo posteriormente a razão com a maior variância entre as duas subpopulações (Tabela 4).

Ainda segundo a avaliação nutricional efetuada por Sharma *et al.* (2005), no que respeita ao DRIS, o sódio aparentou ser o nutriente mais limitante da produção numa grande parte das vinhas, acompanhado por aumentos nos níveis de potássio. Em relação à comparação de diferentes métodos de análise e diagnóstico nutricional, Schaller *et al.* (2002), concluem que, apesar da necessidade do uso de uma análise de terras em culturas perenes, como forma de avaliar a fertilidade de um terreno, pelo seu longo período de cultivo, são prováveis erros de diagnóstico. Por outro lado, a análise foliar e a respetiva interpretação, de acordo com o Critério de Intervalos de Suficiência, não considera os diferentes mecanismos nutricionais das plantas nem é, por norma,

Tabela 4. Razões de variâncias dos rácios de nutrientes entre populações de produtividade alta, referidas pelo autor como moderada (sM) e baixa, referidas pelo autor como não moderada (sN) para o limbo da folha e o pecíolo nos estados de Floração e de Maturação (as maiores razões de variância estão assinaladas a negrito) (Martín *et al.*, 2013).

Limbo				Pecíolo			
Floração		Maturação		Floração		Maturação	
	sN/sM		sN/sM		sN/sM		sN/sM
N/P	1,128	N/P	1,833	N/P	0,349	N/P	1,069
P/N	1,570	P/N	5,629	P/N	0,815	P/N	2,546
NxP	1,491	NxP	3,207	NxP	1,003	NxP	1,762
N/K	0,929	N/K	1,122	N/K	0,873	N/K	1,555
K/N	0,910	K/N	0,890	K/N	0,830	K/N	1,043
NxK	0,661	NxK	0,991	NxK	0,583	NxK	0,644
N/Ca	0,905	N/Ca	0,057	N/Ca	1,140	N/Ca	0,988
Ca/N	1,334	Ca/N	0,860	Ca/N	1,514	Ca/N	0,617
NxCa	0,969	NxCa	0,939	NxCa	0,743	NxCa	0,782
N/Mg	1,203	N/Mg	0,946	N/Mg	1,074	N/Mg	1,082
Mg/N	1,794	Mg/n	1,236	Mg/N	1,700	Mg/n	0,683
NxMg	0,995	NxMg	0,970	NxMg	0,943	NxMg	0,734
P/K	1,304	P/K	1,876	P/K	0,973	P/K	0,990
K/P	0,967	K/P	1,266	K/P	0,614	K/P	0,869
PxK	0,996	PxK	1,870	PxK	0,573	PxK	1,488
P/Ca	1,468	P/Ca	1,100	P/Ca	1,151	P/Ca	2,262
Ca/P	0,942	Ca/P	1,018	Ca/P	0,829	Ca/P	0,680
PxCa	1,427	PxCa	2,082	PxCa	0,805	PxCa	1,901
P/Mg	2,569	P/Mg	2,097	P/Mg	1,719	P/Mg	3,395
Mg/P	1,173	Mg/P	1,967	Mg/P	0,724	Mg/P	0,805
PxMg	0,935	PxMg	4,241	PxMg	0,769	PxMg	0,507
K/Ca	0,966	K/Ca	0,070	K/Ca	0,731	K/Ca	0,875
Ca/K	1,847	Ca/K	1,235	Ca/K	1,736	Ca/K	1,195
KxCa	0,530	KxCa	1,024	KxCa	0,579	KxCa	0,792
K/Mg	0,860	K/Mg	0,685	K/Mg	0,610	K/Mg	0,740
Mg/K	1,581	Mg/K	1,220	Mg/K	2,059	Mg/K	1,360
KxMg	0,679	KxMg	1,839	KxMg	0,716	KxMg	0,900
Ca/Mg	0,958	Ca/Mg	1,221	Ca/Mg	1,097	Ca/Mg	0,956
Mg/Ca	0,842	Mg/Ca	1,916	Mg/Ca	0,859	Mg/Ca	0,615
CaxMg	1,553	CaxMg	0,957	CaxMg	1,144	CaxMg	0,828

sensível à problemática da qualidade da colheita, os quais não deverão ser dissociados das interações entre nutrientes, caso que não poderá ser resolvido com uma análise convencional (Schaller *et al.*, 2002). Apesar de conseguir isolar estas interações, os mesmos autores consideram que o método DRIS não se mostra tão robusto quanto o critério CND, metodologia esta que integra um maior número de interações e permite um ordenamento de nutrientes mais eficiente.

4. A nutrição e a fertilização da vinha

4.1. Variação dos teores de nutrientes nos órgãos da videira ao longo do ciclo vegetativo

O ritmo de absorção dos nutrientes ao longo do ciclo vegetativo e a sua distribuição pelos diferentes órgãos, bem como a respetiva acumulação e remoção é um assunto importante para a compreensão das necessidades nutricionais da videira, tendo sido explorado por diversos autores.

No seu trabalho desenvolvido nas castas Boal de Alicante e Periquita, em três diferentes porta-enxertos, Pacheco *et al.* (1990 a), estudaram a evolução quinzenal, da Floração à Maturação, da concentração dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, B e do peso seco a 100-105 °C, nas folhas, varas e cachos. Numa experiência muito semelhante à de Pacheco *et al.* (1990), Szöke *et al.* (1992), estudaram a dinâmica da absorção de nutrientes em videiras, tendo colhido amostras de folhas a cada 7 dias, entre o período em que os lançamentos mediam 20 cm e a queda da folha. Também Colugnati *et al.* (1992 b), se propuseram estudar a evolução de nutrientes, através da análise foliar das castas Cabernet Franc e Sauvignon Blanc. Ainda Parejo *et al.* (1992) avaliaram a composição foliar de nutrientes, na casta Chardonnay, ao longo de 5 estádios de crescimento diferentes, desde a Floração até à queda das folhas.

Analisando detalhadamente os resultados obtidos, constata-se que Pacheco *et al.* (1990), e Parejo *et al.* (1992), foram unânimes em observar que os teores de azoto, de fósforo e de potássio diminuíram ao longo do ciclo vegetativo nos vários órgãos analisados.

No que respeita ao azoto, Pacheco *et al.* (1990), Colugnati *et al.* (1992 b) e Szöke *et al.* (1992) acrescentam que esse decréscimo é extremamente rápido num período de maior exigência, que se estende desde a Floração ao Pintor, sendo os cachos e as folhas os órgãos que melhor refletem essa necessidade. Seguidamente constata-se um abrandamento, seguindo-se um ponto de rutura marcado no início da

Maturação (Szöke *et al.*, 1992). De facto, durante o crescimento da vegetação verifica-se uma fase fenológica muito importante do ponto de vista energético (macro e microesporogénese, floração, frutificação, crescimento dos bagos, diferenciação das inflorescências nos olhos) muito exigente em termos nutricionais, particularmente em azoto (Colugnati *et al.*, 1992 b).

Quanto à evolução do teor em fósforo, esta é similar à do azoto (Colugnati *et al.*, 1992 b; Szöke *et al.*, 1992). Refira-se, todavia, o decréscimo acentuado da concentração do nutriente até ao período de formação dos bagos, não se registando grandes alterações a partir daí (Szöke *et al.*, 1992). Há, por norma, dois pontos de inflexão na evolução dos seus teores, um no início da Floração e outro na Maturação. No caso do fósforo, contrariamente ao azoto, a sua necessidade é contínua até à Maturação, tornando-se evidente que tal elemento deve satisfazer o intenso metabolismo da planta no período de maior atividade vegetativa que culmina em agosto, com o Pintor (Colugnati *et al.*, 1992 b). Após esta fase, ao longo da maturação, a sua translocação para os ramos, folhas e órgãos verdes diminui, aumentando nos frutos (Colugnati *et al.*, 1992 b).

O teor de potássio nas folhas muda apenas num intervalo limitado, parecendo estar sujeito a influências decorrentes do tipo de cultivar ou da precipitação (Szöke *et al.*, 1992). Ainda assim, a sua concentração diminui ligeiramente até ao início da Maturação, com um ponto de inflexão na Floração (Szöke *et al.*, 1992). No início da Maturação verifica-se um forte aumento do teor de potássio e uma diminuição seguida novamente de outro acréscimo (Szöke *et al.*, 1992). Segundo Parejo *et al.*, (1992), os níveis deste nutriente são máximos entre a frutificação e a Maturação, estando tal variação relacionada com a sua mobilidade na planta.

Em relação ao cálcio, verifica-se um acréscimo dos teores deste elemento nas folhas, desde a Floração à Maturação, enquanto nos cachos ocorre o inverso (Pacheco *et al.*, 1990 a; Colugnati *et al.*, 1992 b; Parejo *et al.*, 1992; Szöke *et al.*, (1992). A partir desta fase, o seu teor diminui (Szöke *et al.*, 1992). Já nas varas não parece verificar-se uma grande variação ao longo do período de amostragem (Pacheco *et al.*, 1990 a).

Por sua vez, o teor em magnésio aumenta nas folhas e varas ao longo do ciclo, diminuindo nos cachos (Pacheco *et al.*, 1990 a; Colugnati *et al.*, 1992 b; Parejo *et al.*, 1992; Szöke *et al.*, 1992). Verifica-se uma ligeira acumulação de magnésio no período da Floração e um pico maior no Pintor (Szöke *et al.*, 1992). De acordo com estes

autores, outros fatores parecem influenciar o comportamento do nutriente, embora não tenham sido especificados.

Durante a estação de crescimento, segundo as observações de Parejo *et al.* (1992), verifica-se também um aumento gradual de sódio e uma evolução marcada de manganês, especialmente no período que medeia o Vingamento e o Pintor.

Por fim, o boro apresenta um comportamento irregular, de oscilações limitadas, em especial nas varas e nas folhas (Pacheco *et al.*, 1990 a; Colugnati *et al.*, 1992 b; Szöke *et al.*, 1992). Ainda nas folhas, é notório um período longo de aumento do seu teor durante a Floração e a Maturação, ainda que pareçam existir outros efeitos mais importantes (Szöke *et al.*, 1992). Recorde-se o papel fundamental deste micronutriente no delicado processo fisiológico da fecundação (Colugnati *et al.*, 1992 b). Por seu lado, Parejo *et al.* (1992), afirmam que os teores de boro tendem a diminuir da Floração até à queda das folhas. Nos cachos, assinala-se uma tendência para os teores deste elemento se manterem constantes ao longo do ciclo vegetativo (Pacheco *et al.*, 1990 a).

Em resumo, Szöke *et al.* (1992) afirmam que a concentração de azoto e de fósforo é menos influenciada por outros fatores, do que o teor em potássio e, principalmente, de magnésio ou boro. Além da variação na concentração de nutrientes, também a relação entre eles, tal como N/K, K/Mg e (Ca+Mg)/K, mostrou ser irregular, estando o seu comportamento aparentemente relacionado com as mudanças decorrentes da precipitação (Szöke *et al.*, 1992).

Refira-se ainda que, tanto Pacheco *et al.* (1990 a) como Szöke *et al.* (1992) observaram um comportamento diferencial, embora característico, na evolução da absorção dos nutrientes nas diferentes castas e porta-enxertos estudados. Ainda assim, estas características de absorção são modificadas durante o período de crescimento, também em função da quantidade de precipitação e irrigação (Szöke *et al.*, 1992). Por seu lado, Parejo *et al.* (1992), que estudaram as diferenças sazonais no nível da concentração de nutrientes de uma casta em particular, constataram a existência de flutuações importantes e estatisticamente significantes, de ano para ano.

Por forma a determinar o ritmo de absorção e de acumulação de nutrientes nos cachos, varas e folhas das plantas, Pacheco *et al.* (1990 b), desenvolveram um estudo, cujas condições eram muito semelhantes às do ensaio de Pacheco *et al.* (1990 a). Neste trabalho, verificaram uma evolução crescente de azoto, fósforo e potássio, especialmente nas folhas, desde o período da Floração até ao Pintor. Já no caso do cálcio, do magnésio ou do boro, essa evolução prolongou-se até muito

próximo da Maturação (Pacheco *et al.*, 1990 b). A partir da 7.^a colheita (num total de 10, sendo que a última é coincidente com a Maturação), houve uma migração de todos os nutrientes das folhas, eventualmente, para os cachos e para outros órgãos onde constituirão substâncias de reserva. Examinando a absorção global (cachos + varas + folhas) destes nutrientes, observou-se que a absorção apresentou uma evolução idêntica, embora diferencial, consoante os dois sistemas castas/porta-enxertos considerados (Pacheco *et al.*, 1990 b). Todavia, o potássio foi o elemento absorvido em maior quantidade, seguindo-se por ordem decrescente o azoto, o cálcio, o magnésio, o potássio e o boro (Pacheco *et al.*, 1990 b). Num outro trabalho de Pacheco (2002), foi determinada, em várias castas, a quantidade de nutrientes exportados anualmente para uma produção estimada de 10 t/ha. Com base nos dados de biomassa (cachos e lenha de poda) e a sua respetiva composição química, a autora calculou as remoções dos nutrientes considerados para cada casta, tendo verificado que existia uma grande variação dos níveis médios das remoções das várias castas, o que não seria de estranhar dada a grande diversidade das situações em análise. Porém, e apesar das limitações decorrentes do número reduzido de amostras analisadas, as quantidades de nutrientes exportadas foram, por ordem decrescente, as referentes ao potássio, ao azoto, ao cálcio, ao fósforo, ao magnésio e ao boro (Pacheco, 2002). Também Colugnati *et al.* (1992 a), estimaram a remoção total anual de macronutrientes da videira. Para tal, somaram os resultados da poda em verde, poda em seco, produção de uvas e massa foliar, tendo concluído que, nas condições do ensaio realizado, o consumo médio dos principais macronutrientes seria de 50 a 70 kg/ha de azoto, 10 a 15 kg/ha de fósforo, 70 a 80 kg/ha de potássio, 70 a 80 kg/ha de cálcio, e 10 a 15 kg/ha de magnésio (Colugnati *et al.*, 1992 a). Os autores consideram que a necessidade nutricional destes elementos é modesta, sobretudo se for considerado que quase 40% desses nutrientes se localizam nas folhas e na lenha da poda, que são devolvidos, posteriormente, ao solo. Lembram ainda que a videira é uma planta com exigências nutricionais específicas, ligadas a elementos qualitativos, que são removidos por ano e por hectare (Colugnati *et al.*, 1992 a). Por essa razão, a sobrefertilização da planta pode desencadear comportamentos fisiológicos muito diversos tais como um excesso de vigor e menor número de bagos (Colugnati *et al.*, 1992 a).

4.2. A fertilização da vinha

4.2.1. Generalidades das aplicações ao solo e via foliar

De forma a atingir o máximo rendimento económico de uma cultura, os nutrientes essenciais podem ser aplicados ao solo ou por via foliar.

A aplicação ao solo é o método preferencial, mais comum e eficiente (Cavaco *et al.*, 2005; Fageria *et al.*, 2009). Baseada principalmente na análise de terras, este tipo de fertilização consiste em fornecer os nutrientes requeridos, sendo estes absorvidos pelas raízes das plantas (Fageria *et al.*, 2009). E, embora funcione melhor no caso de nutrientes que são requeridos em maiores necessidades, tal procedimento é adequado tanto para macro, como para micronutrientes (Fageria *et al.*, 2009).

No que diz respeito à sua aplicação, em viticultura, a fertilização ao solo é, geralmente, efetuada à superfície do solo, em bandas ao longo da vinha, de modo a assegurar o fornecimento de nutrientes à zona radicular (CRCV, 2006). Todavia, esta tarefa tem, normalmente, lugar em períodos de menor fluxo de trabalho na vinha, não estando de acordo com as necessidades específicas das plantas, o que implica a elevada dependência da planta em relação à capacidade do solo em reter os nutrientes (CRCV, 2006).

A fertirrigação constitui um sistema alternativo, e pode ser descrita como a aplicação de nutrientes através do sistema de irrigação usando a água como veículo. Segundo este tipo de fertilização, fornecem-se pequenas quantidades de nutrientes durante um longo período de tempo, de modo a melhorar a eficácia dos nutrientes aplicados e a capacidade das videiras em usá-los efetivamente (CRCV, 2006). Tal conceito permite a diminuição da influência das propriedades do solo sobre a planta e melhora o controlo dos objetivos de produção (Kafkafi, 2005; CRCV, 2006). Algumas das vantagens mais importantes desta técnica incluem a uniformidade da aplicação, a adaptação às plantas e a melhoria da eficiência da fertilização, dado que esta é realizada de acordo com as necessidades da cultura, permitindo a economia de mão-de-obra e de tempo, bem como a possibilidade de interferir no equilíbrio químico e eletroquímico da água de irrigação, tornando assim possível o aumento da produção, de crescimento e de rendimento da cultura (Kafkafi, 2005; CRCV, 2006). Salienta-se, porém, que a fertirrigação implica um maior nível de competências, assente nas quantidades recomendadas, épocas de aplicação e tecnologia necessária, o que implica um conhecimento prévio da compatibilidade e solubilidade dos produtos (Kafkafi, 2005; CRCV, 2006). E, se com o uso de fertilizantes líquidos tais problemas são ultrapassados, o seu custo é, todavia, mais elevado (Kafkafi, 2005; CRCV, 2006).

Por seu turno, a fertilização por via foliar, fornece à planta um ou mais nutrientes que, por condições adversas de solo ou clima, se encontrem em situações de carência devidamente confirmadas pela análise de tecidos, de terras, ou até pela sintomatologia visual (Peryea & Willemsen, 2000; Pacheco, 2001; Cavaco *et al.*, 2005; Fageria *et al.*, 2009).

É certo que, no que respeita aos macronutrientes e às suas maiores necessidades nutricionais, estas raramente são preenchidas com as aplicações foliares, ainda que as plantas possam também absorver nutrientes minerais em quantidades significativas, quando realizadas fertilizações foliares em concentrações adequadas (Midwest Laboratories, 1994; Fageria *et al.*, 2009). A aplicação destes elementos requer várias pulverizações, o que pode ter alguns inconvenientes decorrentes da própria fertilização foliar, tal como a lavagem dos nutrientes pela água das chuvas, ou até danos foliares resultantes da aplicação de altas concentrações de nutrientes (Fageria *et al.*, 2009). Assim, o propósito da fertilização foliar não é a substituição da nutrição da planta via solo, já que fornecer um macronutriente (N, P, K) a uma planta é mais eficaz e económico por esse modo (Midwest Laboratories, 1994). Todavia, em determinadas circunstâncias, a aplicação foliar é o método mais eficiente e económico para corrigir uma desordem nutricional, nomeadamente em períodos de seca ou fases críticas do desenvolvimento vegetal (Midwest Laboratories, 1994; Pacheco, 2001; Fageria *et al.*, 2009).

Em relação aos nutrientes secundários (como o Ca, Mg e o S) e aos micronutrientes (Zn, Mn, Fe, Cu, B e Mo), a fertilização foliar provou ser um excelente método de aprovisionamento das necessidades das plantas (Midwest Laboratories, 1994). As necessidades em micronutrientes podem, muitas vezes, ser resolvidas através de uma ou duas aplicações foliares, uma vez que as quantidades necessárias são pequenas e as taxas de absorção são adequadas (Midwest Laboratories, 1994). Aliás, no caso dos micronutrientes, a fertilização foliar pode constituir a forma mais eficaz de corrigir situações de carência induzidas, por exemplo, por uma reação do solo desfavorável, como é o caso das carências em ferro, manganês ou zinco, em solos alcalinos (Pacheco, 2001).

Apesar de não existir uma linha nítida de demarcação entre os benefícios de pulverizações foliares de macro e micronutrientes, o contributo da aplicação de macronutrientes para a exigência total da planta através da fertilização foliar, pode ser apreciável, embora geralmente não tão notável como no caso dos micronutrientes (Midwest Laboratories, 1994; Fageria *et al.*, 2009).

Encarada, numa primeira abordagem, como um complemento da fertilização ao solo, são vários os fatores que têm contribuído para a disseminação e vulgarização da fertilização foliar (Midwest Laboratories, 1994; Fageria *et al.*, 2009).

Em primeiro lugar, refira-se o cultivo contínuo de culturas perenes nos mesmos solos, o que tem levado a que os problemas causados por deficiências nutricionais sejam cada vez mais recorrentes (Midwest Laboratories, 1994). Nestes casos, as pulverizações foliares são, frequentemente, o meio mais eficaz de correção e controlo visto permitem contornar certas características imputadas ao solo tais como a lixiviação ou a fixação de elementos (Midwest Laboratories, 1994). Outra explicação resulta de condições adversas para as plantas tais como a existência de um solo pouco fértil, as perdas por lixiviação, a temperatura do solo demasiado fria, a falta de humidade do solo, ou a existência de um sistema radicular ferido e doente, as quais impossibilitam a absorção de nutrientes em quantidades suficientes sendo, uma vez mais, a adubação foliar o melhor meio de fornecimento das necessidades nutricionais das culturas (Midwest Laboratories, 1994; Fageria *et al.*, 2009). Além disso se, por um lado, a realização de uma fertilização foliar tem um carácter mais temporário do que as aplicações ao solo, por outro lado permite uma maior rapidez na recuperação das deficiências nutricionais (Midwest Laboratories, 1994; Cavaco *et al.*, 2005; Fageria *et al.*, 2009). Como tal, o controlo sobre o equilíbrio entre o crescimento vegetativo e a produção de frutos é mais preciso (Midwest Laboratories, 1994). Este tipo de fertilização pode ainda ser encarado como suplemento à habitual aplicação dos tratamentos de fertilização ao solo, durante a fase jovem de uma cultura, quando as raízes ainda não estão bem desenvolvidas, tendo a sua eficiência sido comprovada pelas respostas favoráveis decorrentes de aplicações foliares, durante os períodos de menor crescimento e a floração (Midwest Laboratories, 1994; Fageria *et al.*, 2009). Por fim, a aplicação foliar de nutrientes é considerada particularmente benéfica pela altura da floração, período durante o qual muitas das culturas atingem a sua superfície foliar máxima e mostram, em geral, uma redução marcada da sua atividade metabólica, na qual se inclui a absorção de nutrientes (Midwest Laboratories, 1994).

Em termos de aplicação, os fertilizantes foliares poderão ser misturados com herbicidas de pós-emergência, inseticidas ou fungicidas, permitindo que a probabilidade da resposta nutricional possa aumentar e o custo da aplicação diminuir (Fageria *et al.*, 2009). Por outro lado, o interesse pelas fertilizações foliares tem vindo a aumentar dado o desenvolvimento de fertilizantes solúveis com altas concentrações

de nutrientes e a evolução no uso de maquinaria para aplicação de fungicidas, herbicidas e inseticidas (Fageria *et al.*, 2009).

Destaca-se, todavia que, em contraste com os numerosos exemplos de respostas positivas às fertilizações foliares, há igualmente casos em que pouco ou nenhum benefício resultou da aplicação destes nutrientes (Midwest Laboratories, 1994).

Comum a qualquer uma das alternativas de fertilização expostas, deverá ser o planeamento da fertilização. Para que os resultados desta operação sejam os melhores possíveis, as remoções pelas culturas em função da sua produção, deverão ser usadas como linhas de orientação para determinar a quantidade de nutrientes a aplicar, ainda que estas dependam da casta, porta-enxerto, tipo de solo e clima (CRCV, 2006). A reciclagem de nutrientes, a lixiviação e a existência de reservas também necessitarão de ser consideradas (CRCV, 2006). Por último, a formulação do nutriente a aplicar e a prática de irrigação podem alterar a eficiência nutricional já que, por exemplo, um excesso de rega pode transportar os nutrientes para fora da zona de raízes ativas (CRCV, 2006).

4.2.2. Especificidades da fertilização foliar

Os avanços na agricultura incluem a redução do custo da produção, a manutenção da qualidade do solo e o aumento do potencial dos ecossistemas agrários, bem como a melhoria da saúde animal e humana (Fageria *et al.*, 2009). Por estas razões, a estes objetivos está associado o uso de nutrientes em quantidades adequadas e os seus métodos de aplicação (Fageria *et al.*, 2009).

No caso específico da fertilização foliar, apesar de apenas quantidades limitadas de nutrientes poderem ser absorvidos pelas plantas, esta deverá ser planeada de forma a maximizar os resultados, suplantando ou prevenindo certas deficiências nutricionais, melhorando até o rendimento e a qualidade dos frutos (Peryea & Willemsen, 2000). Obviamente, a análise de tecidos antes de serem efetuadas as aplicações foliares é essencial para que seja possível identificar e determinar quais os níveis de nutrientes que mais limitam o crescimento da cultura (Midwest Laboratories, 1994; Peryea and Willemsen, 2000). Contudo, para que o programa nutricional seja o mais adequado, há que ter em conta determinadas especificidades inerentes ao processo de fertilização foliar (Midwest Laboratories, 1994).

Em primeiro lugar, o estado de crescimento da cultura é um dos aspetos mais críticos no planeamento da fertilização via foliar (Midwest Laboratories, 1994). As aplicações foliares deverão ser programadas de forma a fornecer os nutrientes necessários, durante um período específico de desenvolvimento da planta, determinando assim o potencial de rendimento, o que irá, por sua vez, influenciar favoravelmente a planta a longo prazo (Midwest Laboratories, 1994). Em função da severidade da deficiência nutricional, são desejáveis as aplicações foliares múltiplas, com baixos teores de concentração de nutrientes, devendo o estágio de crescimento ser cuidadosamente monitorizado semanalmente ou mesmo diariamente (Midwest Laboratories, 1994; Fageria *et al.*, 2009). O sucesso da fertilização foliar é ainda determinado pela existência de um elevado índice de área foliar, em geral alcançado durante as épocas de floração e de frutificação, capaz de permitir que a absorção da solução aplicada seja efetuada em quantidades suficientes. (Midwest Laboratories, 1994; Fageria *et al.*, 2009). Por outro lado, as culturas que estão sob condições de *stress* térmico e/ou hídrico, mostram ser menos responsivas à aplicação foliar devido às menores taxas de absorção foliar e caulinar, bem como ao reduzido vigor (Midwest Laboratories, 1994; Fageria *et al.*, 2009). Também as condições meteorológicas, deverão ser objeto de cuidada análise uma vez que fatores ambientais tais como, a hora do dia, a temperatura, a humidade, ou a velocidade do vento têm influência sobre aspetos físicos e biológicos (como, por exemplo, a cristalização dos nutrientes, a abertura dos estomas ou a fotossíntese), condicionando assim o sucesso das aplicações foliares (Midwest Laboratories, 1994; Pacheco, 2001; Fageria *et al.*, 2009). Sabe-se ainda que condições de temperaturas moderadas, humidade relativas altas e ausência de vento favorecem a maior permeabilidade dos tecidos, sendo estes alguns indicadores a considerar na absorção dos nutrientes pela planta (Midwest Laboratories, 1994; Fageria *et al.*, 2009). Ora, tais condições ocorrem, mais frequentemente, no final do dia e, ocasionalmente de manhã cedo (Midwest Laboratories, 1994). Também a precipitação durante as horas seguintes após uma aplicação foliar poderá reduzir a eficácia da aplicação já que nem todos os nutrientes são imediatamente absorvidos pelas plantas, conforme se pode visualizar na tabela 5, que compila resultados de vários trabalhos de pesquisa (Midwest Laboratories, 1994). Nesta tabela estão listados os nutrientes e os respetivos tempos necessários para que se verifique a absorção de, pelo menos, 50% do elemento aplicado (Midwest Laboratories, 1994; Fageria *et al.*, 2009).

Tabela 5. Taxas de absorção ou entrada dos vários nutrientes no tecido foliar (Adaptado de Midwest Laboratories, 1994).

Nutriente	Tempo de absorção (50%)
Azoto (Ureia)	½ a 2 horas
Fósforo	5 a 10 dias
Potássio	10 a 24 horas
Cálcio	1 a 2 dias
Magnésio	2 a 5 dias
Ferro	10 a 20 dias
Manganês	1 a 2 dias
Zinco	1 a 2 dias
Enxofre	8 dias
Molibdénio	10 a 20 dias

Dado que a aplicação foliar pode causar severos danos em frutos, folhas, lançamentos e gomos, o tipo de fertilizantes e o modo de aplicação destes é também uma variável a ter em consideração (Midwest Laboratories, 1994; Fageria *et al.*, 2009). Como tal, por forma a maximizar a absorção dos nutrientes pela planta e a minimizar eventuais danos na superfície das folhas pulverizadas, deverão ser respeitadas algumas especificidades de fabrico destes adubos, tais como o baixo teor de sais, a elevada solubilidade e a pureza (Midwest Laboratories, 1994; Fageria *et al.*, 2009). Além disso, a sua aplicação deverá ser o mais uniforme possível, tornando-se fundamental a diluição destes adubos (Midwest Laboratories, 1994; Fageria *et al.*, 2009).

4.2.3. A fertilização foliar em vinhas

Ainda que muito pouca informação exista acerca das aplicações foliares na vinha e as suas quantidades, a título indicativo, na tabela 6, apresenta-se parte de um documento interno do Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva, que nos foi facultado após a conclusão do trabalho experimental, ondem figuram produtos e doses de aplicação a considerar na fertilização por via foliar, na cultura da vinha.

Tabela 6. Fertilizantes a aplicar à videira, por via foliar, em situações de carência (Pacheco, 2001).

Nutriente	Produto	Concentração (kg/100l)	Observações
Azoto (N)	Ureia (pobre em biureto)	0,8 - 1,2	Efetuar 2 aplicações, sendo a primeira antes da floração
Fósforo (P)	Fosfato monoamónio ou fosfato diamónio	0,5 - 1,0	Efetuar 2 aplicações, sendo a primeira antes da floração
Potássio (K)	Nitrato de potássio ou sulfato de potássio	1 - 1,5	Efetuar 2 a 3 aplicações, sendo a primeira antes da floração
Magnésio (Mg)	Sulfato de magnésio	2 - 8	Efetuar 2 a 3 aplicações, sendo a primeira antes da floração
Ferro (Fe)	Produtos doseando cerca de 6% de Fe quelatizado	0,150	Efetuar 2 a 3 aplicações
Manganês (Mn)	Sulfato de manganês	0,2 - 0,5	Efetuar 2 a 3 aplicações
Zinco (Zn)	Sulfato de zinco	0,2 - 0,5	Efetuar 2 a 3 aplicações
Cobre (Cu)	Sulfato de cobre	0,2	Efetuar 2 a 3 aplicações
Boro (B)	Produtos doseando 20,5% de B	0,2 - 0,5	Efetuar 2 a 3 aplicações, sendo a primeira antes da floração

Segundo a autora, as doses e épocas de aplicação referenciadas têm um carácter meramente indicativo, devendo ser adaptadas às características da vinha e à intensidade da carência (Pacheco, 2001). A aplicação dos produtos referidos poderá ser feita em simultâneo com os tratamentos fitossanitários (Pacheco, 2001). Todavia, há que ter em atenção as compatibilidades entre estes produtos pois, por exemplo, alguns produtos com ferro quelatizado são incompatíveis com produtos à base de cobre (Pacheco, 2001). Além desse facto, a aplicação de fungicidas à base de manganês, zinco e cobre pode, por outro lado, ser suficiente para corrigir eventuais carências nestes nutrientes (Pacheco, 2001). As concentrações mais elevadas devem ser utilizadas somente após o Vingamento e as aplicações devem ser efetuadas em pulverização clássica (600 a 1000 L/ha) (Pacheco, 2001).

Alternativamente, Midwest Laboratories (1994), defendem que os períodos críticos de *stress* nutricional da cultura da vinha coincidem com os seguintes estados: 4 a 6 folhas, a época imediatamente antes da floração, e o período de cerca de duas semanas após a floração. Por conseguinte, as aplicações foliares efetuadas antes ou durante estas fases poderão ajudar a reduzir o *stress* nutricional e a fornecer às vinhas o impulso necessário para uma produção de qualidade (Midwest Laboratories, 1994). As aplicações recomendadas por estes autores são de 1,6 a 2,8 kg/ha de N; 0,3 a 0,5 kg/ha de P₂O₅; 0,4 a 0,8 kg/ha de K₂O; 0,1 a 0,27 kg/ha de zinco e, 0,1 a 0,2 kg/ha de boro. Defendem ainda que a aplicação dos três macronutrientes considerados poderá ser repetida até à dose máxima, em cada um dos períodos considerados, numa pulverização de 100 a 200 l/ha. Por sua vez, o zinco e o boro são recomendados numa aplicação única, quando as videiras se encontram no estado de 4 a 6 folhas. Mais uma vez, ressaltam que os valores propostos são linhas orientadoras já que é necessária uma análise de tecidos para a definição do correto programa de fertilização (Midwest Laboratories, 1994).

4.3. O estudo da nutrição e da fertilização da vinha em Portugal

A vinha é uma cultura tradicional em Portugal assumindo um importante papel social e económico (Pacheco & Vieira, 2004). Presente na quase totalidade do território nacional, embora com acentuadas diferenças em termos de quantidade de produção e de qualidade dos vinhos obtidos, a sua cultura reveste-se da maior importância nas áreas rurais, constituindo um fator de fixação das populações e contribuindo para a preservação da paisagem rural (Veloso *et al.*, 2004 a; Santos, 1996). É sabido que, entre os agentes que interferem quantitativa e qualitativamente na produção de uma vinha e que podem ser parcialmente controlados pelos viticultores, a nutrição mineral é, sem dúvida, um dos mais importantes (Veloso *et al.*, 1998). Tais razões implicam que a instalação desta cultura, bem como a sua manutenção, sejam orientadas de forma a conseguir um menor custo de produção e uma melhor qualidade, a fim de se garantir a viabilidade da atividade vitivinícola e a preservação do ambiente. Segundo estes autores, as diretivas estabelecem que os principais meios de diagnóstico do estado de fertilização de uma vinha assentam, essencialmente, em duas abordagens principais (Pacheco & Vieira, 2004). Em primeiro lugar, destaca-se a importância que o solo exerce sob a planta, uma vez que este é o meio de suporte no qual se desenvolvem as raízes e donde as plantas absorvem a água e os nutrientes de que necessitam. O estado de fertilidade do solo é avaliado através de análises de terras que precedem a instalação da cultura

(fertilização de instalação), e estão presentes ao longo de toda a sua vida útil (fertilização de formação e fertilização de produção) (Pacheco & Vieira, 2004; Cavaco *et al.*, 2005). Todavia, após a plantação da vinha, a análise foliar apresenta-se como um método válido de avaliação nutricional complementar (Pacheco & Vieira, 2004). O mesmo baseia-se na análise da composição química das folhas numa determinada época – de um modo geral, no nosso país tem sido usada a época de plena floração para amostragem das folhas (Vieira *et al.*, 2004) – e na sua posterior comparação com os teores foliares dos nutrientes tidos como valores ótimos para a nutrição da cultura (Pacheco & Vieira, 2004). Um recurso adicional consiste na observação da sintomatologia visual como forma de complementar a informação recolhida no terreno, embora esta metodologia não avalie o grau de deficiência nem possa fornecer uma estimativa nutricional direta dadas as interdependências entre nutrientes carecendo sempre, pelas razões enunciadas, de confirmação através de análise foliar (Pacheco & Vieira, 2004). A conclusão do processo faz uso de recomendações de fertilização que são realizadas essencialmente segundo o Critério de Intervalos de Suficiência. Cada recomendação poderá ser ajustada face ao estado de desenvolvimento vegetativo da vinha, ao nível de produção obtido, às condições do solo e do clima e à eventual incorporação de corretivos no solo (INIAP, 2006).

Porém, ainda que a necessidade de práticas como as análises de terra e de folhas, para avaliação do estado nutricional, estejam presentes ao longo da vida de uma vinha (Pacheco & Vieira, 2004; Cavaco *et al.*, 2005) nem sempre, em Portugal, a fertilização é encarada como um assunto de interesse e de capital importância. Aliás, é do conhecimento geral que a agricultura portuguesa faz, em termos médios, um uso bastante moderado de fertilizantes contrariamente ao que é habitual nos restantes países da União Europeia. A este facto não será estranha a circunstância de, a nível comunitário, Portugal figurar como o país com menores produções unitárias relativamente à maioria das culturas (INIAP, 2006). Nos seus trabalhos sobre esta temática, Veloso *et al.* (2004 a, 2004 b) constataram que, na grande maioria das situações, os fatores edáficos não são considerados relevantes pelos agentes intervenientes no sector, desconhecendo-se a relação existente entre a fertilidade do solo, a fertilização e a produção e qualidade do mosto. Por outro lado, a análise de folhas para avaliação do estado nutricional da vinha e racionalização da fertilização é ainda desconhecida e as situações específicas de carência ou toxicidade são muitas vezes ignoradas, não sendo sujeitas a uma correção criteriosa (Veloso *et al.* 2004 a, 2004 b). Por último, não se verifica a prática de uma fertilização racional, sendo corrente a utilização de adubos compostos para aplicação ao solo ou foliares sem

atender à fertilidade do solo nem às necessidades das videiras (Veloso *et al.* 2004 a, b). Na verdade, apesar dos estudos realizados em território nacional bem como do estabelecimento de critérios foliares de referência para a vinha, são ainda escassos os trabalhos experimentais que permitam a obtenção de valores de referência com carácter regional para interpretação dos resultados de análise foliar (Vieira *et al.*, 2004). Refiram-se, por exemplo, Pacheco *et al.* (2010), que, defendendo a necessidade do estabelecimento destes critérios de referência aplicados a variedades regionais, dada a influência de condicionalismos ambientais bem como a associação casta/porta-enxerto, publicaram valores preliminares para análises foliares baseando-se em vinhas de elevada produção para o sistema Trincadeira/99R, na região de Borba, no Alentejo. Do mesmo modo Veloso *et al.* (1998), estudaram a nutrição mineral, a produtividade e a qualidade do mosto da casta Alvarinho, tendo concluído que a escolha da fertilização apropriada pode melhorar a nutrição da planta bem como a qualidade do mosto. No mesmo trabalho, testou-se a diferença entre o pecíolo e o limbo, como órgãos de determinação dos teores em nutrientes, e estabeleceu-se a relação de certos elementos e algumas características quantitativas ou qualitativas das uvas da casta Alvarinho. Num outro artigo de Pacheco *et al.* (2004), foi estudada a influência de quatro porta-enxertos sobre a composição mineral de folhas da casta Loureiro, bem como a sua relação com a produção e a qualidade dos mostos, tendo sido verificado que os porta-enxertos exerceram influência sobre o rendimento da cultura. Ainda Veloso *et al.* (2004 a) apresentam valores de referência para interpretação de análises foliares à Floração, aplicados à casta Avesso, no qual contemplam os nutrientes N, P, K, Ca, Mg e B e excluem o Cu, Fe, Mn e Zn, dada a dispersão elevada dos valores obtidos na análise foliar. Do mesmo modo, foram estabelecidos os valores de referência para a casta alvarinho (Veloso *et al.*, 2004 b). Já o trabalho de Vieira *et al.*, 2004, referente à casta Camarate, na região da Bairrada, permitiu o estabelecimento de valores de referência nutricional para duas épocas distintas de colheita de amostras (Floração e 35 dias após a Floração). Segundo estes autores, tais variações são explicadas pela diferente especificidade em relação à absorção, translocação e acumulação de nutrientes no tecido em causa, relacionando-se também com as características específicas dos simbiontes (casta/porta-enxerto) formados. Por último, os valores de referência nutricionais, referentes à casta Bical, na região da Bairrada e à casta Loureiro na Região dos Vinhos Verdes, foram publicados por Pacheco *et al.* (2002). E se, em relação à nutrição e ao estabelecimento de valores de referência nutricionais de castas portuguesas, existem já alguns trabalhos desenvolvidos (cite-se, como exemplo, os trabalhos de Veloso *et al.* (1998), Alves

(1999), Pacheco *et al.* (2002), Domingos *et al.* (2004), Pacheco *et al.* (2004), Pacheco & Vieira, (2004), Veloso *et al.*, (2004 a), Veloso *et al.* (2004 b), Vieira *et al.* (2004) e Pacheco *et al.* (2010)), o panorama em relação ao DRIS, e nomeadamente à cultura da vinha em Portugal, tem sido ainda pouco explorado. Os primeiros passos de estudo e implementação do DRIS dão conta de um trabalho de comparação de alguns métodos de diagnóstico do estado de nutrição aplicado à pereira, cultivar Rocha (Alves, 1997) ou ainda da proposta de aplicação do método DRIS à cultura da actinídea (Veloso, 1995). À data de realização deste trabalho, nada está disponível para a cultura da vinha em Portugal, segundo a metodologia DRIS, sendo este ainda um recurso muito pouco divulgado.

5. Deteção remota com sensores de proximidade

É certo que o recurso ao uso de resultados laboratoriais para avaliar o estado nutricional de uma cultura exige a colheita de amostras de partes específicas de plantas e a sua interpretação de acordo com critérios generalizados (Blackmer & Schepers, 1996; Smart *et al.*, 2007). Por essa razão, estas metodologias requerem vários pontos de amostragem, sendo que as amostras de tecidos não são mais representativas de uma parcela do que as plantas que constituíram a amostra. Associam-se a estes constrangimentos, mudanças nas propriedades do solo ou outras condições (clima, doenças, pragas,...), quer na escala espacial quer a nível temporal, o que dificulta a colheita e a análise de um número apropriado de amostras que permitam a identificação de problemas nutricionais (Blackmer & Schepers, 1996; Daughtry *et al.*, 2000; Smart *et al.*, 2007). Como tal, torna-se evidente que, a aplicação deste tipo de metodologias envolve, para além das limitações do trabalho de campo, restrições de tempo ou custos a nível analítico (Blackmer & Schepers, 1996).

Ainda que a análise de tecidos possa fornecer informações valiosas do estado nutricional das culturas, as propriedades óticas tais como a transmitância da luz e a sua refletância podem revelar-se uma alternativa interessante na monitorização de mudanças nutricionais em plantas durante a sua estação de crescimento (Blackmer & Schepers, 1996; Zubillaga & Urricariet, 2005). Refira-se que este fenómeno complexo, que consiste na interação de radiações eletromagnéticas com a canópia da planta, condiciona a quantidade de luz refletida, a qual depende não só do aspeto nutricional mas também de um grande número de fatores relacionados com as folhas tais como: a morfologia externa, a estrutura interna, a concentração e a distribuição interna de componentes bioquímicos, entre outros (Blackmer & Schepers, 1996; Govind *et al.*, 2005; Delalieux *et al.*, 2007). Estes mesmos autores defendem que é esta relação que

permite determinar, de uma forma comparativa, a eficácia de índices espectrais como descritores do estado fisiológico da planta. E, uma vez que as modificações fisiológicas induzidas pelo *stress* poderão afetar os índices espectrais, torna-se possível a deteção do *stress* ao nível da folha num estado mais precoce, antes que o dano seja diagnosticado recorrendo a técnicas convencionais (Zubillaga & Urricariet, 2005; Delalieux *et al.*, 2007).

As medições de refletância variam desde aquelas que lidam com folhas a nível individual até às que englobam uma parcela ou região, dependendo da configuração do sensor utilizado, bem como da sua distância em relação à cultura (Blackmer & Schepers, 1996). Por esse facto, estes autores consideram que as imagens de refletância, são capazes de, potencialmente, oferecer uma avaliação mais rápida e menos cara das condições de crescimento da cultura, em comparação com as tradicionais análises químicas de folhas ou de seiva da planta.

Por permitir determinar rapidamente as condições fisiológicas de culturas que ocupam extensas áreas, a captação aérea de imagens, possibilita que todo o campo possa ser captado numa só imagem, sem problemas de uniformidade relacionados com a aquisição de informação pontual resultantes do uso de sensores de proximidade (Blackmer & Schepers, 1996; Zubillaga & Urricariet, 2005). E, se associarmos esta metodologia à tecnologia GPS ou ao sistema GIS, as áreas mais pequenas poderão ser facilmente localizadas e tratadas, possibilitando a identificação de potenciais problemas dentro da própria parcela (Blackmer & Schepers, 1996; Marçal & Cunha, 2007). Todavia, analisando a capacidade da deteção remota por satélite no fornecimento de informações importantes acerca de parcelas de vinha de reduzida dimensão, conclui-se que, embora os sensores forneçam informação útil acerca das vinhas com adequada resolução espectral e espacial, há claramente uma falta de resolução temporal (Marçal & Cunha, 2007).

Por sua vez, se considerarmos o uso do espectroradiómetro, a medição é igualmente rápida e não destrutiva, não necessitando de agentes químicos (Albayrak, 2008). Ao contrário das imagens adquiridas por satélite, este procedimento não apresenta limitações temporais sendo realizado, por norma, de uma forma pontual, apenas ao nível da folha.

5.1. Os índices de vegetação

É certo que a deteção remota constitui uma excelente ferramenta para capturar a estrutura e o estado fisiológico através do uso do seu padrão de refletância. No

entanto, convém ter presente que a gama de padrões das características de refletância varia entre diferentes grupos taxonómicos de organismos fotossintéticos no campo do visível e do infravermelho próximo, estando esta variação relacionada com a estrutura e a bioquímica dos diferentes organismos, condições ambientais relacionadas com a aquisição de imagens, *stress* bióticos ou abióticos (Blackmer & Schepers, 1996; Govind *et al.*, 2005; Zubillaga & Urricariet, 2005; Kiang *et al.*, 2007).

A refletância espectral da canóia de uma planta, por depender da interação da radiação eletromagnética com os parâmetros acima descritos, agrega um grande volume de informação e está sujeita a alguma variabilidade (Govind *et al.*, 2005). Como tal, segundo os mesmos autores, ainda que as bandas únicas possam constituir indicadores aceitáveis de constituintes bioquímicos, pelo facto de estes dados espectrais serem volumosos e variarem largamente em diferentes comprimentos de onda, os resultados deverão ser sintetizados em índices espectrais que permitam ser aplicados de forma útil. Por norma, a combinação de duas bandas num índice de vegetação estandardizado resulta num poder discriminatório mais elevado do que o uso de banda únicas (Delalieux *et al.*, 2007). Assim, estes autores consideram que a utilização de índices de vegetação permite a redução da dimensionalidade dos dados e pode ser de grande valor no processamento e análise dos dados. Além disso, são capazes de ultrapassar o problema do uso das bandas únicas por minimizarem os fatores externos, resultando em correlações melhoradas com os constituintes bioquímicos vegetativos. Por esta razão, vários índices foram desenvolvidos para resumir a informação contida nos padrões de refletância das plantas e para possibilitarem a deteção efetiva e a quantificação de anomalias no processo normal de produção das plantas.

Na tabela 7 apresentam-se mais detalhadamente alguns índices de vegetação encontrados na bibliografia consultada.

Tabela 7. Resumo de alguns dos principais índices de vegetação.

Índices de Vegetação	Fórmula	Autores
<i>Estruturais</i>		
Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)	$(R_{NIR}-R_{RED})/(R_{NIR}+R_{RED})$	Rouse <i>et al.</i> (1974)
Simple Ratio Index (SR)	R_{NIR}/R_{RED}	Jordan (1969), Rouse <i>et al.</i> (1974)
Modified Soil Adjusted Vegetation Index (MSAVI)	$(2R_{NIR}+1-[(2R_{NIR}+1)^2-8(R_{NIR}-R_{RED})]^{0.5})/2$	Qi <i>et al.</i> (1994)
Optimized Soil-Adjusted Vegetation Index (OSAVI)	$(1+0,16)(R_{800}-R_{670})/(R_{800}+R_{670}+0,16)$	Rondeaux <i>et al.</i> (1996)
Modified Triangular Vegetation Index (MTVI ₁)	$1,2[1,2(R_{800}-R_{550})-2,5(R_{670}-R_{550})]$	Haboudane <i>et al.</i> (2004)

Tabela 7. Resumo de alguns dos principais índices de vegetação (cont.).

Índices de Vegetação	Fórmula	Autores
Improved Modified Triangular Vegetation Index (MTVI ₂)	$(1,5[1,2(R_{800}-R_{550})-(2,5(R_{670}-R_{550}))]/\sqrt{((2R_{800}+1)^2-(6(R_{800}-5\sqrt{R_{670}})-0,5))})$	Haboudane <i>et al.</i> (2004)
Renormalized Difference Vegetation Index (RDVI)	$(R_{800}-R_{670})/\sqrt{(R_{800}+R_{670})}$	Rougean & Breon (1995)
Greenness Vegetation Index (GVI)	R_{554}/R_{677}	Hatfield <i>et al.</i> (1984)
Modified chlorophyll absorption ratio index 1 (MCARI ₁)	$1,2[2,5(R_{800}-R_{670})-1,3(R_{800}-R_{550})]$	Haboudane <i>et al.</i> (2004)
Modified chlorophyll absorption ratio index 2 (MCARI ₂)	$(1,5[2,5(R_{800}-R_{670})-1,3(R_{800}-R_{550})]/\sqrt{((2R_{800}+1)^2-(6(R_{800}-5\sqrt{R_{670}})-0,5))})$	Haboudane <i>et al.</i> (2004)
<i>Clorofila</i>		
Transformed chlorophyll absorption ratio index (TCARI)	$3[(R_{700}-R_{670})-0,2(R_{700}-R_{550})](R_{700}-R_{670})$	Haboudane <i>et al.</i> (2002)
Transformed chlorophyll absorption ratio index/optimized soil adjusted vegetation index (TCARI/OSAVI)	$3[(R_{700}-R_{670})-0,2(R_{700}-R_{550})](R_{700}-R_{670})/[(1+0,16)(R_{800}-R_{670})/(R_{800}+R_{670}+0,16)]$	Haboudane <i>et al.</i> (2002)
Gitelson-Chl ₁	$[R_{(540-560)}^{-1} - R_{(760-800)}^{-1}] \times R_{(760-800)}$	Gitelson <i>et al.</i> (2003), Gitelson <i>et al.</i> (2006)
Gitelson-Chl ₂	$[R_{(690-720)}^{-1} - R_{(760-800)}^{-1}] \times R_{(760-800)}$	Gitelson <i>et al.</i> (2003), Gitelson <i>et al.</i> (2006)
MSR ₇₀₅	$(R_{750}-R_{445})/(R_{705}-R_{445})$	Sims & Gamon (2002)
Normalized Phaeophytinization Index (NPQI)	$(R_{415}-R_{435})/(R_{415}+R_{435})$	Barnes (1992)
Zarco e Miller (ZM)	R_{750}/R_{710}	Zarco-Tejada <i>et al.</i> (2001)
Modified chlorophyll absorption ratio index (MCARI)	$[(R_{700}-R_{670})-0,2(R_{700}-R_{550})](R_{700}-R_{670})$	Daughtry <i>et al.</i> (2000)
Lichtenthaler Indices (LIC)	$LIC_1 = (R_{800}-R_{680})/(R_{800}+R_{680})$ $LIC_2 = R_{440}/R_{690}$ $LIC_3 = R_{440}/R_{740}$	Lichtenthaler <i>et al.</i> (1996)
Triangular Vegetation Index (TVI)	$0,5[120(R_{750}-R_{550})-200(R_{670}-R_{550})]$	Broge & Leblanc (2000)
Carter Indices (CTR)	$CTR_1 = R_{695}/R_{420}$ $CTR_2 = R_{695}/R_{760}$	Carter (1994), Carter <i>et al.</i> (1996)
Gitelson & Merzlyak (GM)	$GM_1 = R_{750}/R_{550}$ $GM_2 = R_{750}/R_{700}$	Gitelson & Merzlyak (1997)
Vogelmann Indices (VOG)	$VOG_1 = R_{740}/R_{720}$ $VOG_2 = (R_{734}-R_{747})/(R_{715}+R_{726})$ $VOG_3 = (R_{734}-R_{747})/(R_{715}+R_{720})$	Vogelmann <i>et al.</i> (1993), Zarco-Tejada <i>et al.</i> (2001)

Tabela 7. Resumo de alguns dos principais índices de vegetação (cont.).

Índices de Vegetação	Fórmula	Autores
<i>Carotenóides</i>		
Chappelle-Car	R_{760}/R_{500}	Chappelle <i>et al.</i> (1992)
Blackburn-Car ₁	R_{800}/R_{470}	Blackburn (1998)
Blackburn-Car ₂	$(R_{800}-R_{470})/(R_{800}+R_{470})$	Blackburn (1998)
Gitelson-Car ₁	$[R_{(510-520)}^{-1} - R_{(540-560)}^{-1}] \times R_{(760-800)}$	Gitelson <i>et al.</i> (2003), Gitelson <i>et al.</i> (2006)
Gitelson-Car ₂	$[R_{(510-520)}^{-1} - R_{(690-710)}^{-1}] \times R_{(760-800)}$	Gitelson <i>et al.</i> (2003), Gitelson <i>et al.</i> (2006)
Photochemical Reflectance Index (PRI)	$PRI_1 = (R_{528}-R_{567})/(R_{528}+R_{567})$ $PRI_2 = (R_{531}-R_{570})/(R_{531}+R_{570})$ $PRI_3 = (R_{570}-R_{539})/(R_{570}+R_{539})$	Gamon <i>et al.</i> (1992)
<i>Antocianinas</i>		
Gamon-Anth	$R_{600-700}/R_{500-600}$	Gamon & Surfus (1999)
Gitelson-Anth	$[R_{(540-560)}^{-1} - R_{(690-710)}^{-1}] \times R_{(760-800)}$	Gitelson <i>et al.</i> (2003), Gitelson <i>et al.</i> (2006)
<i>Relação carotenoides e clorofilas</i>		
Blue/Green e Blue/Red Pigment Indices (RGI, BGI, BRI)	$RGI = R_{690}/R_{550}$ $BGI_1 = R_{400}/R_{550}$ $BGI_2 = R_{450}/R_{550}$ $BRI_1 = R_{400}/R_{690}$ $BRI_2 = R_{450}/R_{690}$	Zarco-Tejada <i>et al.</i> (2005)
Simple Ratio Pigment Index (SRPI)	R_{430}/R_{680}	Peñuelas <i>et al.</i> (1995)
Structure Intensive Pigment Index (SIPI)	$(R_{800}-R_{445})/(R_{800}+R_{680})$	Peñuelas <i>et al.</i> (1995)
Normalized Pigment Chlorophyll Index (NPCl)	$(R_{680}-R_{430})/(R_{680}+R_{430})$	J. Peñuelas <i>et al.</i> (1994)
<i>Água</i>		
Water Index (WI)	R_{900}/R_{970}	J. Peñuelas <i>et al.</i> (1993)
<i>Outros</i>		
Curvature Index (CUR)	$(R_{675} \times R_{690})/(R_{683}^2)$	Zarco-Tejada <i>et al.</i> (2000)

Nota: NIR corresponde à refletância na banda do infravermelho e RED é a refletância na banda do vermelho. R_x corresponde à refletância no comprimento de onda x.

5.2. A aplicação de técnicas de deteção remota

Como mencionado anteriormente, são variadas as aplicações da deteção remota a nível agronómico. A maioria dos trabalhos publicados acerca desta temática mostra que o recurso a estas técnicas no espectro visível ou no infravermelho próximo (VNIR) pode ser capaz de determinar eficazmente o conteúdo de inúmeros componentes orgânicos nas plantas (Blackmer & Schepers, 1996; Vouillot *et al.*, 1998; Daughtry *et al.*, 2000; Albayrak, 2008). Contudo, a aplicação desta técnica permite igualmente a deteção de pragas (Xu *et al.*, 2007), ou de deficiências hídricas (Li *et al.*, 2001). Noutros trabalhos como, por exemplo, o de Haboudane *et al.* (2004), recorreu-se a

técnicas de deteção remota para estimar certos indicadores, tais como a área foliar. Li *et al.* (2001), foram responsáveis pelo estudo da caracterização do crescimento da planta do algodão, pela averiguação da textura e da disponibilidade hídrica do solo, bem como pelo cálculo da elevação do terreno, na qual se encontra instalada uma determinada cultura. A deteção remota pode ainda servir para avaliar as mudanças do uso do solo ao longo dos anos, o impacto das políticas agrícolas e a demografia na dinâmica da paisagem (Poças *et al.*, 2011).

Em relação à aplicação desta informação com sensores de proximidade, referem-se, seguidamente, a nível agronómico, alguns exemplos e aplicações.

Ding *et al.* (2009), fizeram uso do espectroradiómetro para determinar o teor de clorofila em macieiras. Também foi possível estimar o teor de nitratos em folhas de espinafres (Xue & Yang, 2009), ou a concentração de azoto nas folhas frescas da planta de chá (Hu *et al.*, 2008). A predição do nível nutricional do azoto na cultura do trigo foi estudada por Govind *et al.* (2005), tendo concluído que os índices que apresentaram uma maior correlação foram o NDVI, o GVI (Tabela 7) e o Colour difference, um parâmetro biofísico de quantificação extremamente complexo, que é proposto pelos mesmos autores. Por fim, refira-se Yang *et al.* (2010) que comprovaram a possibilidade de estimar o estado nutricional de *Festuca arundinacea* pela monitorização das diferenças nos pigmentos fotossintéticos e o estudo de Delalieux *et al.* (2007), sobre a deteção de deficiências ao nível do ferro em pomares de pessegueiros em Espanha.

5.3. O uso de técnicas de deteção remota na vinha

Tradicionalmente, qualquer variação natural existente numa parcela de vinha era ignorada, sendo aplicado igual tratamento a toda a área cultivada. O aparecimento de novas tecnologias e o aumento da procura de produtos provenientes de uvas de alta qualidade levaram a um crescente interesse pelas práticas de agricultura de precisão, caracterizadas pela monitorização e gestão de variações espaciais, nos componentes relacionados com a produção dentro da cada parcela de vinha (Hall *et al.*, 2002).

Uma das ferramentas mais poderosa e amplamente utilizada é a técnica de deteção remota, caracterizada pela capacidade de definir relações úteis entre os descritores da canópia, a qualidade das uvas e o rendimento (Hall *et al.*, 2002). No entanto, o recurso à obtenção de imagens multiespectrais permitiu que outras aplicações fossem desenvolvidas, tais como a criação de meios de classificação de vinhas (Lanjeri *et al.*, 2001), a deteção de infestantes (Delenne *et al.*, 2010), a

contabilização do número de falhas numa vinha (Delenne *et al.*, 2010), a avaliação do desenvolvimento da vinha, de acordo com os recursos hídricos disponíveis (Montero *et al.*, 1999), a quantificação da densidade de canópia (Dobrowski *et al.*, 2002) e a caracterização da forma e do tamanho da canópia (Hall *et al.*, 2003), entre outros.

Nos últimos anos, um extenso número de artigos que aplicam a deteção remota na vinha têm sido publicados. Por exemplo, Lamb *et al.* (2004), em trabalhos desenvolvidos na Austrália, usaram o NDVI como descritor do vigor da canópia de vinhas em diferentes estados de desenvolvimento, com a finalidade de prever a concentração de compostos fenólicos e a cor das uvas colhidas na casta Cabernet Sauvignon. Por sua vez, Zarco-Tejada *et al.* (2005), comprovaram a validade de índices de bandas estreitas, entre o 700 e 750 nm, na quantificação dos teores de clorofila a e b e, conseqüentemente, na deteção de cloroses ao nível das folhas e da canópia de *Vitis vinifera* L., em detrimento do NDVI cujo comportamento ficou aquém do esperado. Já índices como o SIPI ou o PRI revelaram ser mais sensíveis aos carotenóides e às razões clorofila/carotenóides do que à concentração de clorofila. Smart *et al.* (2007), recorrendo a um espectrorradiómetro, estudaram vários índices de vegetação, no sentido de avaliarem sintomas de deficiências em potássio numa vinha de Pinot Noir. A aplicação de técnicas de deteção remota permitiu a obtenção de uma extensa gama de índices espectrais sendo, contudo, escassos aqueles que se relacionavam diretamente com os sintomas de deficiência em potássio. Também Martin *et al.* (2007), se propuseram avaliar se o teor de clorofila a+b, através de deteção remota com sensor hiperespectral, seria útil para mapear zonas de vinhas com diferente potencial de qualidade, tendo concluído que o índice TCARI/OSAVI permitia estabelecer a relação entre o conteúdo de clorofila e a deteção de clorose férrica e, conseqüentemente, os parâmetros de qualidade da uva. Meggio *et al.* (2010), estudaram a qualidade das uvas em vinhas afetadas por deficiência de ferro, através da aplicação de índices de deteção remota. Os resultados comprovaram que os índices relacionados com os teores de carotenos ou os pigmentos antocianicos em folhas são adequados, podendo ser usados como alternativa a outros baseados na concentração da clorofila a+b, já que o aumento de carotenos e antocianinas, devido à seca, a danos por causas térmicas ou a deficiências em micronutrientes, é um indicador mais fiável para a deteção de dificuldades de maturação fenólica em vinhas afetadas por clorose férrica. Os autores sugerem a utilização dos índices Gitelson-Car₂ e Gitelson-Anth. Por fim, no estudo de Serrano *et al.* (2012), relacionaram-se índices de refletância hiperespectral com as propriedades biofísicas das plantas na predição do tamanho do bago e dos atributos qualitativos, em vinha sujeitas a condições

climáticas do tipo mediterrânico. O WI provou ser capaz de estimar aspetos qualitativos do bago em vinhas com défice hídrico moderado a severo. Tal facto preconiza uma aplicação potencial desta tecnologia em viticultura de precisão no processo de maturação e de colheita da uva.

III. Material e Métodos

III.1. Estabelecimento de normas DRIS para a cultura da vinha

1. Estabelecimento de padrões nutricionais para a cultura da vinha: Fase I

A temática do estabelecimento de padrões nutricionais para a cultura da vinha (o projeto abrangeu ainda as culturas do olival, da actinídea, da cerejeira, da macieira e do pessegueiro, que não serão referidas neste trabalho), com recurso ao Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação foi inicialmente abordada num projeto denominado FERTISOFT, financiado pela ADI – Agência de Inovação e promovido

pela Faculdade de Ciências da Universidade do Porto e pela EOR – Laboratório de Análises Químicas, Lda., o que deu origem a diversas publicações. (EOR/FCUP, 2008; Carneiro *et al.*, 2009 a; Carneiro *et al.*, 2009 b; Carneiro *et al.*, 2010). Como tal, durante as campanhas agrícolas de 2006/2007 e de 2007/2008 procedeu-se à escolha das parcelas agrícolas sujeitas a acompanhamento, ao estudo da componente analítica do projeto, ao tratamento dos dados experimentais obtidos, ao desenvolvimento do *software* de análise e fertilização, à aplicação do formulário DRIS e ao estabelecimento de padrões nutricionais.

Nas páginas seguintes, descrever-se-á o procedimento respeitante ao estabelecimento de padrões nutricionais para a vinha.

1.1. Escolha das parcelas agrícolas

Foram contactadas diferentes Associações/Empresas, distribuídas por várias regiões de Portugal Continental e cuja atividade técnica está relacionada com a cultura da vinha, tendo colaborado neste trabalho as seguintes organizações: Zona Norte: Associação de Agricultores do Nordeste Transmontano – AANT, Associação de Agricultores de Trás-os-Montes – AATM, Associação de Fruticultores e Viticultores do Planalto de Ansiães – AFUVOPA, Associação dos Produtores em Proteção Integrada de Trás-os-Montes – APPITAD; Zona Centro: Associação de Agricultores de Produção Integrada dos Frutos de Montanha – AAPIM, Sociedade dos Vinhos Borges, SA; Zona Sul: Associação Técnica dos Viticultores do Alentejo – ATEVA.

Para a execução do estudo selecionaram-se dois grupos de vinhas adultas, representando aleatoriamente diferentes variedades, porta-enxertos, sistemas de condução, práticas agronómicas, condições edafoclimáticas, parâmetros qualitativos do mosto e tipos de vinho produzidos. Considerou-se um máximo de 10 vinhas de cada um dos grupos por Associação/Empresa, os quais deram origem a duas populações distintas:

População A: caracterizada por apresentar produções elevadas ou muito elevadas e cujo valor de produtividade seria maior ou igual ao valor definido como médio a nível nacional (5 t/ha), segundo os dados publicados pelo Instituto Nacional de Estatística (INE, 2012);

População B: caracterizada por apresentar produções baixas ou muito baixas (cujo valor de produtividade seria inferior ao anteriormente estabelecido).

A recolha de informação a nível nacional permitiu o estabelecimento de uma amostra composta por uma população de 93 vinhas, sendo 50 de alta produção e 43 de baixa produção, que foi identificada pelo código A93. Adicionalmente, foi possível reunir, para algumas dessas vinhas, parâmetros de caracterização de várias parcelas tais como:

1. Identificação, localização e caracterização das vinhas (Proprietário, Local, Concelho, Ano de plantação, Compasso, Porta-enxerto, Casta, Topografia, Exposição solar e Produtividade média (t/ha));

2. Técnicas culturais (Mobilização do solo, Revestimento do solo, Aplicação de herbicidas, Época de poda, Sistema de Rega, Dotação de Rega (m³/ha/ano), Fertilizantes aplicados e Adubação foliar);

3. Sanidade e Produção (Pragas, Doenças, Tratamentos realizados e respetivas datas de aplicação, eventual incidência de pragas e de doenças ou acidentes vegetativos observados, data de colheita de folhas e data de colheita de uvas).

1.2. Colheita de amostras, determinações analíticas e tratamento dos dados experimentais obtidos

A colheita de amostras de terra e de folhas foi realizada pelas Associações de Agricultores e Empresas Agrícolas que colaboraram no projeto e segundo as normas pré-estabelecidas, sintetizadas nos Anexo I e Anexo II.

Nas amostras de terras foram analisados os seguintes parâmetros: textura, pH (H₂O), pH (KCl), matéria orgânica, fósforo extraível, potássio extraível, cálcio extraível, magnésio extraível e complexo de troca: Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺. No Anexo III encontra-se descrito o procedimento completo de análise de terras, no qual se pode ver também informação sobre a seleção de parâmetros analisados no âmbito do FERTISOFT.

Quanto ao material vegetal, após a lavagem com uma solução de HCl 0,05M e de água destilada (de modo a minimizar as contaminações por poeiras depositadas sobre as folhas), procedeu-se à sua secagem, em estufa a 65°C. Posteriormente, a amostra foi moída até à dimensão máxima de 40 mesh (0,425 mm). Os nutrientes azoto total (N), fósforo total (P), potássio total (K), cálcio total (Ca), magnésio total (Mg), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e boro (B) foram analisados de acordo com o descrito no Anexo IV.

Para cada amostra elaborou-se o respetivo relatório de análise, tendo as recomendações de fertilização sido baseadas no método mais comumente usado: o Critério de Intervalos de Suficiência, que pressupõe que a colheita de pecíolos seja realizada na época de plena floração. Os valores limite do Critério de Intervalos de Suficiência (Tabela 8) foram, na sua maioria, adaptados de Pacheco *et al.* (1993), de Veloso *et al.* (1998), e de Veloso *et al.* (1999), e encontram-se publicados no Manual de Fertilização das Culturas do Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva (INIAP, 2006). O ferro, o manganês, o zinco e o cobre foram ajustados de acordo com o proposto por Mills & Benton Jones (1996).

Tabela 8. Intervalos de Suficiência definidos para a cultura da vinha (Adaptado de INIAP, 2006 e de Mills & Benton Jones, 1996).

Limites	N P K Ca Mg					Cu Fe Mn Zn B				
	----- (g/kg) -----					----- (mg/kg) -----				
Inferior	9	2	15	13	3	5	40	30	25	25
Superior	12	4	25	28	6	50	300	150	100	45
Médio	10,5	3	20	20,5	4,5	28	170	90	63	35

Nota: Valores referidos à matéria seca a 100 – 105 °C.

Os relatórios foram enviados às respetivas Associações/Empresas tendo servido, posteriormente, como ponto de partida para o estabelecimento dos índices DRIS.

1.3. Desenvolvimento do software de fertilização (DRIS)

Para a análise dos dados experimentais obtidos, e com vista ao estabelecimento dos índices DRIS, contratou-se uma empresa informática capaz de desenvolver, em colaboração com as entidades envolvidas no projeto, o *software* de recomendação de fertilização (DRIS). A ferramenta informática criada permite, não só a aplicação do método DRIS a dados laboratoriais, mas também a sua integração com o *software* de laboratório destinado à aquisição de dados e geração de *outputs* necessários à elaboração dos relatórios de análise, bem como o cálculo de índices através de ficheiros Excel. O grande número de cálculos necessários (o que representa uma dificuldade acrescida da utilização deste método) foi, deste modo, ultrapassado. Assim, considerando-se o balanço nutricional da planta, obtém-se uma classificação objetiva dos nutrientes. Refira-se também que, conforme mencionado na Revisão Bibliográfica, dada a inexistência de programas informáticos que possam ser utilizados

para o cálculo dos índices DRIS da cultura da vinha, este programa constitui uma inovação.

Este *software*, especialmente criado para o projeto FERTISOFT, foi concebido para permitir ao utilizador selecionar para cada cultura a combinação das diversas metodologias: 1) a atualização das bases de dados envolvidas no cálculo das normas DRIS, sempre que necessário; 2) a escolha da ordem de relação entre pares de nutrientes, 3) as funções das razões de nutrientes e 4) a seleção dos nutrientes envolvidos no cálculo dos índices DRIS. A versatilidade de seleção de metodologias é fundamental na execução das simulações necessárias pois permite definir as rotinas do sistema DRIS mais apropriadas para as diversas situações tipo (cultura, variedade, época, região, ...).

Por fim foram efetuados testes de aplicabilidade da ferramenta informática no sentido de confirmar se os resultados obtidos se encontravam próximos dos valores referidos na bibliografia e de averiguar a constância dos resultados produzidos.

1.3.1. O Formulário DRIS

Dada a inexistência de unanimidade em relação às fórmulas a usar para o cálculo do DRIS optou-se por testar a metodologia anteriormente citada no ponto 3.2.1. O Formulário DRIS. As exceções residem no cálculo da escolha da ordem de relação entre um par de nutrientes A e B e no cálculo do M-DRIS. No primeiro não foi contemplado o Valor r (Nick, 1998) uma vez que implicava uma correlação entre a produtividade e as razões entre os nutrientes das populações, critério este impossível de estabelecer dada a escassez de informação disponível por parte de algumas Associações que forneceram os dados das vinhas. Quanto ao cálculo do M-DRIS, apesar de visar neutralizar algumas limitações do método pela incorporação de uma medida real de suficiência do elemento no cálculo do índice, por forma a diminuir a possibilidade de diagnóstico erróneo, reintroduz também o efeito da idade do tecido foliar sobre a concentração do elemento no processo de diagnóstico, exigindo a padronização da colheita. Por esse motivo, e sendo a padronização da colheita de folhas um dos procedimentos que se propõe extinguir por recurso ao uso do sistema DRIS, este método foi, à partida, excluído.

Para a aplicação dos dois primeiros formulários, com o intuito de minimizar a elevada dispersão de valores, o valor de k considerado foi 0,1. Já no cálculo dos índices DRIS, segundo o método Jones, usou-se um valor de $k=30$. Em relação à

interpretação dos índices DRIS gerados, optou-se por seguir a seguinte classificação: entre -15 e +15 os nutrientes encontram-se em concentrações adequadas; se o índice for inferior a -15 há uma condição de carência latente desse nutriente e, quando menor que -30, assume-se que existe carência. Se, em oposição, o índice se situar entre +15 e +30 considera-se que o nutriente contribui apenas para consumo de luxo; caso seja superior a +30, esse elemento é classificado como excessivo.

1.3.2. Estabelecimento de padrões nutricionais para a vinha

Usando a base de dados criada no decorrer do projeto, a partir da amostra de referência classificada como “alta produtividade” e recorrendo à aplicação informática, definiram-se, segundo o formulário DRIS anteriormente explicitado, as normas (média, desvio padrão, coeficiente de variação) e variâncias para as relações escolhidas a utilizar no cálculo dos índices DRIS para a cultura da vinha. À semelhança de Beaufile (1973) ou de Elwali & Gascho (1984), recorreu-se ao teste F, com um intervalo de 95% de confiança, de forma a comparar as médias das relações nutricionais das duas subpopulações e a fundamentar a utilização dos resultados correspondentes à subpopulação de alta produtividade como valores de referência. Esta análise foi desenvolvida com recurso ao programa Statistical Package for the Social Sciences – SPSS Statistics 20 (IBM, 2012).

1.4. Aplicação do Formulário DRIS: Fase I

1.4.1. Aplicação da metodologia DRIS ao Critério de Intervalos de Suficiência

Para efeitos de comparação entre as duas metodologias, aplicou-se o formulário DRIS aos valores dos Intervalos de Suficiência, anteriormente referidos. O mesmo formulário foi ainda aplicado a todas as parcelas de vinha que integraram a fase inicial de estabelecimento de índices DRIS, para a cultura da vinha em Portugal. Todavia, por não serem o principal objeto deste estudo, os resultados não serão apresentados neste trabalho.

2. Estabelecimento de padrões nutricionais para a cultura da vinha (atualização): Fase II

No decorrer deste trabalho foi necessário desenvolver e atualizar a base de dados do *software* do DRIS para que esta se tornasse mais robusta e capaz de, não só refletir a realidade vitícola nacional, mas também de incluir diferenças nutricionais resultantes da variabilidade do fator ano. Com esse propósito, no ano agrícola de 2011, foram contactadas várias associações portuguesas de agricultores, as quais contribuíram com novos dados de parcelas de vinha, relativos aos anos de 2009 e de 2010. Através da sua colaboração constituíram-se seis novas bases de dados, que, no decorrer deste trabalho experimental, foram testadas e estudadas com o objetivo de estabelecer novos padrões nutricionais para a vinha. Estas partem de um vasto conjunto de observações, e resultam de combinações de vinhas provenientes de várias regiões de Portugal continental, apresentando diferentes tamanhos (93 observações e 199 observações). Nelas se testou também a diferença entre o cálculo DRIS englobando todos os nutrientes analisados ou apenas uma seleção destes. Pretendeu-se, com esta metodologia, estimar o impacto da seleção de distintas bases de dados (composição, tamanho e nutrientes) na constituição das normas DRIS, bem como no cálculo dos índices para a cultura da vinha.

2.1. Escolha das parcelas agrícolas

As associações que decidiram participar nesta fase de atualização de padrões nutricionais para a vinha (às quais se agradece a receptividade e o apoio na recolha de dados tão importantes para o desenvolvimento deste trabalho), foram a Associação de Agricultores de Produção Integrada dos Frutos de Montanha (AAPIM), a Associação de Proteção Integrada e Agricultura Sustentável do Zêzere (APPIZÊZERE) e a Associação dos Produtores Agrícolas da Sobrena (APAS). Graças a esta colaboração, foi possível estabelecer novas bases de dados para o cálculo do DRIS.

À semelhança da fase primária de estabelecimento de padrões nutricionais, as parcelas foram divididas em duas subpopulações – de alta produção (A) ou de baixa produção (B) –, consoante a produtividade média por hectare fosse superior ou inferior a 5 toneladas. Solicitou-se ainda que as vinhas de alta produção fossem igualmente selecionadas de acordo com indicadores qualitativos.

Obtiveram-se, por fim, seis bases de dados: A93; B93; C93; A199; B199 e C199. A primeira, a A93, corresponde à base originalmente usada na Fase I do estabelecimento das normas DRIS. As restantes resultaram de diferentes

combinações do universo de observações recolhido, sendo que em todas elas é comum a inclusão das observações a que correspondiam maiores valores de produtividade média, de acordo com as informações fornecidas por alguns parceiros. Esclarece-se ainda que as bases de dados com 199 observações resultam diretamente das primeiras (A, B ou C), às quais se juntaram 106 novas observações.

2.2. Colheita de folhas, determinações analíticas e tratamento dos dados experimentais obtidos

A colheita de folhas foi realizada pelas Associações de Agricultores, segundo as normas pré-estabelecidas constantes do Anexo II. Seguiu-se a sua análise, de acordo com a metodologia descrita no Anexo IV e no ponto 1.2 do Estabelecimento de padrões nutricionais para a cultura da vinha: Fase I. Para cada amostra elaborou-se o respetivo relatório de análise, tendo as recomendações de fertilização sido baseadas no Critério de Intervalos de Suficiência, de acordo com a publicação do INIAP (2006).

2.3. O Formulário DRIS

Em primeiro lugar, estabeleceram-se as normas DRIS respeitantes a cada base de dados considerada. A hipótese do valor r foi excluída, pela razão já anteriormente enunciada. No que diz respeito às funções das razões dos nutrientes, optou-se pela rejeição do método Beaufils (1973) modificado por Elwali & Gascho (1984), dado o facto dos dois outros métodos serem os mais promissores, segundo a bibliografia estudada. Para o método Beaufils (1973), a constante de sensibilidade escolhida foi 0,1 e para o de Jones (1981) foi 30, sendo estes números os que melhor funcionaram nos testes de interação de diferentes valores de k . O somatório das funções envolvendo cada nutriente não contemplou o cálculo do M-DRIS visto a reintrodução do efeito da idade do tecido foliar no processo de diagnóstico nutricional implicar a padronização da colheita de amostra, anulando uma das vantagens proposta pela metodologia DRIS original.

Os índices DRIS foram calculados para cada base de dados na totalidade dos seus nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn e B), ou numa seleção composta pelos seguintes elementos: N, P, K, Ca, Mg e B. A razão da eliminação dos micronutrientes da análise DRIS resulta da observação de valores excessivamente elevados, os quais sugerem contaminações, responsáveis por uma marcada influência no cálculo dos índices DRIS. Destes, manteve-se apenas o boro por ser um dos micronutrientes mais importantes na cultura da vinha. A classificação dos índices DRIS

obtidos foi efetuada de acordo com o referido no ponto 1.3.1 do Estabelecimento de padrões nutricionais para a cultura da vinha: Fase I.

2.3.1. Comparação das bases de dados obtidas

Para cada base de dados calcularam-se os índices de balanço nutricional (IBN), segundo as diferentes modalidades de cálculo. Esta metodologia foi aplicada aos resultados de análises foliares obtidos nas duas parcelas de vinha em estudo. A média do IBN para cada ano, estado fenológico e tratamento de fertilização, serviu como critério de comparação entre as diversas opções.

2.3.2. Estabelecimento de padrões nutricionais para a vinha

Perante os resultados comparativos das diferentes bases de dados criadas, selecionaram-se novos valores de normas (média, desvio padrão, coeficiente de variação) e variâncias a utilizar no cálculo dos índices DRIS na vinha. Mais uma vez, em relação à seleção da ordem de relação entre pares de nutrientes aplicou-se a metodologia do valor F, tendo sido verificadas as diferenças estatísticas entre a variância das relações para a razão entre a subpopulação de baixa produtividade e a população de referência.

2.4. Aplicação do Formulário DRIS: Fase II

2.4.1. Aplicação da metodologia DRIS às parcelas de vinha em estudo

Com o propósito de validar as normas até então obtidas, selecionaram-se duas parcelas de vinha, uma na Região dos Vinhos Verdes e outra na Região Demarcada do Douro, nas quais se aplicou, anualmente, a metodologia DRIS (Secção III.2.).

Nos anos agrícolas de 2009 e de 2010, os cálculos do DRIS foram realizados recorrendo às normas estabelecidas e baseadas na população A93, cuja metodologia se encontra descrita na Fase I. Para efeitos de análise consideraram-se as relações entre todos os nutrientes. Nos dois últimos anos deste trabalho, e após a criação de novas bases de dados e do estudo comparativo das normas por elas geradas, bem como dos índices DRIS e dos valores de IBN, selecionou-se a população A199 para o estabelecimento de padrões nutricionais. Além desta alteração, considerou-se a exclusão da análise dos micronutrientes Cu, Fe, Mn e Zn.

2.4.2. Aplicação da metodologia DRIS ao Critério de Intervalos de Suficiência

A metodologia DRIS, segundo as diferentes bases de dados, foi também aplicada ao cálculo dos índices DRIS para os valores estabelecidos para a vinha, segundo o Critério de Intervalos de Suficiência. Este procedimento tem como objetivo averiguar a concordância dos dois critérios de avaliação nutricional.

III.2. Aplicação da metodologia DRIS na Região dos Vinhos Verdes e na Região Demarcada do Douro

Nas páginas seguintes abordar-se-á a descrição dos materiais e dos procedimentos, adotados no decorrer dos ensaios de aplicação da metodologia DRIS, nas duas Regiões Demarcadas. Sempre que se justificar serão prestadas informações particulares relativas a cada um dos trabalhos.

1. Localização e caracterização das parcelas de ensaio

Realizado entre 2008 e 2012, o ensaio teve lugar em parcelas distintas pertencentes a duas regiões vitícolas situadas no Norte de Portugal: a Região Demarcada dos Vinhos Verdes e a Região Demarcada do Douro. Cada parcela foi selecionada por ter instalada uma vinha homogénea, em plena produção, e ter uma casta representativa da região.

1.1. A Estação Vitivinícola Amândio Galhano

Na Região dos Vinhos Verdes, a parcela que deu origem a este ensaio está situada na Estação Vitivinícola Amândio Galhano (EVAG) (Anexo V), *situ* na freguesia de Paçô, Concelho de Arcos de Valdevez, sub-região do Lima, e ocupa a Quinta de Campos de Lima, na margem direita do rio Lima, mesmo em frente a Ponte da Barca (Carvalho, 1997; Rota Verde, 2003). Situada a 41° 48' Norte de latitude e a 8° 25' Oeste de longitude, a sua altitude varia entre os 20 e os 100 metros, predominando os terrenos a 60 metros (Mota, 1992). A EVAG possui exposição a sul sendo o seu clima classificado como temperado e de moderada influência atlântica enquanto o tipo de solo é proveniente de rochas graníticas, de natureza ácida, arenoso, e com um teor de matéria orgânica médio (Armada, 1990; Mota, 1992).

1.1.1. A parcela Loureiro na Estação Vitivinícola Amândio Galhano

A parcela ocupada pelo ensaio é parte da folha C1, localizada de acordo com as coordenadas 41° 48' 48.97" Norte, 8° 24' 42.73" Oeste, com uma área total de 1,4 hectares (Pacheco, 1999) (Anexo V). O terreno encontra-se a 55 metros de altitude, apresenta um declive de 2% a 3% e uma exposição dominante a Sul (Pacheco, 1999, Maciel, 2005).

1.1.2. Material vegetativo

Pela sua importância na sub-região do Lima, selecionou-se como objeto de estudo a casta Loureiro. Esta casta branca, indígena da Região dos Vinhos Verdes, ocupa em Portugal uma área próxima de 3500 hectares, encontrando-se na posição n.º 10 no que respeita à área plantada (IVV, 2013). É a segunda casta mais importante na região sendo a área ocupada muito próxima da área da casta Arinto (3800 ha) (IVV, 2013).

As videiras da casta Loureiro foram enxertadas no porta-enxerto 196-17 CI, nos anos de 1989 e 1990.

Esta casta encontra-se caracterizada, no que respeita à Origem, Classificação, Descrição Morfológica, Fenologia e Potenciais vegetativo, agronómico e enológico no Anexo VI. De igual forma, o porta-enxerto 196-17 CI é descrito tendo em conta as suas características ampelográficas, de adaptação e de comportamento no mesmo Anexo.

1.1.3. Sistema de Condução

O compasso de plantação das videiras é de 2,5 metros por 2,5 metros, o que se traduz numa densidade de plantação de 1600 videiras/ha. A orientação das linhas é de Este-Oeste, respeitando o sentido dos ventos dominantes de sul, visto que a casta Loureiro é muito sensível à desnoça (Mota *et al.*, 2001).

A vinha está conduzida sob a forma de cordão simples ascendente e retombante, sem empa (Figura 1) (Mota, 1992; CVRVV, 2002). A cota do cordão ao solo ronda os 1,20 – 1,35m, havendo a assinalar mais dois níveis de arame, superiores ao nível do cordão, separados aproximadamente de 0,40 m.

Este cordão está associado a uma poda mista de vara e talão, sendo as três fiadas de arame, as responsáveis pelo suporte da vegetação ascendente (Mota *et al.*,

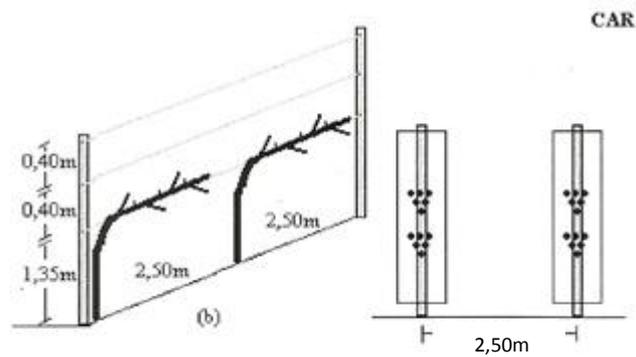


Figura 1. Cordão Ascendente e Retombante, com poda mista de vara e talão (Adaptado de Mota *et al.*, 2001).

2001). O método consiste em deixar varas de 4 a 5 olhos, orientadas principalmente de forma ascendente, intervaladas com talões de renovação, o que se traduz numa carga à poda de 40 000 olhos por hectare (Mota & Garrido, 2004).

Ao longo deste trabalho, e durante o ciclo vegetativo das videiras, foram realizadas intervenções em verde, tais como o acerto da carga à poda, a orientação da vegetação e a desponta, com o objetivo de proporcionarem a melhor distribuição das reservas, o arejamento, a exposição das folhas e dos cachos, para além de facilitarem a passagem das máquinas e a melhor penetração dos produtos fitossanitários (Mota & Garrido, 2004). No caso das despontas, optou-se por fazer duas por ano, de acordo com o estado de desenvolvimento da sebe.

A vinha possuía a entrelinha com enrelvamento baseado em flora espontânea até ao final da primavera. Posteriormente, procedia-se à mobilização do solo, ou recorrendo a uma cavadeira ou a uma fresa de eixo horizontal, sendo que, no caso da segunda hipótese, se optava ainda por uma escarificação do terreno, cerca de duas semanas após a primeira operação. De referir que a operação de mobilização do solo permitia também a incorporação dos adubos em profundidade. Ainda no mesmo período efetuou-se a aplicação de herbicida glifosato na linha.

1.1.4. Caracterização do solo

Segundo a terminologia usada pela Food and Agricultural Organization (FAO), na Quinta de Campos de Lima, os solos são do tipo cambissolos húmicos de associação 58 Bh-1, 2b (IGEF, s.d.). Estes solos caracterizam-se por não apresentarem aspetos crómicos e possuem horizonte A úmbrico que assenta sobre um horizonte B de acumulação (câmbico) ou diretamente sobre o substrato da rocha-

mãe, no caso do horizonte A ter, pelo menos, 25 cm de espessura (IGEF, s.d.). Os solos da associação acima referida resultam da meteorização do subsolo granítico apresentando, por vezes, algumas manchas de depósitos de areia junto às linhas de água. A textura é ligeira (1) ou mediana (2) e o relevo da sua superfície é moderado (b) (IGEF, s.d.).

Todavia, segundo Armada (1990), devido à ação antrópica aquando da instalação da vinha, a parcela onde o ensaio foi instalado, classifica-se atualmente como um antrossolo de surriba distrito normal. O seu solo profundo não apresenta riscos de erosão. A permeabilidade é moderadamente lenta e as drenagens interna e externas são regulares. O teor de coloides minerais é baixo e o de matéria orgânica é médio a baixo. A capacidade de armazenamento de água utilizável ronda os 171,2 mm, sendo considerada moderada. Este solo ácido apresenta baixo teor em azoto e potássio, muito baixa concentração de fósforo, e um reduzido teor de bases de troca, sendo estas moderada a fortemente lixiviadas. Como tal, o seu teor de matéria orgânica, associada à textura ligeira, não permite uma elevada retenção de água, o que implica problemas a nível da alimentação hídrica e mineral. Para a vinha existente na parcela, tendo em conta o seu grande desenvolvimento vegetativo, este facto pode ser negativo, implicando graves quebras na produção e na qualidade da vindima. Por esta razão, deve proceder-se à incorporação de matéria orgânica e de fertilizantes, sobretudo com o intuito de aumentar os teores de azoto, fósforo e potássio existentes no solo. Para além disso, a moderada capacidade de armazenamento de água utilizável pode conduzir à necessidade de rega em épocas de intenso défice hídrico.

1.1.5. Condições de fertilização pré-ensaio

Anualmente, nos anos precedentes à instalação do ensaio, na parcela C1 da EVAG era, normalmente, realizada uma fertilização ao solo. Como tal, recorrendo a um espalhador de adubo, procedia-se à distribuição de 37 UF/ha de N, 19 UF/ha de P_2O_5 , 42 UF/ha de CaO e 11 UF/ha de MgO.

1.1.6. Outras práticas culturais

Além dos procedimentos anteriormente descritos, normalmente no mês de abril, após a época de poda, era realizada uma fertilização ao solo da parcela, sendo excluídas as videiras do ensaio.

1.2. A Quinta de São Luiz

Na Região Demarcada do Douro, o ensaio teve lugar na Quinta de S. Luiz, propriedade da empresa Sogevinus Fine Wines S.A., situada na margem esquerda do rio Douro, perto do Pinhão, na Freguesia de Adorigo, Concelho de Tabuaço, e pertencente à sub-região de Cima-Corgo (Sogevinus Fine Wines, 2011) (Anexo V).

A Quinta de S. Luiz está localizada a 41° 09' Norte e a 7° 36' Oeste. A sub-região Cima-Corgo, onde a quinta está inserida, é climaticamente classificada de sub-húmida seca (Oliveira, 2006; Magalhães, 2008) sendo que o solo, de origem xistosa, se caracteriza pela elevada pedregosidade à superfície, textura do tipo franco-arenoso, franco-limoso ou limoso, teores baixos em matéria orgânica e fósforo extraível, valores médios a altos de potássio, e pH ácido ou pouco ácido (Magalhães, 2008).

1.2.1. A Parcela Touriga Nacional na Quinta de São Luiz

A parcela selecionada, localizada segundo as coordenadas 41° 09' 25.57" Norte e 7° 37' 19.94" Oeste, designa-se por Vinha ao Alto da Lobata e tem uma área útil de 1,40 ha, sendo que o ensaio ocupa apenas uma parte da mesma (Anexo V). Esta vinha ao alto encontra-se a uma altitude de 121 metros acima no nível do mar e apresenta uma inclinação entre 25% e 35%.

1.2.2. Material vegetativo

As 7369 videiras de Touriga Nacional, enxertadas em 1103P, foram plantadas no ano de 2000 e correspondem a 8 tipos de clones diferentes, distribuídos no terreno de forma aleatória. A Touriga Nacional, uma casta tinta autóctone portuguesa, apresenta características muito próprias, razão pela qual foi selecionada para este trabalho. É uma das mais nobres castas portuguesas ocupando uma área de 7163 hectares, sendo o 6.º lugar do *ranking* das castas mais utilizadas em território nacional (IVV, 2013). Como tal, está presente não só no Douro e no Dão, como também em todas as regiões vitícolas do país. Remete-se para o Anexo VI a sua caracterização, bem como a descrição do porta-enxerto 1103 P.

1.2.3. Sistema de Condução

As videiras de Touriga Nacional estão plantadas segundo uma orientação das linhas Este – Oeste, a um compasso de 1,9 por 1,0 metros, o que se traduz numa densidade de plantação de 5263 plantas/ha.

A vinha encontra-se conduzida em monopiano vertical ascendente (o mesmo que cordão simples ascendente – CSA) (Figura 2), que se caracteriza pela posição ascendente dos lançamentos bem como pela não divisão da sebe (Smart & Robinson, 1991; Carbonneau & Cargnello, 2003). É um sistema de fácil mecanização e que permite uma separação bem definida entre a zona de frutificação e a da extremidade dos pâmpanos, sendo muito adotado em locais onde o risco de doenças fúngicas é elevado (Smart & Robinson, 1991; Queiroz, 2002 a; Mota & Garrido, 2004). Para além disso, torna-se uma boa opção em terrenos pobres – caso das vinhas instaladas em encostas –, conhecidas por imprimirem reduzido vigor às videiras (Smart & Robinson, 1991; Mota & Garrido, 2004).

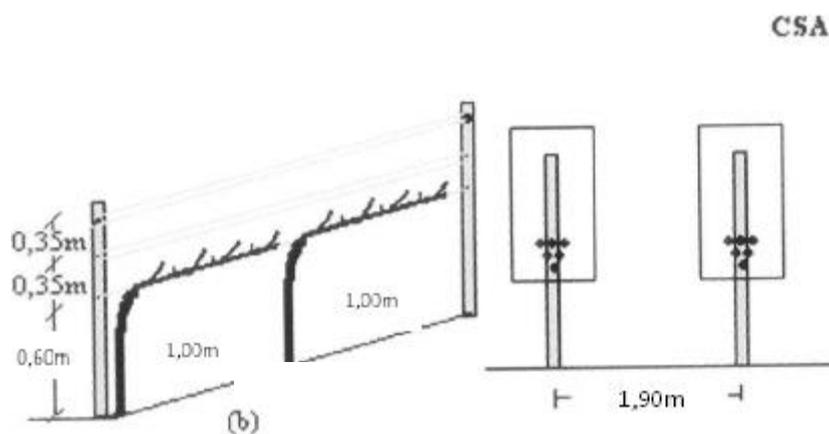


Figura 2. Cordão Simples Ascendente (Adaptado de Mota & Garrido, 2004).

O sistema de poda é o cordão Royat unilateral. Esta forma de condução, em cordão, assenta numa estrutura perene constituída por um tronco formado abaixo do arame de condução, o qual se situa a 0,6 – 0,7 metros acima do nível do solo e um braço disposto horizontalmente, assente no arame de condução (Queiroz, 2002 a). A poda é efetuada segundo talões, geralmente a dois olhos (Reynier, 1986; Queiroz, 2002 a). Cada cordão unilateral é composto por 5 a 6 talões, o que totaliza cerca de 10 a 12 olhos por cepa, traduzindo-se numa carga à poda por hectare variável entre 52 630 e 63 156 olhos. A respetiva vegetação é conduzida verticalmente e amparada em arames duplos amovíveis (Queiroz, 2002 a). A altura da parede vegetativa, depois de despontada no topo, pode alcançar entre 1,6 e 1,8 metros, em função da largura da entrelinha, do vigor do conjunto casta x porta enxerto e da fertilidade do solo (Queiroz, 2002 a). As unidades de frutificação encontram-se orientadas para cima e estão dispostas o mais equidistante possível com o propósito de criar uma sebe uniforme ao longo da linha (Queiroz, 2002 a). A maior vantagem deste sistema reside na facilidade e rapidez de execução da generalidade das operações culturais e, por outro lado, no

facto dos cachos ficarem mais expostos e acessíveis aos tratamentos (Mota & Garrido, 2004). É ainda um sistema adequado à poda mecânica (Mota & Garrido, 2004).

À semelhança da EVAG, foram também realizadas operações de desladramento, de orientação da vegetação e de despona, com o objetivo de proporcionar as melhores condições de crescimento e de maturação dos cachos.

O solo apresentava-se revestido com enrelvamento natural controlado, à semelhança do ensaio na Região dos Vinhos Verdes. A mobilização era realizada recorrendo a uma cavadeira ou, conforme os anos, procedia-se apenas ao seu corte mecânico. Na linha era aplicado glifosato.

1.2.4. Caracterização do solo

No que respeita à origem dos solos, à semelhança de grande parte da Região Demarcada, os solos da Quinta de S. Luiz pertencem à formação geológica do complexo xisto-grauváquico ante-ordovício (IVDP, 2009). Esta caracteriza-se pela dominância das texturas franco-arenosas fina, franco-limosa e limosa, com elevada quantidade de elementos grosseiros nos Antrossolos, tanto à superfície como no perfil, o que confere proteção contra a erosão hídrica, boa permeabilidade às raízes e à água, e elevada absorção de energia radiante com consequências positivas na maturação e na diminuição da amplitude térmica diurna (IVDP, 2009). Os teores de matéria orgânica são baixos (1,5%) e predomina a reação ácida (pH H₂O entre 4,6 e 5,5) e, em menor escala, pouco ácida (pH H₂O entre 5,6 e 6,5) (IVDP, 2009). Em ambos os casos, são baixos os valores de cálcio e de magnésio de troca. (IVDP, 2009). Em geral, os valores de fósforo extraível são muito baixos a baixos (<50 mg/kg) e os de potássio extraível são médios a altos (50 a 100 mg/kg) (IVDP, 2009).

1.2.5. Condições de fertilização pré-ensaio

A parcela da Lobata seguia, até à data do ensaio, uma orientação que se aproximava do modo de produção biológico. Por essa razão, não se efetuou qualquer adubação nos anos precedentes a este trabalho.

1.2.6. Outras práticas culturais

Nos dois últimos anos deste trabalho foi aplicado um tratamento de 95% (p/p) de Caulino, com o objetivo de proteger a cultura contra o escaldão provocado pelo *stress* térmico, através da formação de uma película de finas partículas minerais que atua

como barreira física. Procedeu-se também à rega da vinha, sempre que os técnicos de empresa o entenderam necessário, havendo condições para a sua realização.

2. Caracterização dos anos de ensaio

2.1. A Estação Vitivinícola Amândio Galhano

2.1.1. Observações fenológicas e caracterização climática

No decurso do ensaio foram registados os principais estados fenológicos segundo Baggiolini (no Anexo VII encontram-se sistematizados os estados da vinha segundo a escala de Baggiolini) - Abrolhamento, Floração, Pintor.

No que respeita à sua caracterização climática, genericamente, e segundo os dados obtidos na estação meteorológica mais próxima – Braga –, para o período entre 1951 e 1980, o clima do concelho de Arcos de Valdevez é temperado e moderado de influência atlântica (Pacheco, 1999; Mota, 2005; IGEF, s.d.). Este clima caracteriza-se por uma estação chuvosa e fria e outra quente e seca (Pacheco, 1999; Mota, 2005). Segundo a classificação climática de Thorntwaite, o clima da região, tendo por base os elementos da mesma estação, é do tipo A – B'2-s-a', que se assinala pelos seguintes aspetos: A – Super-húmido, quanto ao índice hídrico de valor igual a 112,4%; B'2 – Mesotérmico, quanto à evapotranspiração potencial de valor igual a 749 mm; s – deficiência moderada de água no verão, quanto ao índice de aridez de valor igual a 17,4%; a' – marítimo, quanto à eficiência térmica de Verão de valor igual a 44,1% (Pacheco, 1999; IGEF, s.d.). No Anexo VIII e nos Resultados e Discussão estão patentes os principais indicadores climáticos para o período de 1951 a 1980, segundo a estação meteorológica de Braga, apresentando-se igualmente a caracterização climática, referente aos quatro anos do estudo, com base nos dados recolhidos no posto meteorológico existente na Estação Vitivinícola Amândio Galhano. Para efeitos de caracterização climática, considerou-se como ano agrícola o período desde novembro a outubro.

2.1.2. Caracterização do potencial hídrico foliar

Neste ensaio, o potencial hídrico foliar (ψ_f) de base, isto é, o potencial da planta ao nascer do dia, altura em que os estomas estão fechados, permitindo a obtenção de uma estimativa do potencial hídrico do solo (Pereira, 1997), foi monitorizado no período entre a Floração e a vindima, recorrendo-se a uma câmara de pressão (SKYE-

SKPM 1400), conforme descrito por Scholander *et al.* (1965). Este método permite avaliar o estado hídrico de uma folha ou da planta em tempo real e no próprio campo, recorrendo-se para tal, à colheita de folhas adultas inseridas no terço médio do pânpano, expostas ao sol e em bom estado sanitário.

De forma a minimizar ao máximo o tempo entre o corte da folha e a medição do potencial hídrico, optou-se por localizar o equipamento o mais próximo possível das videiras a amostrar, evitando o aumento do *stress* hídrico. Cada folha recolhida foi colocada no interior da câmara de pressão de modo a que a extremidade do pecíolo ficasse exposta através do orifício existente na tampa. Após o enchimento da mesma com azoto sob pressão, com recurso a uma lupa, aguardou-se o aparecimento de fluxo xilémico na extremidade do pecíolo, o que indicava a existência de um equilíbrio entre as forças de retenção da água na folha e a pressão do gás. Nesse mesmo instante, interrompeu-se a entrada de gás na câmara e registou-se o valor da pressão atingido no seu interior, lido no manómetro digital. O valor do potencial hídrico foi expresso em MPa, acompanhado de um sinal negativo, indicativo das forças de retenção da água.

É de salientar que no ano de 2009, foram também medidos os valores de potencial hídrico ao longo do dia.

2.1.3. Caracterização sanitária

No que se refere aos tratamentos fitossanitários, assumiram todos os anos particular importância aqueles que se destinavam ao combate do míldio (*Plasmopara viticola*) e do oídio (*Uncinula necator*). Além destes, foram efetuados tratamentos contra a traça da uva (*Lobesia botrana*) e a cigarrinha-verde (*Empoasca vitis*), bem como contra a podridão (*Botrytis cinerea*). De todas as aplicações efetuadas, apresenta-se, mais detalhadamente no Anexo IX, informação acerca dos tratamentos fitossanitários que têm na sua composição alguns dos elementos nutricionais em análise neste trabalho.

2.2. A Quinta de São Luiz

2.2.1. Observações fenológicas e caracterização climática

À semelhança da EVAG, registaram-se os estados fenológicos de Abrolhamento, Floração e Pintor, segundo a classificação de Baggiolini (Anexo VII).

Em termos climáticos, a individualidade patente na bacia hidrográfica do Douro, que se caracteriza pela existência de invernos muito frios e verões muito quentes e secos, deve-se fundamentalmente às serras do Marão e de Montemuro, as quais funcionam como barreira à penetração dos ventos húmidos de oeste (IVDP, 2009).

Segundo a classificação de Thornthwaite, a Quinta de S. Luiz está localizada numa zona do tipo sub-húmido seco (C_1), mesotérmico (B'_3), com superavit moderado de água no Inverno (s) e eficiência térmica compreendida entre 48,0% e 51,9% ($b'4$) (Oliveira, 2006).

Encontram-se disponíveis para consulta no Anexo VIII, para o período de 1971 a 2000, os dados climáticos da estação meteorológica do Pinhão, situada a cerca de 10 Km da Quinta, assim como os dados obtidos nos anos em que decorreu o ensaio, provenientes do posto meteorológico da Quinta da Roeda, localizada no Pinhão, propriedade da empresa *The Fladgate Partnership*. A caracterização climática desde 2008 a 2012 é apresentada no capítulo Resultados e Discussão. Uma vez mais se considerou o ano agrícola o período decorrido entre novembro e outubro.

2.2.2. Caracterização do potencial hídrico foliar

À semelhança do descrito no ponto 2.1.2. referente à caracterização dos anos de ensaio, também na Quinta de S. Luiz se mediu o potencial hídrico da planta. O seu resultado foi expresso em MPa, acompanhado de um sinal negativo, indicativo das forças de retenção da água.

2.2.3. Caracterização sanitária

A vinha foi sempre tratada com produtos comerciais destinados a evitar infeções de míldio (*Plasmopara vitícola*) e de oídio (*Uncinula necator*). Por outro lado, a escoriose (*Phomopsis vitícola*), uma doença responsável por quebras na produção, quer pela não rebentação de muitos gomos, quer pela quebra de pâmpanos em pleno crescimento, foi também detetada na vinha estudada. Todavia, os prejuízos advindos desta doença foram considerados marginais. Mais uma vez, no Anexo IX, encontram-se listadas as aplicações fitossanitárias levadas a cabo em S.Luiz, que poderão ter influenciado, de algum modo, a fertilização efetuada nas videiras em estudo.

Em relação a pragas, há a realçar a importância da traça da uva (*Lobesia botrana*, *Eupoecilia ambiguella*). Como estratégia de proteção, em relação a este inseto, seguiu-se o método da confusão sexual, pela aplicação de difusores de feromona no terreno.

3. Instalação e manutenção do ensaio

3.1. Delineamento experimental

Neste trabalho, estudaram-se quatro modalidades distintas de fertilização foliar. A saber,

a) TEST – Testemunha

b) CIS – Avaliação dos resultados de análises foliares, segundo o Critério de Intervalos de Suficiência

c) DRIS 1 – Avaliação dos resultados de análises foliares, segundo o método DRIS proposto por Beaufils (1973)

d) DRIS 2 – Avaliação dos resultados de análises foliares, segundo o método DRIS proposto por Jones (1981)

Em ambas as parcelas, com vista a reduzir a variação local decorrente de eventuais gradientes de fertilidade resultantes do aumento de espessura do solo, associados à diminuição do declive das parcelas, bem como outros aspetos inerentes à própria parcela, optou-se por um delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. Cada um dos blocos era constituído por oito bardos de vinha, isto é, quatro linhas que representavam as quatro modalidades a estudar, havendo sempre de permeio um bardo de guarda evitando, assim, que as plantas instaladas marginalmente pudessem ser influenciadas pelos diferentes tratamentos experimentais contíguos. De modo a evitar o efeito de outras variáveis no estudo, decidiu-se ainda excluir os pés de vinha iniciais e finais de cada bloco, assim como as linhas de bordadura.

Cada talhão experimental, correspondente a parte de uma linha, era composta por 10 ou 15 videiras – conforme se tratava da Região Demarcada dos Vinhos Verdes ou da Região Demarcada do Douro, respetivamente –, de vigor médio, tendo sido marcadas no terreno de forma permanente. Em resultado deste delineamento experimental, realizado em blocos completos casualizados tipo Split-Plot com medidas repetidas, obtiveram-se, por parcela, 16 talhões experimentais.

Nos anos agrícolas de 2011 e de 2012, optou-se por subdividir os talhões experimentais em duas parcelas, numa delas foi feita uma adubação ao solo segundo as análises de terra do próprio ano, e na outra não houve qualquer intervenção ao nível da fertilização ao solo, formando-se então um novo modelo de delineamento experimental muito semelhante ao Split-Split-Plot.

De referir que a recolha de dados teve como base todas as videiras selecionadas, sendo expressa a média das observações realizadas. Contudo, sempre que as determinações o implicavam, recorreu-se a menor número de registos, englobando apenas algumas videiras selecionadas para esse efeito.

A instalação do ensaio nas duas parcelas encontra-se esquematizada em Anexo (Anexo X). A informação referente à análise estatística e ao tratamento dos resultados estão descritos no ponto 8. Análise estatística e tratamento de dados.

3.2. Fertilização Foliar

A fertilização foliar foi realizada assim que os resultados das análises foliares à Floração eram conhecidos, coincidindo normalmente com o período compreendido entre o estado de Bago de ervilha (Estado K segundo a escala de Baggiolini – Anexo VII) e o estado de Cacho fechado (Estado L de Baggiolini – Anexo VII), conforme se representa na tabela 9.

Tabela 9. Calendário de aplicações foliares em cada parcela.

Parcela	Ano	Data	Fenologia
EVAG	2009	13 de julho	Cacho fechado (L)
	2010	18 de junho	Alimpa (J)
	2011	31 de maio	Bago de ervilha (K)
	2012	22 de junho	Bago de chumbo/ Bago de ervilha (K)
QTA S. LUIZ	2009	2 de julho	Cacho fechado (L)
	2010	15 de junho	Alimpa (J)
	2011	3 de junho	Bago de ervilha (K)
	2012	19 de junho	Bago de chumbo/ Bago de ervilha (K)

Nota: Na coluna referente à fenologia, as letras maiúsculas entre parênteses representam a notação fenológica segundo a escala de Baggiolini.

O planeamento da fertilização foliar foi estabelecido de modo a que os cálculos para a elaboração da calda tivessem em conta, não só as necessidades em nutrientes estimadas a partir dos resultados da análise de folhas colhidas à Floração e analisadas de acordo com as diferentes metodologias, mas também as formulações comerciais e as doses recomendadas dos produtos aplicados, assim como a área a tratar. Por essa razão, a seleção dos fertilizantes foi um processo criterioso no qual se

considerou a riqueza destes no nutriente que se pretendia veicular. De forma a evitar reações adversas decorrentes da mistura de diferentes fertilizantes, decidiu-se aplicar separadamente cada um dos seguintes nutrientes: azoto, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, ferro, manganês, zinco e boro. Nas tabelas 10 e 11 representa-se o plano de fertilização foliar seguido nas duas parcelas em análise. Esclarece-se ainda que, no planeamento da fertilização segundo o CIS foram, normalmente, considerados aqueles nutrientes cujas concentrações à altura da Floração foram classificadas como baixas. Ainda assim, analisando o conceito de fertilização numa perspetiva global, sempre que o teor de algum macronutriente se encontrava próximo do limite inferior do intervalo, decidiu-se fertilizar. Em relação ao DRIS, recorreu-se ao *software* de recomendação para realizar simulações, nas quais se suplementava, em cada passo, o nutriente mais limitante até que o valor de IBN obtido fosse o mais baixo possível.

Tabela 10. Fertilização foliar (UF/ha) seguida na EVAG (dose de calda de 800 l/ha).

Nutriente	2009			2010			2011			2012		
	CIS	D1	D2	CIS	D1	D2	CIS	D1	D2	CIS	D1	D2
	UF/ha											
N	0,35	0,30	0,28	0,43	0,40	0,30	0,10	0,15	0,15	0,25	-	-
P ₂ O ₅	0,09	0,47	0,41	0,24	0,38	0,50	-	0,30	0,56	0,21	0,32	0,18
K ₂ O	-	-	-	0,78	1,51	1,32	-	-	-	0,78	0,39	-
CaO	0,28	0,18	0,23	-	0,04	-	0,26	0,35	0,35	0,05	-	0,04
MgO	0,12	0,46	0,46	-	0,44	0,30	-	-	0,13	-	-	0,05
Cu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	0,03	0,03	-	0,03	-	-	0,12	-	-	0,03	-	-
Mn	-	0,20	0,37	-	0,26	0,37	-	-	-	-	-	-
Zn	-	-	-	-	-	0,02	-	-	-	-	-	-
B	0,08	0,08	0,09	-	-	-	-	-	-	0,08	0,04	0,08

Nota: "-" Ausência de aplicação.

Tabela 11. Fertilização foliar (UF/ha) seguida em S. Luiz (dose de calda de 800 l/ha).

Nutriente	2009			2010			2011			2012		
	CIS	D1	D2	CIS	D1	D2	CIS	D1	D2	CIS	D1	D2
	UF/ha											
N	0,86	0,42	0,51	0,84	0,88	1,02	0,33	0,62	1,05	1,44	0,24	0,62
P ₂ O ₅	-	0,59	0,30	-	0,37	0,33	-	0,24	0,59	-	-	-
K ₂ O	2,71	0,97	1,82	2,71	2,64	3,88	2,09	2,95	3,88	2,71	2,48	2,25
CaO	0,33	0,27	0,28	0,35	0,38	0,45	0,25	0,38	0,48	0,07	-	0,11
MgO	-	0,14	0,15	0,21	-	0,60	-	-	-	-	-	-
Cu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	0,12	0,01	-	0,12	0,01	0,02	-	-	-	-	-	-
Mn	-	0,02	-	-	0,02	0,03	-	-	-	-	-	-
Zn	-	-	-	-	0,02	0,14	-	-	-	-	-	-
B	0,03	0,04	0,04	0,06	0,07	0,08	-	-	0,06	0,06	-	0,07

Nota: "-" Ausência de aplicação.

O procedimento de aplicação foliar destes fertilizantes foi realizado por dois operadores que fertilizavam em simultâneo a mesma linha de ambos os lados, recorrendo a um pulverizador de dorso. Em relação ao número de plantas a adubar, definiu-se que na Região dos Vinhos Verdes iriam ser pulverizadas 15 videiras, por cada talhão experimental, enquanto na Região Demarcada do Douro tratar-se-iam 30 plantas. O volume de calda foi de 800 l/ha.

De forma a complementar os resultados, em cada área de ensaio, foram distribuídos, aleatoriamente, papéis hidrosensíveis de 26 × 76 mm (Oliveira *et al.*, 2004), com a finalidade de comparar a qualidade e a uniformidade das aplicações efetuadas nas modalidades a testar.

3.3. Fertilização ao Solo

Nos anos agrícolas de 2011 e de 2012, optou-se por subdividir os talhões experimentais em duas partes. Numa delas foi feita uma adubação ao solo, de acordo com as análises de terra desse mesmo ano, e na outra não houve qualquer intervenção ao nível do solo.

Na EVAG, a aplicação dos fertilizantes foi feita mecanicamente, com distribuidor de adubo sendo que, nas zonas de fronteira entre sub-modalidades (3 cepas) se decidiu fazer a aplicação localizada, junto à linha, evitando assim contaminações indevidas. Em S. Luiz, no ano de 2011, a fertilização foi feita manualmente, junto à linha. Todavia, no ano seguinte, a opção recaiu sobre fertirrigação. Para tal, com o intuito de compensar o declive da parcela e dado que a vinha não tinha instalado nenhum sistema de rega, fez-se um covacho imediatamente acima de cada videira, de modo a permitir a adubação no local.

A fertilização ao solo teve lugar nos meses de março e abril, tendo a fertirrigação sido prolongada desde abril a agosto, segundo um esquema de aplicações quinzenais.

Nas tabelas seguintes (Tabelas 12, 13 e 14) encontram-se resumidas as fertilizações ao solo realizadas nas duas parcelas de vinha estudadas.

Tabela 12. Esquema de fertilização ao solo (UF/ha) seguido na EVAG.

Nutriente	Ano 2011	Ano 2012
	(UF/ha)	
N	7,5	43,9
P ₂ O ₅	27,8	38,5
K ₂ O	15,0	-
CaO	20,5	74,9
MgO	2,1	12,8
B	0,321	-

Nota: "-" Ausência de aplicação.

Tabela 13. Esquema de fertilização ao solo (UF/ha) seguido em S. Luiz no ano de 2011.

Nutriente	Ano 2011
	(UF/ha)
N	29,0
P ₂ O ₅	58,0
K ₂ O	87,0
CaO	21,8
MgO	14,5
Cu	0,014
Fe	0,375
Mn	0,175
Zn	0,035
B	0,033
Mo	0,015

Nota: "-" Ausência de aplicação.

Tabela 14. Esquema de fertirrigação (UF/ha) seguido em S. Luiz no ano de 2012.

Nutriente	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Total anual
	UF/ha					
N	0,45	0,315	1,35	0,315	1,35	3,78
K ₂ O	5,65	4,65	4,65	4,65	4,65	24,25
CaO	-	-	1,8	-	1,8	3,6
MgO	-	1	-	1	-	2
Fe	-	0,005	-	0,005	-	0,01
Mn	-	0,005	-	0,005	-	0,01
Zn	-	0,002	-	0,002	-	0,004
B	-	0,025	-	0,025	-	0,05
Mo	-	0,0001	-	0,0001	-	0,0002

Nota: "-" Ausência de aplicação.

4. Meios de análise e de diagnóstico nutricional

4.1. Colheita e análise de amostras de terras

Em cada ano, no período Outono/Inverno, recolheram-se amostras de terras de cada um dos blocos existentes. As 6 subamostras, representativas de cada bloco, foram colhidas observando um esquema do tipo zig-zague. Segundo as normas de colheita de amostras de terras definidas pelos manuais de Proteção Integrada (Anexo I), cada ponto de amostragem foi limpo de ervas, de pedras e de detritos vegetais. Posteriormente, abriu-se uma cova e colheu-se terra entre os 0 cm e os 50 cm de profundidade. Cada subamostra foi colhida com o auxílio de uma sonda e colocada num balde de plástico. Finalmente, depois da terra bem homogeneizada e livre de pedras, bem como de outros detritos de dimensão considerável, retirou-se uma porção de 0,5 kg, a qual foi colocada num saco de plástico limpo, devidamente identificado, e enviada para análise aos seguintes parâmetros: textura, pH (H₂O), pH (KCl), matéria orgânica, azoto total, fósforo extraível, potássio extraível, necessidade em cal, condutividade elétrica, cálcio extraível, magnésio extraível, complexo de troca: Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, capacidade de troca catiónica, acidez de troca, soma das bases de troca, percentagem de saturação, e micronutrientes: ferro extraível, cobre extraível, manganês extraível, zinco extraível e boro solúvel em água.

Estas análises foram efetuadas na empresa EOR, Laboratório de Análises Químicas, Lda. O procedimento seguido para a determinação de cada um dos parâmetros, de acordo com a síntese apresentada na tabela 15, encontra-se descrito no Anexo III. Por sua vez, a interpretação dos resultados foi, sempre que possível, realizada de acordo com as orientações do Manual de Fertilização das Culturas do Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva (INIAP, 2006), fruto da recolha e adaptação de informação de trabalhos de investigação de vários autores.

Convém ressaltar que, em ambas as parcelas, nos anos de 2011 e de 2012, por razões logísticas e/ou financeiras, não foi possível analisar todos os parâmetros descritos na tabela indicada. Refira-se ainda que, em 2012, em cada campo experimental, se efetuou a colheita de duas amostras de terra independentes, uma correspondente à zona fertilizada e outra na zona não fertilizada.

Tabela 15. Parâmetros de análise de terras e respetivos métodos analíticos.

Parâmetros	Unidades	Métodos analíticos (Extração/Determinação)
<u>Análise Sumária</u>		
Textura		Manual /Gomes & Silva (1962)
pH (H ₂ O)		Suspensão solo:água 1:2,5 (m/v) / Potenciometria
pH KCl		Suspensão solo:KCl 1N 1:2,5 (m/v) / Potenciometria
Matéria Orgânica	%	Walkley-Black / Tinsley
Fósforo extraível	ppm P ₂ O ₅	Egner – Riehm e Ácido ascórbico / EAA
Potássio extraível	ppm K ₂ O	Egner – Riehm / EAA
Necessidade em cal	CaCO ₃ t/ha	Taboadela e Ojea
Condutividade elétrica	mS/cm (25°C)	Suspensão solo:água 1:2 (m/v) / Condutivimetria (ISO 11265:1994)
Cálcio extraível	ppm Ca	Acetato de amónio 1 M a pH 7,0 / EAA
Magnésio extraível	ppm Mg	Acetato de amónio 1 M a pH 7,0 / EAA
<u>Complexo de Troca</u>		
Cálcio (Ca ²⁺)	cmol(+)/kg	Acetato de amónio 1M (pH=7) / EAA
Magnésio (Mg ²⁺)	cmol(+)/kg	Acetato de amónio 1M (pH=7) / EAA
Sódio (Na ⁺)	cmol(+)/kg	Acetato de amónio 1M (pH=7) / EEC
Potássio (K ⁺)	cmol(+)/kg	Acetato de amónio 1M (pH=7) / EEC
Capacidade de troca catiónica	cmol(+)/kg	Destilação
Acidez de troca	cmol(+)/kg	Cálculo
Soma das bases de troca	cmol(+)/kg	Cálculo
Percentagem de saturação	%	Cálculo
<u>Micronutrientes</u>		
Ferro extraível	ppm Fe	Lakanen & Erviö (1971)
Cobre extraível	ppm Cu	Lakanen & Erviö (1971)
Manganês extraível	ppm Mn	Lakanen & Erviö (1971)
Zinco extraível	ppm Zn	Lakanen & Erviö (1971)
Boro solúvel em água	ppm B	Água fervente
<u>Outras</u>		
Azoto total	ppm N	Kjeldhal modificado (ISO 11261:1995)

4.2. Colheita e análise de amostras de folhas

Inicialmente, nos dois campos de ensaio, as amostras de folhas foram colhidas em cinco períodos pré-definidos: Prefloração, Floração, aplicações foliares (0 dias), 10 e 20 dias após as aplicações foliares. Todavia, nos dois últimos anos de ensaio, de forma a evitar não só a desfolha excessiva das plantas, mas também a reduzir o elevado custo associado às determinações analíticas em laboratório, decidiu-se suprimir a colheita ao 10.º dia após a aplicação dos adubos foliares, já que os

resultados obtidos nos anos anteriores mostraram nada acrescentar aos dados adquiridos.

Na primeira época de amostragem realizou-se uma colheita por modalidade. Pelo facto das videiras se encontrarem no estado de Prefloração, ainda pouco desenvolvidas, optou-se por colher um total de 40 pecíolos provenientes de folhas adultas e opostas ao primeiro cacho basal, para cada tratamento, independentemente do bloco. Nas colheitas posteriores, retirou-se de cada talhão experimental uma amostra constituída por 30 pecíolos de folhas opostas aos cachos basais. De referir que, tendo em conta os mesmos objetivos aquando da supressão da colheita de amostras de folhas ao 10.º dia após as aplicações foliares, a partir de 2011, foi decidido simplificar a recolha de folhas na data de aplicação dos adubos foliares. Assim, nesta época, em cada um dos ensaios, efetuou-se apenas uma colheita por cada modalidade.

O procedimento de colheita de folhas seguido foi adaptado das normas de Proteção Integrada para a vinha que se encontram descritas em Anexo (Anexo II. Colheita de amostras de folhas para análise na cultura da vinha).

As amostras foram enviadas para a empresa EOR, Laboratório de Análises Químicas, Lda., a qual foi responsável pela análise das amostras segundo os parâmetros seguintes: azoto total (N), fósforo total (P), potássio total (K), cálcio total (Ca), magnésio total (Mg), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e boro (B). No Anexo IV, descreve-se o procedimento seguido nas determinações analíticas, de acordo com a tabela 16.

Tabela 16. Parâmetros de análise de folhas e respetivos métodos analíticos.

Parâmetros	Unidades	Métodos analíticos (Extração/Determinação)
<u>Macronutrientes</u>		
Azoto total, N	%	Semi-micro de Kjeldahl
Fósforo Total, P	%	Digestão nitro-peróxida / ICP-OES
Potássio Total, K	%	Digestão nitro-peróxida / ICP-OES
Cálcio Total, Ca	%	Digestão nitro-peróxida / ICP-OES
Magnésio Total, Mg	%	Digestão nitro-peróxida / ICP-OES
<u>Micronutrientes</u>		
Cobre, Cu	ppm	Digestão nitro-peróxida / ICP-OES
Ferro, Fe	ppm	Digestão nitro-peróxida / ICP-OES
Manganês, Mn	ppm	Digestão nitro-peróxida / ICP-OES
Zinco, Zn	ppm	Digestão nitro-peróxida / ICP-OES
Boro, B	ppm	Digestão nitro-peróxida / ICP-OES

4.3. O diagnóstico nutricional de acordo com as metodologias estudadas

4.3.1. A modalidade Testemunha – TEST

A modalidade testemunha serviu como grupo controlo, não tendo sido efetuada qualquer fertilização foliar ao longo do período em que decorreu o ensaio.

4.3.2. O Critério de Intervalos de Suficiência – CIS

O Critério de Intervalos de Suficiência baseia-se no estabelecimento de intervalos de valores para cada nutriente considerado, acima ou abaixo dos quais um elemento é classificado, respetivamente, como alto ou baixo. Agronomicamente, tais desvios, em relação aos valores definidos, significam perdas de vigor, de rendimento e até de qualidade.

Os valores para cada cultura são definidos pela bibliografia e, no caso da cultura da vinha em Portugal, os Intervalos de Suficiência estão publicados no Manual de Fertilização das Culturas do Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva (INIAP, 2006), conforme explicitado na tabela 8. Os resultados analíticos, referentes a esta modalidade, foram interpretados de acordo com as normas publicadas e os nutrientes classificados como baixos, suficientes ou altos.

4.3.3. O Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação – DRIS

O Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação assenta no cálculo de índices para cada nutriente, considerando a sua relação com os demais. Neste ponto decidiu-se avaliar os resultados de análises foliares, segundo os métodos propostos por Beaufils (1973) – DRIS 1 e o formulário apresentado por Jones (1981) – DRIS 2. Nos anos de 2009 e de 2010 as normas foram estabelecidas a partir da população A93, optando-se por considerar todos os nutrientes analisados. Em 2011 e 2012, para o estabelecimento de padrões nutricionais, selecionou-se a população A199. No cálculo dos índices DRIS, optou-se pela exclusão dos micronutrientes Cu, Fe, Mn e Zn.

A interpretação dos índices obtidos é realizada de acordo com a seguinte classificação: entre -15 e +15 os nutrientes encontram-se em concentrações adequadas; se o índice for inferior a -15 há uma condição de carência latente desse nutriente e, quando menor que -30, assume-se que existe carência. Se, em oposição, o índice se situar entre +15 e +30 considera-se que o nutriente contribui apenas para

consumo de luxo; caso seja superior a +30, esse elemento é classificado como excessivo.

5. Medições eco-fisiológicas

5.1. Caracterização do coberto vegetal

Neste trabalho, a fim de avaliar o coberto vegetal efetuaram-se medições da área foliar, da dimensão do coberto vegetal e da superfície foliar exposta, bem como do número de camadas de folhas e de cachos expostos.

5.1.1. Área foliar

Para o cálculo da área foliar total (AFT), foram selecionadas quatro videiras em cada talhão experimental. Nas plantas escolhidas marcou-se, de forma permanente, um pântano frutífero médio, cuja área foliar foi acompanhada ao longo do ciclo vegetativo, nos seguintes estados fenológicos: Floração, Pintor e Maturação. Para tal, utilizou-se a metodologia proposta por (Lopes & Pinto, 2005), a qual será abaixo descrita. Em primeiro lugar, contabilizou-se o número de folhas do pântano principal e o número de folhas total das netas, tendo sempre presente que cada neta deveria ter no mínimo 2 folhas para que fosse elegível. De seguida, selecionaram-se as folhas maior e menor, quer no pântano, quer nas netas. Nestas mediu-se o comprimento da nervura dos lóbulos laterais superiores esquerdo (L2e) e direito (L2d). De referir ainda que o critério de seleção da folha menor assentava num valor mínimo de comprimento de nervura igual a 1 cm.

5.1.2. Dimensões do coberto vegetal e Superfície foliar exposta

Em cada talhão experimental avaliou-se a dimensão do coberto vegetal, considerando a sebe contínua e retangular, de acordo com o proposto por Smart & Robinson (1991). Este procedimento teve lugar ao Pintor, altura em que a sebe já estava completamente desenvolvida, e foi executado com o auxílio de uma vara de plástico graduada em centímetros, tendo-se registado os seguintes parâmetros:

a) altura da sebe (H) – desde a zona inferior da folhagem até ao topo da sebe, obtendo-se deste modo a altura da folhagem

b) largura da sebe ao nível da zona dos cachos (Lc)

c) largura da sebe no topo da vegetação (Lt).

Posteriormente, foi calculado o valor médio de cada parâmetro por talhão experimental e a superfície foliar exposta (SFE), mediante o proposto por Smart & Robinson (1991).

5.1.3. Número de camadas de folhas e de cachos expostos

Também ao Pintor foi determinada a densidade do coberto vegetal, através da medição do número de camadas de folhas (NCF), tendo-se seguido o método designado por *Point Quadrat*, descrito por Smart & Robinson (1991). Para o efeito introduziu-se, de modo transversal à vegetação, uma vareta metálica na sebe. Os contactos foram anotados sequencialmente, tendo em consideração os órgãos da videira tocados, segundo dois níveis – nível dos cachos e nível vegetativo –, correspondente a meia altura da sebe. Nos registos, optou-se por escrever F, C ou B, sempre que existiu um contacto com uma folha, um contacto com um cacho ou a ausência de contacto (buraco), respetivamente.

Esta determinação foi realizada de forma aleatória, segundo intervalos regulares pré-determinados.

Os dados recolhidos permitiram a avaliação da porosidade da sebe, através do cálculo do número de camadas de folhas ($NCF = \text{número total de folhas tocadas/número de inserções}$), da percentagem de folhas interiores ($PFI = \text{número total de folhas interiores/número total de folhas contactadas} * 100$), da percentagem de cachos interiores ($PCI = \text{número total de cachos interiores/número total de cachos} * 100$), e da percentagem de buracos ($PB = \text{número total de buracos/número total de inserções} * 100$).

6. Componentes do rendimento

6.1. Índice de fertilidade potencial

No período posterior ao Abrolhamento e antes da Floração realizou-se a despampa. Com o objetivo de adequar o número de pâmpanos ao vigor de cada planta, este procedimento, consistiu na supressão dos ramos menos interessantes do ponto de vista vitícola (tais como os não frutíferos, os da extremidade da vara e aqueles cuja inserção na vara é deficiente), fomentando, assim, a distribuição equilibrada dos pâmpanos ao longo do braço da videira. Nesse sentido, definiu-se que, para a vinha de Touriga Nacional o ideal seria que cada videira apresentasse 12 a 14 pâmpanos e para a casta Loureiro 23 a 26 olhos abrolhados.

Adicionalmente, somou-se o número de inflorescências de cada videira, o que permitiu o estabelecimento do índice de fertilidade potencial (IFP), que se traduz pela fórmula seguinte: $IFP = \text{número de inflorescências} / \text{número de olhos abrolhados}$.

6.2. Registos dos componentes do rendimento à vindima

A evolução do controlo de maturação, nos dois campos de ensaio, levou a uma tomada de decisão acerca da melhor data de vindima nos diferentes anos. Assim sendo, nessa data, atualizou-se a contagem dos cachos e pesou-se o vindimado de cada videira. Na RDVV fez-se ainda uma avaliação do estado sanitário e vigoroso das uvas e das videiras, principalmente no que respeita à *Botrytis cinerea* bem como à esca e na RDD observou-se o grau de escaldão das plantas. Para efeitos de comparação, apresentam-se ainda valores de produção locais, regionais e nacionais.

7. Componentes do Vigor e da Expressão Vegetativa

7.1. Carga à poda e percentagem de abrolhamento

Pela altura da poda contabilizou-se o número de olhos deixados à poda por unidade de área (ou carga à poda). A par desta determinação, a recolha do número de olhos não abrolhados em cada cepa permitiu estabelecer a percentagem de abrolhamento através da aplicação da seguinte fórmula: $\% \text{ abrolhamento} = (\text{olhos abrolhados} / \text{olhos à poda}) \times 100$.

7.2. Peso da lenha de poda e peso médio das varas

Após a queda das folhas contabilizou-se o número de varas de cada uma das videiras selecionadas. Posteriormente, procedeu-se à poda das cepas, tendo sido pesada a lenha da poda de cada videira. Para tal, recorreu-se a uma balança eletrónica de 50 kg (Kern CH50K50). Estabeleceu-se, por fim, o valor médio do peso da vara.

7.3. Relações entre a Frutificação e a Vegetação

Os dados recolhidos durante o período de desenvolvimento vegetativo permitiram o cálculo do Índice de Ravaz, cujo objetivo é o de quantificar o equilíbrio entre a frutificação e a vegetação de cada uma das modalidades estudadas. Através dos dados recolhidos à vindima e dos valores da superfície foliar exposta (SFE),

foi também estabelecido o quociente SFE/Produção, em m²/kg. Por fim, determinou-se a razão entre a área foliar total (AFT) e a Produção (cm²/kg).

Todas as relações aqui enunciadas constituem diferentes formas de comparação entre o equilíbrio da produção e do crescimento vegetativo.

8. Componentes da qualidade

8.1. Avaliação da evolução da maturação e da qualidade da vindima

De forma a avaliar a qualidade das uvas, foram efetuadas, regularmente, medições qualitativas e testes de maturação (Tabela 17), recorrendo à avaliação de um conjunto de características físicas e químicas dos frutos. Esta avaliação teve início cerca de 3 a 4 semanas antes da data provável de vindima, altura em que as videiras se encontravam já no estado fenológico N, na escala de Baggiolini, correspondendo, portanto, ao cacho maduro. Realizaram-se sempre três controlos de maturação, intervalados por cerca de 7 dias, coincidindo o último com a data de vindima. Os parâmetros avaliados foram os seguintes: peso médio do bago, teor em açúcares, pH e acidez total. Na vindima da RDVV, foi ainda determinada a concentração de ácidos tartárico e málico. Na RDD, quantificaram-se as antocianinas, os taninos e o índice de polifenóis totais. A descrição detalhada da metodologia de avaliação da maturação pode ser consultada no Anexo XI.

Tabela 17. Parâmetros de análise de frutos e respetivos métodos analíticos.

Parâmetros	Unidades	Métodos analíticos
Peso médio do bago	gramas	Pesagem em Balança analítica
Teor em Açúcares	° Brix	OIV AS2-02 – Refratometria ou OIV-MA-AS2-01A – Densimetria
Acidez Total	g/L	OIV 1373/86 – Titulação com soda decinormal
pH		OIV AS313-15 – Potenciómetro
Ácido tartárico	g/L	FTIR – Espectrometria de infravermelho com transformada de Fourier
Ácido málico	g/L	FTIR – Espectrometria de infravermelho com transformada de Fourier
Teor de Antocianinas Totais	mg/L	Ribéreau-Gayon & Stonestreet (1965)
Índice de polifenóis totais (IPT)		Ribéreau-Gayon <i>et al.</i> (1982)
Teor de Taninos	mg/L	Ribéreau-Gayon & Stonestreet (1966)

9. Análise estatística e tratamento de dados

Numa fase inicial da análise de dados, as observações anormais consideradas *outliers* foram excluídas pela aplicação do teste de Grubbs (Grubbs, 1969). A análise estatística da maioria das medições eco-fisiológicas e dos componentes do rendimento, do vigor e da expressão vegetativa referente aos delineamentos experimentais Split-plot e Split-split-plot foi realizada de acordo com o descrito por Little & Hills (1972). Para a primeira análise de variância considerou-se o ano como plot principal e o tratamento como sub-plot. Com a subdivisão do ensaio de acordo com o desenho experimental de Split-split-plot, que foi introduzido no ensaio a partir de 2011, houve necessidade de desenvolver uma análise de variância mais complexa na qual a fertilização ao solo é tratada como um sub-sub-plot. Sempre que a interação entre dois fatores foi significativa, construiu-se uma nova tabela onde se retrata essa ligação de uma forma pormenorizada. Nestes casos efetuou-se uma análise de variância simples, ano a ano. Em todas as tabelas apresentadas no capítulo seguinte, encontram-se representadas as médias e os erros-padrão da média bem como a estatística de cada fator analisado. A probabilidade dos valores F calculados – representada por p, foi estabelecida para o valor menor ou igual a 5% e sempre que a estatística revelou diferenças significativas aplicou-se o teste de Duncan, de forma a identificar quais os parâmetros estatisticamente diferentes para uma probabilidade de 5% (Duncan, 1955). Apesar do elevado número de dados recolhidos e de tabelas geradas, para melhor compreensão destes procedimentos apresenta-se no Anexo XII, a título de exemplo, a tabela da análise de variância para o delineamento experimental mencionado.

De referir ainda que toda esta análise foi precedida da verificação dos pressupostos para a sua utilização: 1) a aleatoriedade da amostra, 2) a normalidade da distribuição das populações de dados utilizando os testes de Kolmogorov-Smirnov (Chakravarti *et al.*, 1967) e de Shapiro-Wilk (Shapiro & Wilk, 1965), e 3) a homogeneidade entre as variâncias, através do teste de Levene (Levene, 1960).

Os cálculos acima mencionados de análise exploratória de dados e de natureza estatística foram desenvolvidos com recurso ao programa Statistical Package for the Social Sciences – SPSS Statistics 20 (IBM, 2012). Sempre que se revelou conveniente, os resultados foram apresentados em forma de gráfico, o qual foi construído através das funcionalidades disponibilizadas pelo programa Excel (Microsoft, 2010).

III.3. A nutrição vitícola avaliada através de técnicas de deteção remota com sensores de proximidade

1. Medições com espectrorradiómetro portátil

Nas medições de refletância da sebe, usou-se um espectrorradiómetro portátil (ASD FieldSpec UV/VNIR – ultravioleta, visível e infravermelho próximo), com amplitude de medição entre 325 nm e 1075 nm do espectro eletromagnético e IFOV cónico (Campo angular da câmara – *Field of view*) de cerca de 25°. Este aparelho foi configurado para um tempo de integração de 136 ms e para a gravação de dez ficheiros de refletância por ponto. Cada um dos dez ficheiros de refletância gravados por ponto foi automaticamente comparado com a refletância previamente medida sobre um alvo branco de referência, sendo esta placa considerada como tendo um valor de refletância próximo de 100% sobre todo o espectro eletromagnético (alvo Lambertiano).

Esta metodologia foi aplicada nos anos de 2011 e de 2012, tendo as medições sido efetuadas na fase de plena expansão vegetativa das videiras, ou seja, de maio a setembro. As folhas selecionadas pertenciam à zona de frutificação, estavam maduras e completamente desenvolvidas. Estas avaliações foram efetuadas em dias de céu limpo entre as 10h00 e as 15h00, tendo sido sempre analisadas três folhas provenientes de três videiras diferentes pertencentes à mesma sub-modalidade.

Pela representação dos ficheiros acima mencionados, o espectrorradiómetro gerou um gráfico representativo das curvas de refletância da vegetação no ponto considerado, nas bandas do vermelho (RED) e do infravermelho próximo (NIR).

Na tabela 18, para cada medição de refletância da sebe, em análise neste trabalho, e para os anos de 2011 e de 2012, encontram-se sumarizados os estados fenológicos e as datas de colheita de folhas mais próximos da data de medição da refletância de cada parcela. Importa ter presente que, para além das datas de amostragem acima referidas, existiram outras datas previstas para a medição da refletância das videiras. Todavia, há que referir que alguns condicionalismos impossibilitaram ou a colheita de dados ou a sua elegibilidade para análise. Foram eles: a reduzida fiabilidade das ligações dos cabos do espectrorradiómetro e,

Tabela 18. Calendário de medições da refletância e dos parâmetros eco-fisiológicos de cada parcela.

Parcela	Ano	Medição Espectro-radiómetro	Fenologia	Data colheita folhas
EVAG	2011	22 de julho	Pintor (M)	19 de junho (20d)
	2012	11 de julho	Cacho Fechado (L)	11 de julho (20d)
QTA S. LUIZ	2011	22 de junho	Cacho Fechado (L)	22 de junho (20d)
	2012	30 de maio	Floração (I)	30 de maio (Floração)

Nota: Na coluna referente à fenologia, as letras maiúsculas entre parênteses representam a notação fenológica segundo a escala de Baggioini. A indicação 20d significa 20 dias após a aplicação do fertilizante foliar.

por conseguinte, a sistemática interrupção no funcionamento do aparelho; a exigência de, pelo menos, mais uma pessoa no campo; a dificuldade na obtenção de condições climatéricas ótimas para a colheita de dados (em especial na Região dos Vinhos Verdes); e a aplicação de Caulino na Quinta de S. Luiz.

2. Cálculo de índices de vegetação aplicados às parcelas em análise

Os dados de refletância obtidos foram usados para calcular inúmeros índices aplicados à vegetação. Qualquer um deles resulta da média de três observações efetuadas para cada um dos diferentes tratamentos considerados, nas duas parcelas em estudo.

De entre os índices referenciados na Revisão Bibliográfica apresentar-se-ão aqueles que, após uma cuidada análise dos gráficos gerados com as diferentes variáveis selecionadas, demonstraram uma tendência e um coeficiente de determinação (R^2) superiores, sugerindo serem mais vantajosos na identificação de relações de referência (nutricionais ou outras). Por essa razão, no caso particular da EVAG, os índices apresentados são o NDVI, o GM_1 , o GM_2 e o Gitelson Chl_1 . Por seu turno, para a Quinta de S. Luiz, apresentam-se os índices de vegetação NDVI, GVI, GM_1 e Gitelson Chl_1 . Acrescente-se que, para o cálculo do NDVI se assume a média da refletância entre os 540 a 560 nm, como valor de infravermelho e, como infravermelho próximo, a média do comprimento de onda entre 780 a 900 nm, os mesmos valores fornecidos pelo satélite LANDSAT o que, a resultar numa boa relação, poderá ser um ponto de partida para calcular índices de vegetação de um modo mais expedito. No caso do índice Gitelson Chl_1 empregaram-se as refletâncias medidas aos 571 nm e 746 nm, de acordo com o proposto por Meggio *et al.* (2010).

IV. Resultados e Discussão

IV.1. Estabelecimento de normas DRIS para a cultura da vinha

Na fase I deste capítulo foi desenvolvido um *software* que possibilita a aplicação do DRIS na interpretação dos resultados analíticos de um laboratório, estabeleceram-se normas DRIS preliminares para a cultura da vinha, e averiguou-se a concordância entre as normas DRIS e o Critério de Intervalos de Suficiência para a vinha.

Na fase II procedeu-se à criação de novas bases de DRIS maiores e mais atualizadas. O impacto de cada uma delas foi testado e comparado no que diz respeito à sua composição, ao seu tamanho e ao número de nutrientes considerados. À semelhança da primeira fase, calcularam-se os índices DRIS dos valores mínimos, máximos e médios do Critério de Intervalos de Suficiência.

1. Estabelecimento de padrões nutricionais para a cultura da vinha: Fase I

1.1. Desenvolvimento do *software* de fertilização (DRIS)

Conforme referido, a aplicação criada para o cálculo dos índices DRIS foi idealizada de modo a ser o mais flexível possível. Nas páginas seguintes serão apresentadas e comentadas as interfaces do programa para as diferentes fases do processo de cálculo de índices DRIS.

Inicialmente, para que o programa possa calcular as normas DRIS, é necessário selecionar qual a referência a usar. Esta referência é importada de um documento Excel (Microsoft, 2010), o qual poderá ser atualizado ou modificado sempre que o utilizador o considere conveniente. Por essa razão, este *software* pode ser aplicado a qualquer cultura e ter por base um número infinito de combinações de observações de subpopulações. Posteriormente, é necessário escolher qual o documento Excel (Microsoft, 2010) de onde serão extraídas as amostras e respetivas concentrações foliares, que servirão de base ao cálculo dos índices DRIS (Figuras 3 e 4).

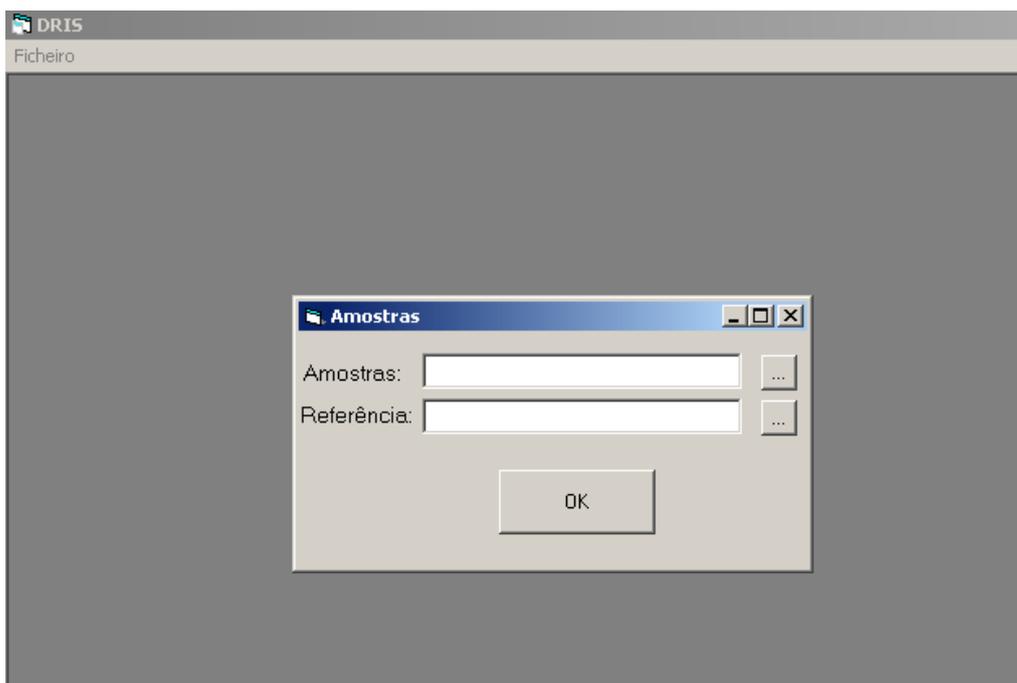


Figura 3. Seleção da referência e do documento para o cálculo das normas DRIS.

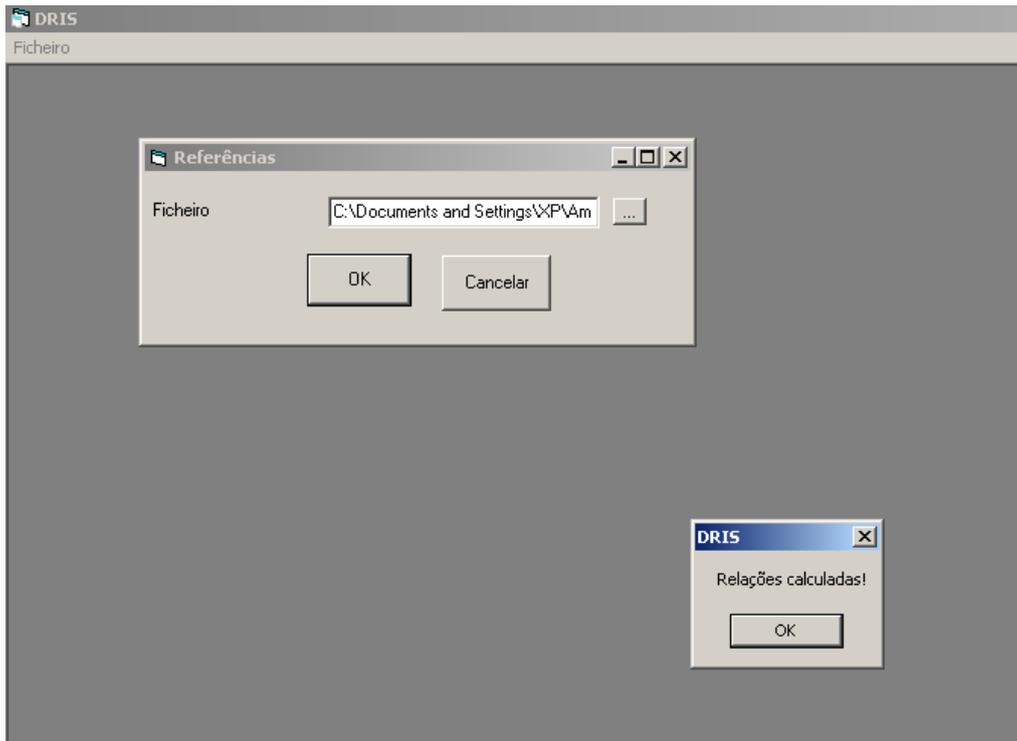


Figura 4. Cálculo das relações de referência.

Na janela que o programa abre em seguida, é possível escolher os nutrientes que se pretendem incluir nos cálculos dos índices DRIS (Figura 5).

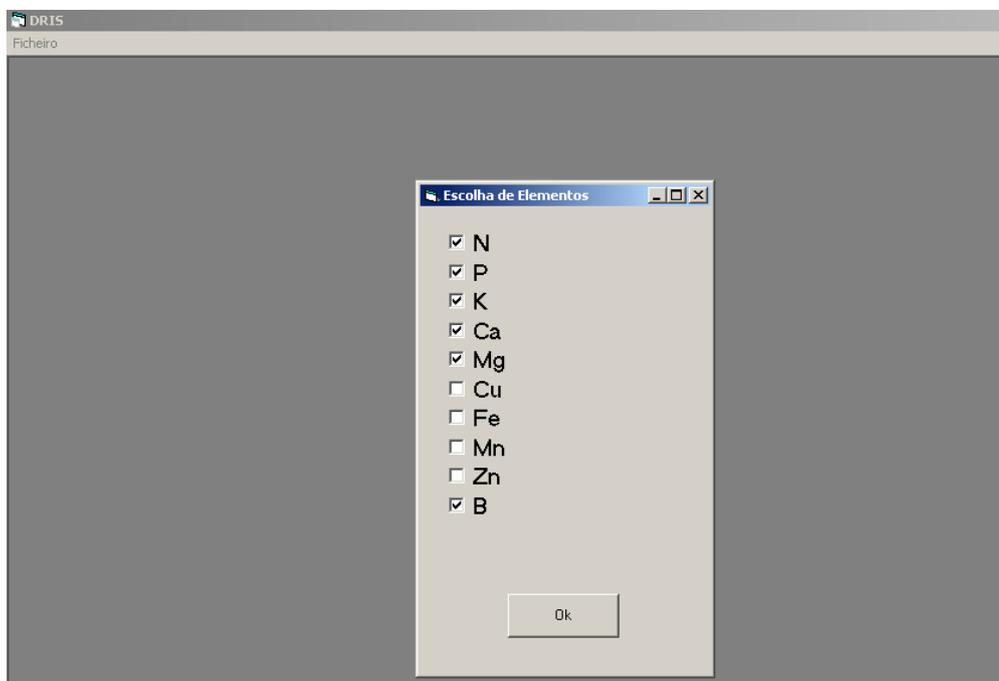


Figura 5. Opção de seleção de nutrientes para o cálculo dos índices.

O programa apresenta-nos a ordem das relações considerada para cada par de nutrientes (Figura 6). Todavia, é possível alterar manualmente a relação escolhida. Nesta etapa, seleciona-se também o modelo das funções das razões de nutrientes e define-se a constante de sensibilidade a aplicar.

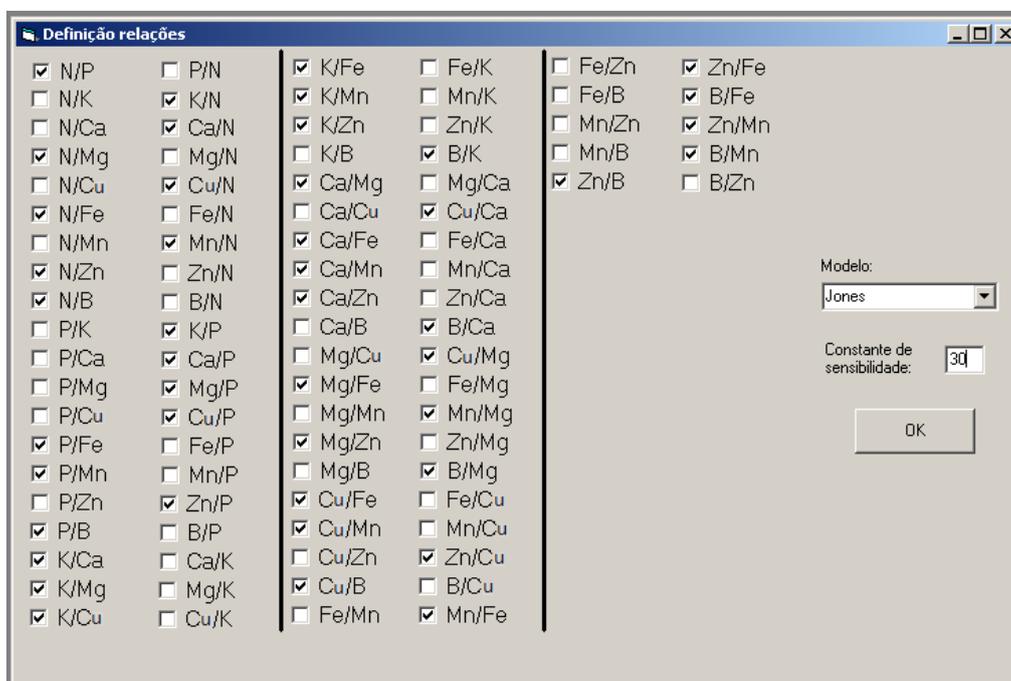


Figura 6. Etapa de escolha das razões dos nutrientes, do modelo DRIS e da constante de sensibilidade.

No *output* final gerado pela aplicação, além do valor dos índices DRIS para cada nutriente, do índice de balanço nutricional (IBN) e do índice de balanço nutricional médio (IBN_m), surge igualmente uma representação gráfica dos índices. O gráfico foi desenvolvido considerando a escala que classifica os nutrientes em: i) adequados (índices entre -15 e +15), segundo barras horizontais de cor verde; ii) carência latente ou consumo de luxo (índices entre -30 e -15 ou entre +15 e +30), assinalados com a cor amarela; ou iii) fora da classificação (valores inferiores a -30 indicam carências e superiores a +30 apontam excessos), cuja representação gráfica se faz a vermelho.

Na figura 7, apresentam-se dois exemplos das várias possibilidades de classificação gráfica dos índices DRIS segundo este *software*.

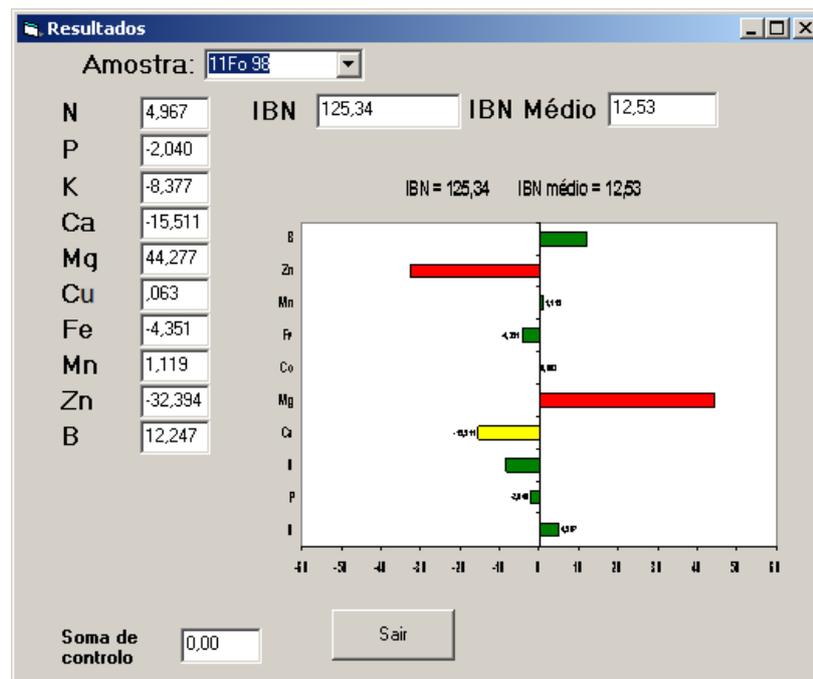
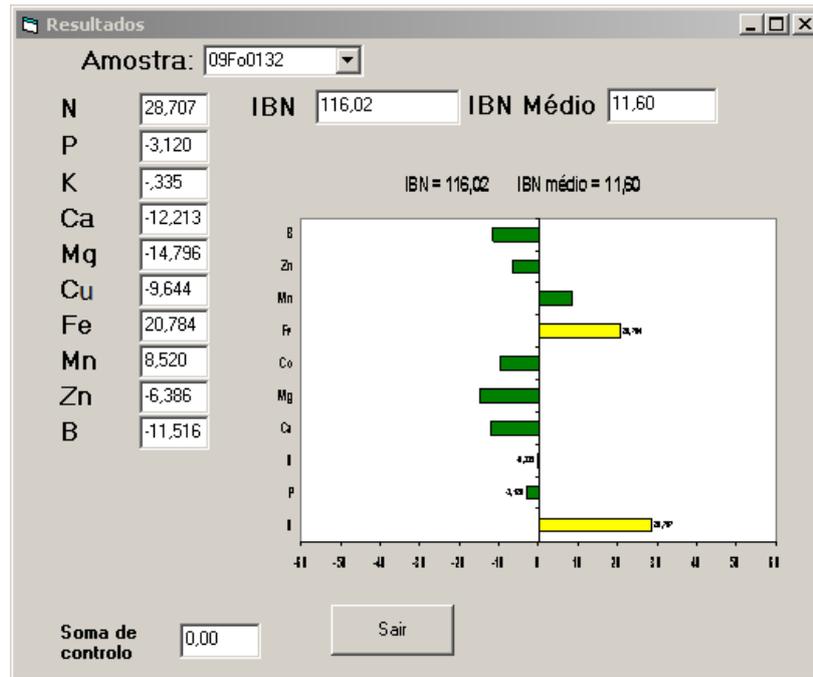


Figura 7. Cálculo dos índices DRIS de duas amostras (Exemplos 1 e 2).

Na janela intitulada “Amostra” pode ler-se o nome ou a referência interna da análise foliar selecionada. Junto a cada nutriente surge o índice DRIS respetivo e, nas células do “IBN” e do “IBN Médio” apresentam-se, respetivamente, o índice de balanço nutricional e a média do índice de balanço nutricional. O programa gera ainda um gráfico que permite, de uma forma muito simples, constatar quais os nutrientes que se encontram fora dos limites definidos, aqueles que estão em situação de carência latente ou consumo de luxo e os que apresentam um nível adequado. Para tal, basta ter em atenção as cores de cada nutriente bem como a sua tendência negativa ou positiva face ao valor zero representado no gráfico.

Em jeito de apreciação global do *software* DRIS, desenvolvido e testado neste trabalho, refira-se que foi ultrapassado um dos maiores entraves à implementação do método DRIS segundo inúmeros autores, tais como Jones (1981), IPNI (2007) ou McCray *et al.* (2013), o qual se prende com o grande número de cálculos a usar. Além disso, o interface simples e intuitivo permitiu facilitar o acesso a esta ferramenta. Quando comparado com outros *softwares* idênticos, este programa destaca-se pela sua operacionalidade e versatilidade, em relação aos padrões e amostras a considerar, já que permite a importação de dados de um qualquer ficheiro Excel, independentemente da cultura em análise ou até dos métodos laboratoriais utilizados. Apesar de considerar e selecionar, por defeito, todos os nutrientes contemplados bem como as relações mais interessantes entre eles, torna também possível a escolha personalizada dos nutrientes ou das suas razões. O método de cálculo DRIS (Beaufils (1973), Beaufils modificado por Elwali & Gascho (1984), e Jones (1981)), e a constante de sensibilidade a aplicar podem igualmente ser alterados. Em relação ao *output*, este é de fácil leitura, podendo permitir a exportação dos dados para outros programas. Crê-se que, futuramente, se pode melhorar a fiabilidade do programa informático, uma vez que apenas funciona corretamente em Windows XP. Este deverá ser desenvolvido no sentido de permitir a realização de simulações de fertilização, de acordo com o próprio método DRIS para que o programa possa, por fim, ser disponibilizado *on-line*, estando acessível a qualquer utilizador.

1.2. Estabelecimento de padrões nutricionais para a vinha

As normas, ainda que preliminares, para a cultura da vinha em Portugal, estabelecidas com base nos resultados obtidos neste trabalho, encontram-se discriminadas na tabela 19. Conforme se pode observar, as relações nutricionais ou mesmo os valores obtidos em território continental não são iguais aos publicados e referidos na bibliografia por Chelvan *et al.* (1984), Sharma *et al.* (2005), ou Martín *et al.* (2013), para *Vitis vinifera* L., o que seria de esperar dada, não só, a variabilidade de valores encontrados na bibliografia, mas também o facto da videira ser uma cultura perene. Como tal, questões como o armazenamento de nutrientes em diferentes órgãos, bem como as desordens nutricionais que podem afetar as plantas cumulativamente ao longo dos anos, conduzem a uma alteração da resposta esperada em relação a uma determinada aplicação de fertilizantes, tal como já comprovado por Schaller *et al.* (2002), Terra *et al.* (2002), e Martín *et al.* (2013). Por outro lado, questiona-se ainda a universalidade das normas DRIS. Se bem que alguns estudos

Tabela 19. Normas DRIS – média e coeficiente de variação (%) – para as relações escolhidas entre nutrientes na amostra de vinha.

Relação escolhida	Norma	CV (%)
N/P	2,276	58,79
N/K	0,504	71,03
N/Ca	0,501	55,69
N/Mg	1,212	61,72
Cu/N	0,802	44,39
N/Fe	0,297	57,24
Mn/N	0,043	67,44
N/Zn	0,201	51,74
N/B	0,279	82,44
K/P	0,275	67,27
Ca/P	0,240	38,33
Mg/P	0,600	50,67
P/Cu	0,438	58,45
P/Fe	0,148	67,57
P/Mn	0,025	92,00
Zn/P	0,110	66,36
P/B	0,130	45,38
K/Ca	1,216	59,05
K/Mg	3,470	99,28
K/Cu	2,041	63,94
K/Fe	0,817	107,96
K/Mn	0,107	78,50
K/Zn	0,490	54,29
K/B	0,664	70,33
Ca/Mg	2,740	63,80
Ca/Cu	1,883	52,47
Ca/Fe	0,696	81,32
Ca/Mn	0,115	102,61
Ca/Zn	0,467	53,53
Ca/B	0,597	57,79
Mg/Cu	0,825	67,64
Mg/Fe	0,308	81,17
Mg/Mn	0,048	114,58
Mg/Zn	0,194	52,58
Mg/B	0,289	121,45
Cu/Fe	0,429	79,02
Cu/Mn	0,067	104,48
Cu/Zn	0,293	92,15
Cu/B	0,403	96,28
Mn/Fe	0,195	82,56
Zn/Fe	0,980	97,24
B/Fe	1,167	73,35
Zn/Mn	6,949	77,59
B/Mn	9,471	81,29
B/Zn	1,595	87,84

como o de Sumner & Beaufils (1975), ou o de Sumner (1979), defendam que as normas *standard* deverão ser generalistas, na realidade, mais uma vez se verifica que as normas são valores suscetíveis de variar consoante as condições (edáficas, climáticas, posição geográfica, variedades e porta-enxertos utilizados, etc.) para as quais são definidas, de acordo com o explicitado por variadíssimos autores como Beverly (1991), Tomé (2001) ou Maeda (2004). Acrescenta-se ainda que outros fatores como a dimensão da população selecionada ou a idade da folha amostrada poderão igualmente exercer alguma influência nos resultados alcançados. Todavia, neste trabalho, os riscos decorrentes destes dois parâmetros foram minimizados pelo uso de uma base de dados representativa e detalhada, assim como pela escolha do período de amostragem condizente com o de outros critérios de análise nutricional usualmente utilizados. Ainda assim, o coeficiente de variação apresenta valores elevados, espelhando a enorme variabilidade dos resultados nutricionais obtidos. Um último aspeto relacionado com o estabelecimento de normas nutricionais e referido por Martín *et al.* (2013), está associado à dificuldade na obtenção de índices DRIS para a cultura da videira que tenham também em conta um critério relacionado com a qualidade da produção já que este será tão ou mais importante do que a quantidade de uvas produzidas. Tal razão levou-nos a avaliar qualitativamente as amostras recolhidas.

1.3. Aplicação do Formulário DRIS: Fase I

1.3.1. Aplicação da metodologia DRIS ao Critério de Intervalos de Suficiência

Para efeitos de comparação entre as duas metodologias, aplicou-se o formulário DRIS aos valores dos Intervalos de Suficiência definidos para a cultura da vinha. A base de dados utilizada foi a A93 (Tabela 20).

Analisando os índices DRIS gerados pela aplicação dos diferentes métodos ao cálculo dos valores definidos pela bibliografia como Intervalos de Suficiência para a cultura da vinha, o método Beaufils (1973), atribui valores mais elevados de IBN para o mesmo intervalo analisado. Tais resultados indicam que as plantas apresentam um maior desequilíbrio nutricional pela interpretação do DRIS segundo o método Beaufils, comparativamente aos restantes métodos. Por seu turno, a modificação proposta por Jones é caracterizada por uma faixa de variação, entre os limites inferior e superior do intervalo, muito reduzida. Pela aplicação do método de Elwali & Gascho (1984) obtêm-se resultados intermédios.

Tabela 20. Índices DRIS obtidos pelos métodos Beauflis (1973), Elwali & Gascho (1984) e Jones (1981) aplicados aos valores inferior, superior e médio do Critério de Intervalos de Suficiência para a vinha.

Método Beauflis (1973)											
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	B	IBN
Inferior	11,70	3,03	15,99	7,87	-14,68	-3,78	33,07	-63,98	1,77	9,00	164,88
Superior	-25,99	-56,42	-14,27	-11,64	-59,25	49,50	144,12	-33,32	16,93	-9,65	421,10
Médio	-11,84	-38,90	-5,95	-6,75	-44,75	35,81	104,84	-38,82	11,20	-4,83	303,67
Método Elwali & Gascho (1984)											
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	B	IBN
Inferior	7,43	11,79	15,87	8,84	-2,41	6,11	0,00	-57,42	1,46	8,33	119,66
Superior	-22,81	-56,55	-3,75	-13,49	-58,65	51,30	117,12	-20,04	10,07	-3,20	356,99
Médio	-12,06	-40,50	2,40	-9,55	-44,14	37,74	83,52	-23,65	8,04	-1,80	263,39
Método Jones (1981)											
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	B	IBN
Inferior	25,91	-5,50	20,09	12,87	-20,15	-6,16	22,07	-62,93	-0,28	14,08	190,04
Superior	-5,60	-17,33	-6,91	1,10	-21,54	39,82	31,49	-31,04	18,37	18,15	181,55
Médio	3,62	-15,74	-2,59	1,48	-22,23	31,24	30,34	-37,06	13,61	-2,67	160,55

Considerando os valores mínimo e máximo teóricos do Critério de Intervalos de Suficiência que definem os intervalos ótimos entre os quais se deve situar a concentração dos respetivos elementos, e aplicando-se a metodologia DRIS a estes valores, como se de uma amostra se tratasse, verifica-se a ausência de concordância entre os diferentes critérios de análise e interpretação do estado nutricional da vinha. Esta afirmação explica-se pelos valores de IBN obtidos, os quais são bastante distintos de zero, o valor ótimo segundo a metodologia DRIS.

2. Estabelecimento de padrões nutricionais para a cultura da vinha (atualização): Fase II

2.1. Comparação das bases de dados obtidas

No Anexo XIII apresentam-se, para cada uma das seis bases de dados consideradas, as médias dos índices de balanço nutricional (IBN), em relação a um determinado tratamento num estado fenológico considerado e respeitante a cada um dos quatro anos de ensaio. Além disso, comparam-se ainda os valores de IBN considerando a inclusão de todos os nutrientes ou de apenas uma seleção desses. Pela análise dos valores apresentados, conclui-se que a opção de selecionar apenas os nutrientes N, P, K, Ca, Mg e B para o cálculo dos índices DRIS, parece ser a mais interessante, já que os valores de IBN se tornam consideravelmente mais baixos para a mesma amostra. Tais dados sugerem que os micronutrientes excluídos estariam em

níveis de contaminação, implicando que, por razões de cálculo, outros se apresentassem em excesso, apesar de tal não ser verdade. Estes falsos diagnósticos foram já referenciados como uma desvantagem, especialmente em plantas perenes (Elwali & Gascho, 1984; Beverly, 1993, Bataglia, 2003, Mourão Filho, 2004). Por essa razão, conforme sugerido por autores como Bataglia (2003), ou Nachtigall (2004), optou-se por eliminar dos cálculos os nutrientes cujos teores pudessem traduzir situações de contaminação.

Em relação aos seis conjuntos de dados testados, apresentados na tabela em anexo, observa-se que os resultados variam ligeiramente conforme a parcela ou o formulário DRIS ao qual são aplicados. Das três bases de dados compostas por 93 observações, é a A93 aquela que aparenta resultar melhor. Todavia, cada uma destas bases apresenta, em casos pontuais, níveis de IBN muito elevados, especialmente quando comparadas com as bases de dados maiores, de 199 observações. Ao analisar as três amostras com 199 vinhas, constata-se que há um ganho inequívoco no cálculo dos índices DRIS, que resulta do aumento do número de observações, conforme o sugerido por alguns estudiosos do DRIS, tais como Letzsch & Sumner (1984), os quais defendem que os melhores bancos de dados são os maiores, os mais aleatórios e aqueles que apresentam um número substancial de observações de alta produtividade. Além disso, observa-se também que a própria constituição da base de dados é responsável pela obtenção de diferentes índices DRIS para as mesmas amostras. No que diz respeito à análise das três bases de dados com 199 amostras consideradas, verifica-se que apesar de semelhantes, a A199 é mais equilibrada, razão pela qual foi a selecionada no decorrer deste estudo.

2.2. Estabelecimento de padrões nutricionais para a vinha

Os padrões nutricionais definidos, segundo a base de dados A199, encontram-se descritos na tabela 21.

Ao comparar as normas obtidas na Fase I do estabelecimento dos índices DRIS (Tabela 19) com as da tabela precedente, constata-se que o coeficiente de variação das segundas apresenta, em mais de 50% das situações, um valor inferior ao das normas iniciais o que é um bom indicador dado que quanto menor este coeficiente, maior será a precisão do diagnóstico (Beaufils, 1973; Veloso, 1995; Sharma *et al.*,

Tabela 21. Normas DRIS atualizadas – média e coeficiente de variação (%) – para as relações escolhidas entre nutrientes na amostra de vinha.

Relação escolhida	Norma	CV (%)
N/P	2,670	182,51
N/K	0,540	70,37
N/Ca	0,594	50,34
N/Mg	1,349	64,79
Cu/N	0,977	59,26
N/Fe	0,440	75,68
Mn/N	0,060	123,33
N/Zn	0,217	47,00
N/B	0,278	72,30
K/P	0,281	58,72
Ca/P	0,297	48,15
Mg/P	0,678	60,03
P/Cu	0,507	57,00
P/Fe	0,235	89,79
P/Mn	0,030	96,67
Zn/P	0,115	56,52
P/B	0,132	48,48
K/Ca	1,322	51,51
K/Mg	3,209	85,01
K/Cu	2,134	56,42
K/Fe	0,977	81,37
K/Mn	0,135	120,00
K/Zn	0,485	50,93
K/B	0,603	66,17
Ca/Mg	2,483	60,65
Ca/Cu	1,830	54,10
Ca/Fe	0,781	69,53
Ca/Mn	0,119	113,45
Ca/Zn	0,423	53,19
Ca/B	0,501	56,69
Mg/Cu	0,873	58,76
Mg/Fe	0,372	68,01
Mg/Mn	0,053	109,43
Mg/Zn	0,193	51,30
Mg/B	0,252	103,97
Cu/Fe	0,546	103,48
Cu/Mn	0,079	146,84
Cu/Zn	0,283	96,82
Cu/B	0,363	106,34
Mn/Fe	0,203	169,95
Zn/Fe	0,815	103,68
B/Fe	0,887	82,30
Zn/Mn	6,190	76,28
B/Mn	7,935	87,30
B/Zn	1,449	79,50

2007). Ainda assim, a magnitude dos resultados encontrados para esta medida de dispersão é superior à desejável, demonstrando uma grande variabilidade de concentrações de nutrientes, assim como a necessidade de um maior número de dados para que se confirme esta observação (Veloso, 1995; Morales, 2004).

2.3. Aplicação do formulário DRIS: Fase II

2.3.1. Aplicação da metodologia DRIS às parcelas de vinha em estudo

Os resultados decorrentes da aplicação da metodologia DRIS às duas parcelas de vinha seleccionadas são apresentados, em detalhe, na secção IV.2..

2.3.2. Aplicação da metodologia DRIS ao Critério de Intervalos de Suficiência

Pela aplicação da metodologia DRIS aos valores do Critério de Intervalos de Suficiência, desta feita considerando as seis bases de dados criadas bem como a hipótese de incluir no cálculo todos os nutrientes ou apenas uma parte destes, obtiveram-se os valores apresentados nas tabelas 22 e 23. Os números dizem respeito ao valor médio do IBN para cada situação considerada.

Tabela 22. Índices DRIS obtidos pelos métodos Beaufigs (1973), e Jones (1981), aplicados aos valores inferior, superior e médio dos Intervalos de Suficiência para a Vinha, considerando todos os nutrientes.

Método Beaufigs (1973) Base A93											
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	B	IBN
Inferior	11,70	3,03	15,99	7,87	-14,68	-3,78	33,07	-63,98	1,77	9,00	164,88
Superior	-25,99	-56,42	-14,27	-11,64	-59,25	49,50	144,12	-33,32	16,93	-9,65	421,10
Médio	-11,84	-38,90	-5,95	-6,75	-44,75	35,81	104,84	-38,82	11,20	-4,83	303,67
Método Jones (1981) Base A93											
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	B	IBN
Inferior	25,91	-5,50	20,09	12,87	-20,15	-6,16	22,07	-62,93	-0,28	14,08	190,04
Superior	-5,60	-17,33	-6,91	1,10	-21,54	39,82	31,49	-31,04	18,37	18,15	181,55
Médio	3,62	-15,74	-2,59	1,48	-22,23	31,24	30,34	-37,06	13,61	-2,67	160,55
Método Beaufigs (1973) Base B93											
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	B	IBN
Inferior	14,44	-28,31	2,14	0,07	-24,90	-8,81	42,53	-7,61	-2,74	13,18	144,73
Superior	-20,93	-81,67	-28,81	-21,53	-83,35	43,93	178,47	10,33	11,67	-8,12	488,79
Médio	-8,07	-64,19	-17,64	-14,86	-64,11	28,05	130,88	4,29	6,65	-1,01	339,74

Tabela 22. Índices DRIS obtidos pelos métodos Beaufils (1973), e Jones (1981), aplicados aos valores inferior, superior e médio dos Intervalos de Suficiência para a Vinha, considerando todos os nutrientes (cont.).

Método Jones (1981) Base B93											
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	B	IBN
Inferior	29,79	-18,07	5,47	-1,54	-25,29	-14,73	31,02	-12,47	-7,28	13,11	158,77
Superior	-1,25	-23,69	-14,70	-10,15	-34,58	32,46	43,24	-2,61	18,25	-6,96	187,88
Médio	6,84	-23,47	-11,55	-10,40	-33,14	28,31	41,59	-4,38	9,70	-3,51	172,87
Método Beaufils (1973) Base C93											
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	B	IBN
Inferior	13,09	-27,78	-3,73	5,65	-19,91	-13,84	51,40	-11,93	-1,03	8,09	156,46
Superior	-30,15	-95,62	-35,57	-13,64	-69,15	35,70	204,20	2,26	15,08	-13,11	514,46
Médio	-13,96	-73,38	-24,01	-7,98	-52,86	21,19	150,57	-2,32	8,72	-5,96	360,93
Método Jones (1981) Base C93											
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	B	IBN
Inferior	21,80	-18,00	-2,97	9,66	-16,21	-22,28	38,50	-17,68	-1,90	9,08	158,08
Superior	-7,20	-24,97	-22,37	-0,49	-46,91	50,04	52,94	-9,12	16,33	-8,24	238,62
Médio	-1,20	-24,82	-19,55	0,23	-37,66	38,20	50,95	-10,67	10,66	-6,16	200,10
Método Beaufils (1973) Base A199											
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	B	IBN
Inferior	7,98	-5,68	5,91	8,16	-16,78	-6,46	41,92	-39,65	-2,17	6,76	141,47
Superior	-26,08	-47,33	-22,19	-12,01	-62,62	19,95	169,19	169,19	15,18	-13,21	408,64
Médio	-13,04	-34,88	-13,18	-6,87	-47,56	13,53	124,67	-24,31	8,82	-7,18	294,03
Método Jones (1981) Base A199											
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	B	IBN
Inferior	19,08	-3,24	10,24	14,38	-19,81	-7,70	26,46	-41,58	-5,20	7,37	155,05
Superior	-5,62	-13,03	-11,57	2,33	-27,54	39,58	33,80	-19,59	12,86	-11,22	177,13
Médio	1,92	-10,76	-8,18	4,15	-25,55	27,36	32,92	-23,89	8,20	-6,16	149,08
Método Beaufils (1973) Base B199											
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	B	IBN
Inferior	8,91	-23,46	-1,16	7,20	-7,87	-7,72	40,69	-24,59	-0,62	8,60	130,82
Superior	-18,50	-79,13	-31,62	-10,01	-43,98	31,86	168,41	-14,23	12,12	-14,93	424,79
Médio	-8,08	-61,30	-21,14	-5,32	-32,27	21,36	123,69	-16,78	7,42	-7,58	304,94
Método Jones (1981) Base B199											
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	B	IBN
Inferior	18,57	-16,13	-1,66	11,72	-10,64	-7,83	27,53	-26,25	-3,76	8,43	132,52
Superior	-2,15	-22,27	-19,80	2,41	-23,71	40,73	36,13	-12,81	13,70	-12,23	185,93
Médio	5,83	-22,07	-17,03	3,86	-20,10	28,68	35,10	-15,42	8,14	-6,99	163,20

Tabela 22. Índices DRIS obtidos pelos métodos Beaufils (1973), e Jones (1981), aplicados aos valores inferior, superior e médio dos Intervalos de Suficiência para a Vinha, considerando todos os nutrientes (cont.).

Método Beaufils (1973) Base C199											
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	B	IBN
Inferior	14,21	-29,42	-1,78	2,78	-18,11	-9,46	49,69	-18,40	-0,99	11,48	156,31
Superior	-23,82	-95,20	-33,99	-18,18	-63,60	32,97	205,19	-2,66	14,27	-14,97	504,86
Médio	-10,44	-73,69	-22,52	-11,93	-48,50	20,97	150,73	-6,99	8,76	-6,39	360,92
Método Jones (1981) Base C199											
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	B	IBN
Inferior	23,94	-19,79	1,79	8,48	-18,96	-11,17	35,75	-24,00	-4,48	8,45	156,79
Superior	-6,09	-25,68	-18,73	0,47	-34,29	41,72	48,60	-11,92	20,48	-14,55	222,54
Médio	4,05	-25,58	-15,60	0,06	-29,90	30,02	46,85	-14,08	11,91	-7,72	185,75

Tabela 23. Índices DRIS obtidos pelos métodos Beaufils (1973), e Jones (1981), aplicados aos valores inferior, superior e médio dos Intervalos de Suficiência para a Vinha, considerando uma seleção de nutrientes.

Método Beaufils (1973) Base A93							
	N	P	K	Ca	Mg	B	IBN
Inferior	10,56	-2,41	0,44	-0,05	-7,26	-1,28	21,99
Superior	1,35	-0,73	-0,19	4,76	-4,58	-0,61	12,23
Médio	4,55	-1,29	0,02	3,06	-5,48	-0,86	15,26
Método Jones (1981) Base A93							
	N	P	K	Ca	Mg	B	IBN
Inferior	34,13	-19,57	7,35	8,70	-30,80	0,19	100,74
Superior	10,15	-11,57	4,39	20,61	-20,94	-2,64	70,29
Médio	18,28	-14,28	5,31	16,82	-24,23	-1,90	80,82
Método Beaufils (1973) Base B93							
	N	P	K	Ca	Mg	B	IBN
Inferior	16,16	-28,61	5,28	5,92	-21,38	22,64	99,98
Superior	6,66	-21,07	2,25	11,76	-17,85	18,25	77,84
Médio	9,86	-23,59	3,24	9,88	-19,03	19,64	85,22
Método Jones (1981) Base B93							
	N	P	K	Ca	Mg	B	IBN
Inferior	33,34	-22,48	5,72	0,18	-31,06	-31,06	107,08
Superior	15,97	-19,13	1,09	9,18	-21,53	14,42	81,32
Médio	22,80	-20,51	2,61	5,74	-24,74	14,11	90,49
Método Beaufils (1973) Base C93							
	N	P	K	Ca	Mg	B	IBN
Inferior	13,98	-23,18	-3,37	13,73	-16,30	15,14	85,70
Superior	2,45	-17,49	-4,43	20,24	-14,14	13,37	72,12
Médio	6,61	-19,39	-4,05	17,82	-14,87	13,88	76,60

Tabela 23. Índices DRIS obtidos pelos métodos Beaufils (1973), e Jones (1981), aplicados aos valores inferior, superior e médio dos Intervalos de Suficiência para a Vinha, considerando uma seleção de nutrientes (cont.).

Método Jones (1981) Base C93							
	N	P	K	Ca	Mg	B	IBN
Inferior	23,32	-22,94	-4,90	14,46	-20,53	10,60	96,76
Superior	6,02	-18,90	-7,97	23,09	-13,50	11,25	80,73
Médio	12,19	-20,56	-7,03	20,25	-15,88	11,02	86,93
Método Beaufils (1973) Base A199							
	N	P	K	Ca	Mg	B	IBN
Inferior	7,49	-21,54	7,05	8,77	-6,82	5,06	56,72
Superior	1,55	-18,16	3,75	13,15	-4,56	4,27	45,43
Médio	3,59	-19,29	4,87	11,64	-5,31	4,50	49,19
Método Jones (1981) Base A199							
	N	P	K	Ca	Mg	B	IBN
Inferior	22,73	-9,26	2,33	11,37	-29,56	2,39	77,65
Superior	6,08	-6,63	-1,40	20,83	-20,54	1,67	57,16
Médio	12,19	-7,53	-0,33	17,41	-23,55	1,81	62,82
Método Beaufils (1973) Base B199							
	N	P	K	Ca	Mg	B	IBN
Inferior	12,81	-25,13	-3,69	9,36	-2,93	9,59	63,51
Superior	5,02	-19,74	-4,68	13,53	-1,58	7,46	52,01
Médio	7,64	-21,54	-4,32	12,10	-2,04	8,16	55,79
Método Jones (1981) Base B199							
	N	P	K	Ca	Mg	B	IBN
Inferior	23,91	-22,03	-7,98	15,28	-16,62	7,44	93,27
Superior	10,48	-17,62	-11,20	23,63	-10,60	5,30	78,82
Médio	15,78	-19,32	-10,24	20,62	-12,60	5,77	84,33
Método Beaufils (1973) Base C199							
	N	P	K	Ca	Mg	B	IBN
Inferior	13,73	-25,60	-1,80	8,14	-12,22	17,73	79,22
Superior	5,20	-19,99	-3,05	13,07	-8,86	13,63	63,79
Médio	8,08	-21,86	-2,61	11,38	-9,98	14,99	68,89
Método Jones (1981) Base C199							
	N	P	K	Ca	Mg	B	IBN
Inferior	27,36	-24,25	-1,08	13,56	-25,37	9,77	101,39
Superior	11,07	-19,37	-5,99	24,08	-18,73	8,94	88,18
Médio	17,50	-21,22	-4,51	20,18	-20,96	9,02	93,39

Perante a inclusão de todos os nutrientes considerados na análise nutricional, em alternativa à exclusão de alguns dos micronutrientes, verifica-se que os valores de IBN descem consideravelmente quando se opta pela segunda hipótese, dando credibilidade à teoria já defendida anteriormente de que certos micronutrientes se encontrarão em concentrações tão elevadas que sugerem haver contaminação. Considerando todos os nutrientes, observa-se que os métodos Beaufils (1973), e Jones (1981), apresentam resultados semelhantes quando aplicados ao limite inferior do CIS. No entanto, o valor do IBN pelo método de Beaufils (1973), para os limites superior e médio do intervalo é cerca do dobro do mesmo valor do método Jones (1981). Tais números sugerem que o cálculo dos índices DRIS segundo o formulário Jones é aquele que mais se aproxima do CIS. Por outro lado, a aplicação dos dois métodos do cálculo DRIS, após a seleção de alguns elementos nutritivos, permite concluir que as diferenças entre as duas metodologias se atenuam, apesar de ser o método Jones (1981), aquele que apresenta, neste caso, valores mais desequilibrados. Em relação às bases de dados estudadas, estas são muito semelhantes entre si, quer se incluam nelas todos os nutrientes ou apenas uma seleção destes. No entanto a A93, a A199 e a B199 parecem apresentar melhores resultados já que a estas correspondem valores de IBN mais baixos.

Pela aplicação da metodologia DRIS ao CIS, conclui-se que as diferenças entre as duas metodologias são ainda evidentes. Por essa razão, e apesar das grandes possibilidades do DRIS, este não deverá ser usado exclusivamente como método de interpretação, mas antes associado aos conceitos tradicionais, tanto de Níveis Críticos, como de Intervalos de Suficiência, o que pode trazer informações complementares muito importantes na avaliação do estado nutricional de uma amostra (Bataglia, 2003; IPNI, 2007; McCray *et al.*, 2013). Todavia, refira-se que o cálculo dos índices DRIS deverá ser o mais criterioso possível. Como tal, a escolha da base de dados para o estabelecimento das normas é de capital importância, assim como a seleção judiciosa dos nutrientes a considerar.

IV.2. Aplicação da metodologia DRIS na Região dos Vinhos Verdes e na Região Demarcada do Douro

1. Caracterização dos anos de ensaio

Para melhor compreensão dos resultados, importa caracterizar as condições ambientais bem como a evolução fenológica e o aspeto sanitário das vinhas ao longo do período em que decorreu o ensaio.

1.1. A Estação Vitivinícola Amândio Galhano – EVAG

1.1.1. Observações fenológicas e caracterização climática

Os principais estados fenológicos, segundo Baggiolini (Anexo VII) - Abrolhamento, Floração, Pintor, encontram-se sistematizados na tabela 24.

Tabela 24. Registos fenológicos na Região dos Vinhos Verdes, 2009 a 2012, Loureiro.

Ano	Gomo de Algodão (B) Abrolhamento 50%	Floração (I) Floração 50%	Pintor (M) Pintor 50%
2009	21 de março	1 de junho	10 de agosto
2010	1 de abril	28 de maio	7 de agosto
2011	25 de março	15 de maio	25 de julho
2012	31 de março	8 de junho	20 de agosto

Nota: As letras entre parênteses representam a notação fenológica segundo a escala de Baggiolini.

No que diz respeito ao ciclo vegetativo observa-se que, na EVAG, os anos de 2010 e de 2012 foram aqueles em que o abrolhamento se deu mais tardiamente, enquanto o ano vitícola de 2011 se caracterizou por uma precocidade de tal ordem que o resultado foi a antecipação da data de vindima em cerca de 10 dias.

Em relação aos dados climatológicos da Estação Meteorológica de Braga para o período de 1951 a 1980 (Figura 8 e Anexo VIII), constata-se que, embora a temperatura média anual nos quatro anos do ensaio seja muito próxima dos valores da média dos 30 anos, o somatório da precipitação anual é, de um modo geral, inferior. Além disso há uma tendência notória para o período de estiagem se prolongar, sendo que desde fevereiro a setembro os valores de precipitação mensal são significativamente inferiores à média do período considerado.

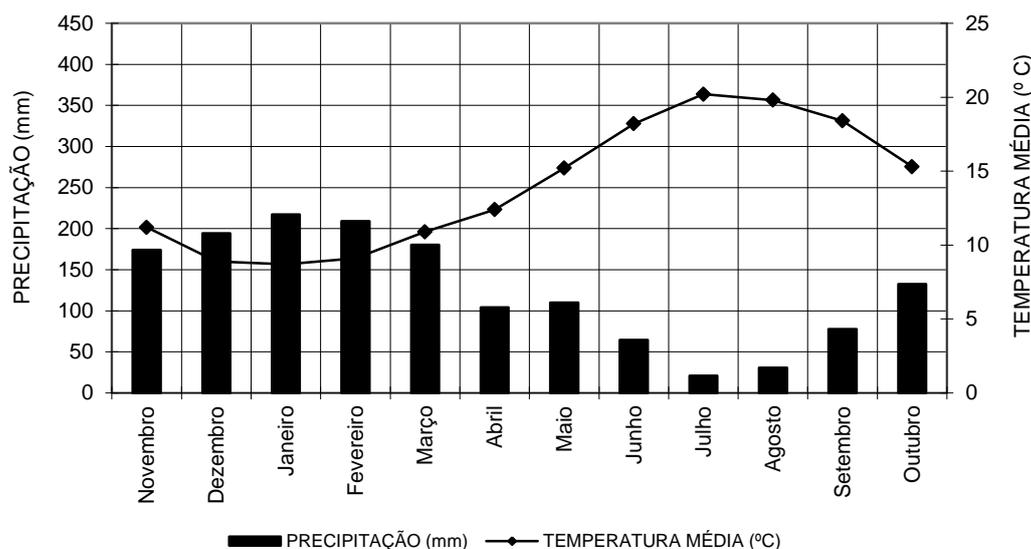


Figura 8. Precipitação (mm) e temperatura (°C) médias mensais para a Estação Meteorológica de Braga para o período de 1951 a 1980.

Debruçando-nos mais detalhadamente sobre os dados do Posto Meteorológico da EVAG, entre 2008 e 2012 (representados na Figura 9 e no Anexo VIII), bem como sobre os folhetos emitidos pela mesma Estação, baseados nas observações das diferentes vinhas da Quinta Campos de Lima, constata-se que o inverno de 2008/2009 foi inicialmente frio e chuvoso, tendo-se registado inclusive queda de neve e de granizo. A esta estação sucederam-se os meses de fevereiro e março, bastante secos e com temperaturas muito elevadas, facto este que levou à precocidade do início da atividade vegetativa (EVAG, 2009 a). Na primavera, entre a Floração e o Vingamento, a ocorrência de temperaturas mínimas muito baixas, de temperaturas máximas muito elevadas e de precipitação, revelou-se adversa (EVAG, 2009 b, 2009 c). Em relação ao ano vitícola de 2010, a época do inverno/primavera registou taxas de precipitação elevadas e frio extremo, o que levou ao atraso no abrolhamento das videiras. O período do Pintor, caracterizado por temperaturas bastante elevadas, provocou *stress* hídrico e térmico, tendo neste caso a casta Loureiro registado escaldão (EVAG, 2010). O ano de 2011 caracterizou-se pela elevada precipitação de novembro a janeiro e por temperaturas médias mais amenas do que nos anos anteriores (próximas dos 9 °C). A primavera revelou-se quente (temperaturas médias situadas entre 16 °C e 18 °C) e seca (EVAG, 2011 a). O período de estiagem revelou-se longo, tendo até sido registados casos pontuais de escaldão nas uvas (EVAG, 2011 b).

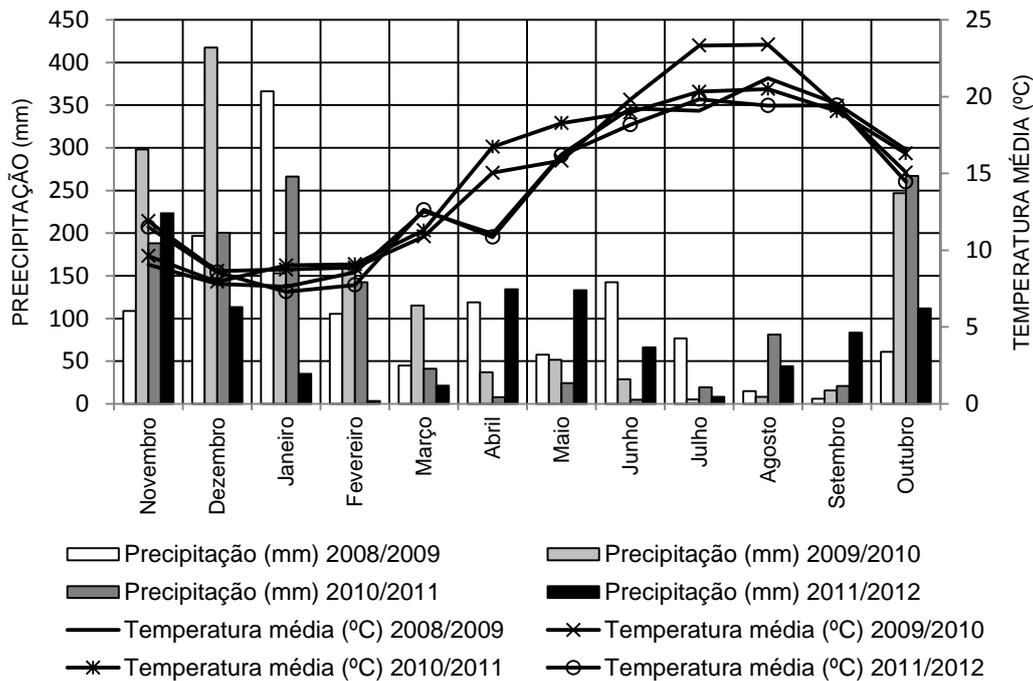


Figura 9. Precipitação (mm) e temperatura (°C) médias mensais para o Posto Meteorológico da EVAG para os anos 2008/2009, 2009/2010, 2010/2011 e 2011/2012.

Em 2012, o início da atividade vegetativa foi o mais tardio (EVAG, 2012 a). Além disso a instabilidade climática ao longo de todo o ciclo vegetativo fez com que a vinha abrolhasse de forma irregular e não evoluísse de forma normal para a época. Este facto refletiu-se negativamente na maturação e, conseqüentemente, na qualidade das uvas à vindima, que apresentaram valores de acidez elevados e menores teores alcoólicos (EVAG, 2012 a, b).

1.1.2. Caracterização do potencial hídrico foliar

Ao longo do dia e do ciclo vegetativo da videira, o valor de potencial hídrico sofre variações importantes decorrentes da disponibilidade hídrica do solo, da demanda evaporativa e do estado fisiológico da videira.

A importância do potencial hídrico, como indicador das condições hídricas do solo e da planta, é sublinhada em vários trabalhos tais como no de Castro *et al.* (1993), no de Lopes *et al.* (1996) ou no de Lopes *et al.* (1998). Na verdade, sempre que esta reserva hídrica se revela insuficiente, o que se traduz na diminuição do potencial hídrico, observa-se a dessecação ao nível das folhas e uma redução significativa da fotossíntese (Castro *et al.*, 1993). Todavia, diversos trabalhos apontam para o benefício de uma carência hídrica moderada ao longo do ciclo produtivo, a fim

de permitir a obtenção de uma colheita de elevada qualidade (Chaves & Rodrigues, 1987; Carbonneau, 1998; Carbonneau *et al.*, 2007; Rodrigues *et al.*, 2008). De referir também que, para além das variações registadas no potencial medido, decorrentes das condições ambientais, outras variáveis tais como as castas e o porta-enxertos, as operações culturais, nomeadamente a rega, ou o tipo de solo estão também na origem dessas diferenças (Castro *et al.*, 1993; Magalhães, 2008).

Na figura 10 representa-se o valor médio do potencial hídrico foliar determinado no ano de 2009, ao Pintor, na casta Loureiro.

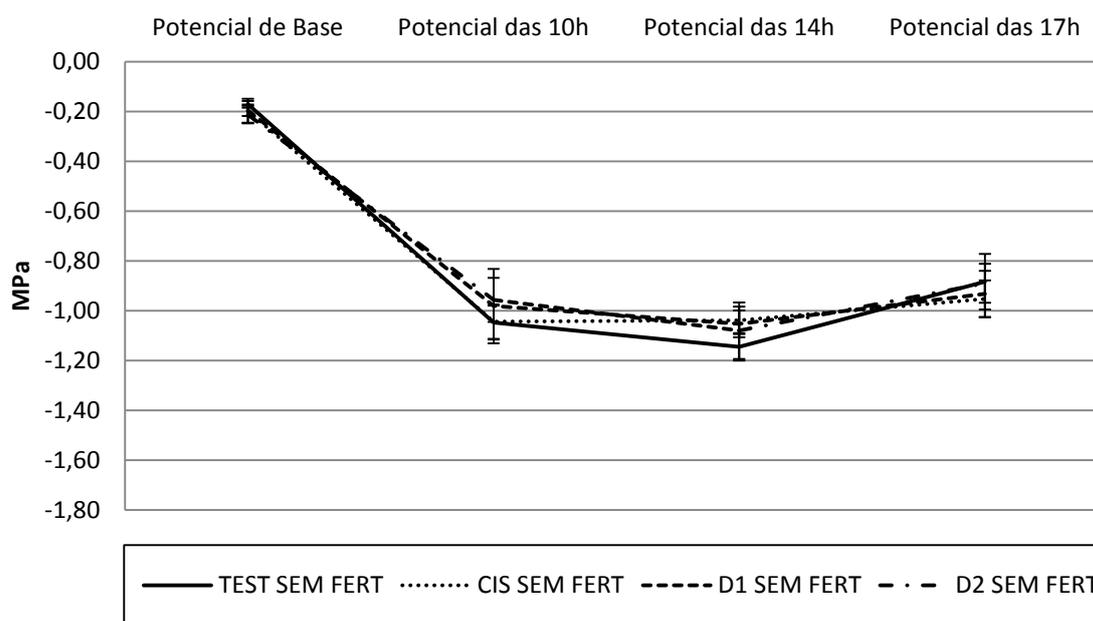


Figura 10. Potencial hídrico foliar (MPa), 4 de agosto de 2009, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média (n=24).

Nesta medição, o potencial de base que reflete o potencial hídrico foliar antes do nascer do sol, em resultado da anulação da transpiração pela redução da demanda atmosférica e encerramento dos estomas e da existência de um potencial osmótico radicular mais negativo (o que favorece a absorção de água no solo hidratando novamente a planta), registou valores na ordem dos -0,2 MPa. Em termos de valores de referência, Magalhães (2008), refere que o potencial hídrico de base apresenta os valores diurnos mais elevados (ou seja, menos negativos) entre -0,01 e -0,1 MPa em situações de boa hidratação, até valores muito mais negativos (de -0,5 a -1,0 MPa) nas regiões quentes e secas de fracas disponibilidades hídricas do solo. Neste caso, o valor medido encontra-se acima do limite crítico de -0,4 MPa considerado por vários autores como indicativo de *stress* intenso (Pereira, 1997; Carbonneau, 1998; Carbonneau *et al.*, 2007). No entanto, Mota (2005), defende que, nas condições

climáticas e culturais desta região, caracterizada por pontuais carências hídricas entre o Vingamento e a Maturação e elevadas superfícies foliares expostas, potenciais a partir dos -0,2 MPa indiciam já um ligeiro *stress*, o que está de acordo com a reconhecida sensibilidade da casta Loureiro à *secura*. No decorrer da manhã, com o aumento da temperatura do ar e da radiação solar, a transpiração intensifica-se e excede a capacidade de absorção radicular (Chaves, 1986; Chaves & Pereira, 1993; Lopes, 1994; Rodrigues *et al.*, 2008). Deste modo, o potencial hídrico tomou valores cada vez mais negativos, atingindo um valor mínimo ao meio dia solar, de -1,1 MPa. Nesta situação, o encerramento estomático ocorre parcial ou totalmente cessando as trocas gasosas entre as folhas e a atmosfera (Chaves, 1986; Chaves & Pereira, 1993; Rodrigues *et al.*, 2008). Com a diminuição da radiação ao fim da tarde inicia-se normalmente a reidratação dos tecidos verificando-se uma recuperação do potencial hídrico medido (Pereira, 1997; Rodrigues *et al.*, 2008), neste caso para valores na ordem dos -0,9 MPa. Refira-se ainda que a evolução do potencial registado é semelhante para as modalidades consideradas, apesar da testemunha ser aquela que apresenta valores mais negativos às 10h e às 14h, mas também a que mais facilmente recupera no final do dia.

No ano vitícola de 2010, optou-se pela realização de medições do potencial hídrico foliar de base, as quais se representam na figura 11. Tal escolha baseou-se em estudos que comprovam a boa relação entre a água disponível no solo e o potencial hídrico de base (Castro *et al.*, 1993; Lopes *et al.*, 1996).

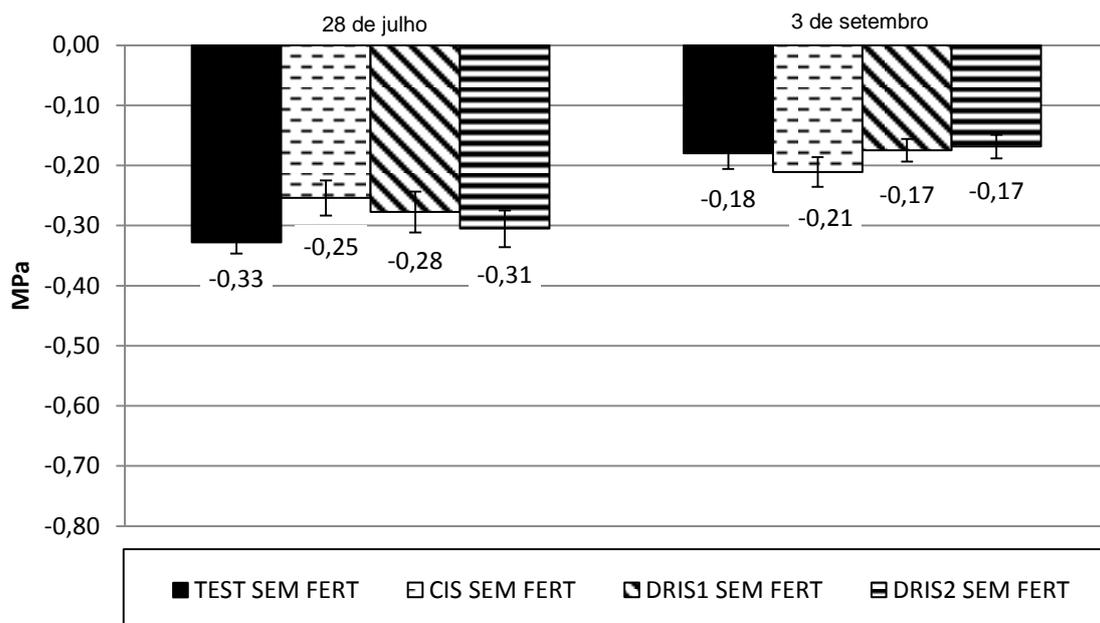


Figura 11. Potencial hídrico foliar (MPa), 28 de julho de 2010 e 3 de setembro de 2010, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média (n=24).

Normalmente, no decorrer do ciclo vegetativo, de junho a agosto/setembro, é notória a evolução do potencial hídrico de base para valores cada vez mais negativos, na medida em que as disponibilidades hídricas diminuem, podendo atingir-se os -1,7 MPa ou -1,9 MPa, em situações de elevada temperatura e deficiência hídrica (Magalhães, 2008). Neste ano, para o estado fenológico do Pintor (Figura 11 – 28 de julho), os valores do potencial hídrico foliar revelam-se mais negativos, facto que poderá ser explicado pelos valores superiores de área foliar bem como pelas temperaturas bastante elevadas que provocaram até situações de escaldão, às quais se junta a escassa precipitação observada em julho (5,4 mm) e em agosto (8,4mm). A TEST e o DRIS 1 apresentam potenciais hídricos mais negativos, embora não sendo significativamente diferentes das restantes modalidades. Na medição de setembro, perto da vindima, a diminuição das temperaturas e a ocorrência de alguma precipitação provocou a subida do potencial hídrico das videiras estudadas para valores próximos de -0,2 MPa, o que indica ausência de *stress* hídrico na casta Loureiro (Figura 11 – 3 de setembro), conforme observado também no mesmo ano por Machado (2011).

Já em 2011, as medições do potencial hídrico apresentaram os resultados patentes nas figuras 12 e 13.

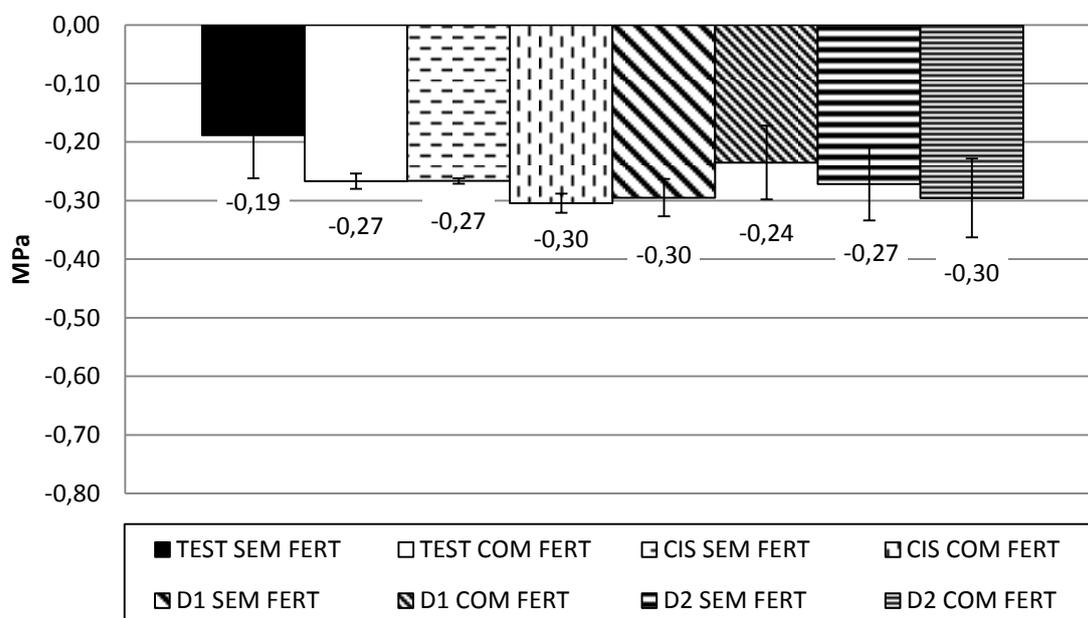


Figura 12. Potencial hídrico foliar (MPa), 31 de maio de 2011, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média (n=24).

Pela análise da figura 12, os valores do potencial hídrico, medidos após a floração, a 31 de maio, revelam já algum stress hídrico (valores próximos de -0,3 MPa), resultado da primavera quente e seca. Constata-se também que as intervenções ao nível da fertilização ao solo não evidenciam qualquer impacto no estado hídrico das plantas, dado que não se verificam diferenças entre elas. Apesar do longo período de estiagem e do aumento da área foliar, ao Pintor, a 2 de agosto, (Figura 13) os valores do potencial hídrico são ligeiramente menores, resultado da precipitação de julho (19,6 mm), a qual permitiu a reposição de alguma água no solo. Em 31 de Maio, a modalidade TEST SEM FERT apresenta o potencial hídrico menos negativo (-0,19 MPa) e a 2 de agosto é o DRIS 1 COM FERT o menos negativo, o que indica o melhor estado hídrico destas modalidades nas respetivas datas. As diferenças verificadas entre as sub-modalidades com e sem fertilização ao solo (exceto no caso do DRIS 2) revelam-se pequenas, podendo ser atribuídas a erros intrínsecos ao processo de determinação.

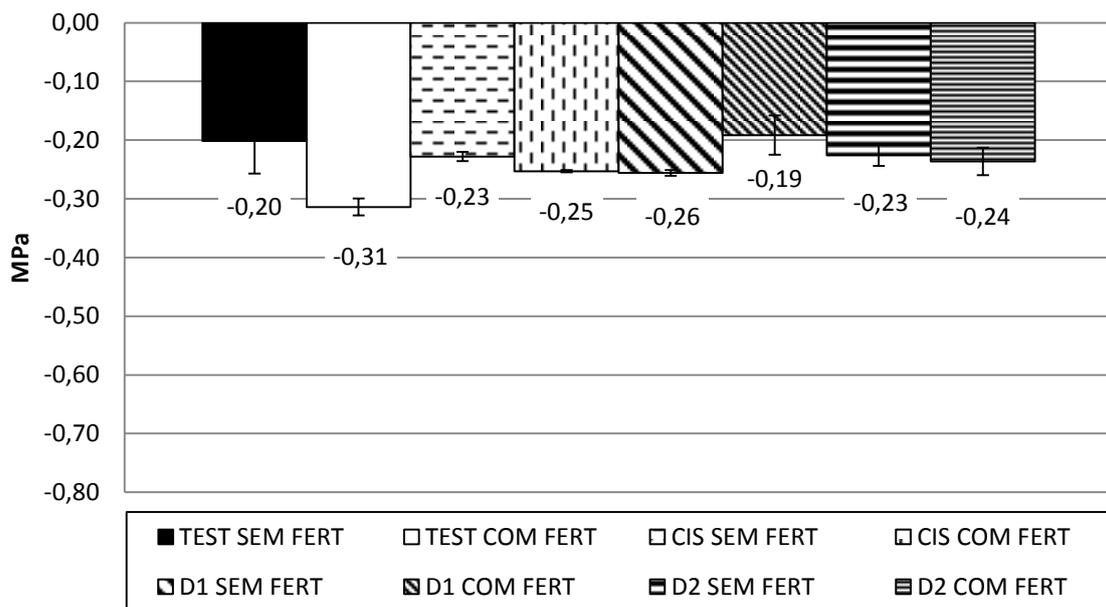


Figura 13. Potencial hídrico foliar (MPa), 2 de agosto de 2011, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média (n=24).

Em relação ao último ano de ensaio, as figuras 14 e 15, espelham a situação hídrica da casta Loureiro.

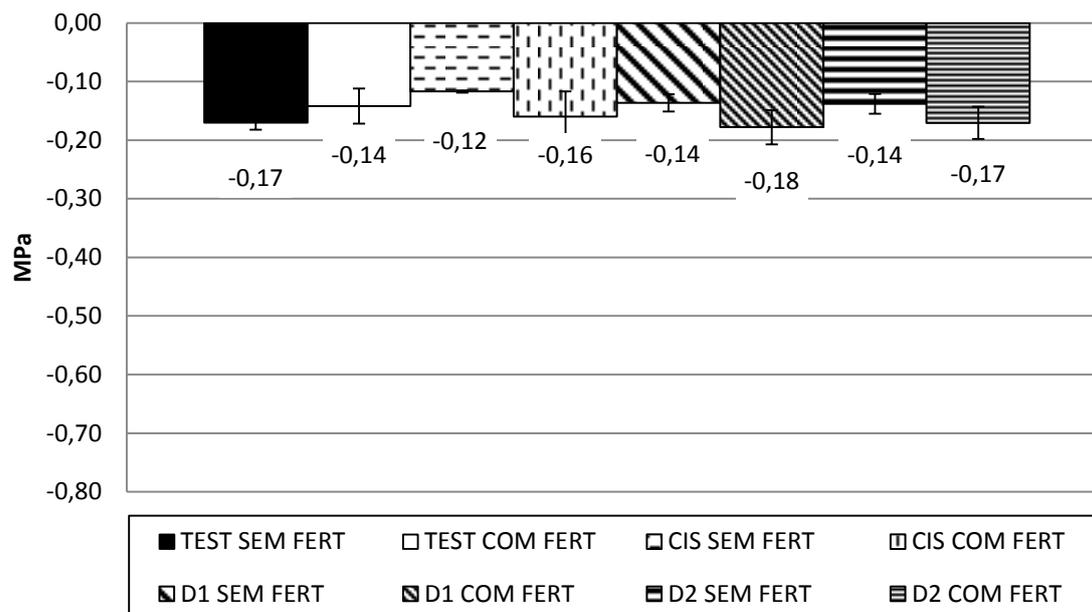


Figura 14. Potencial hídrico foliar (MPa), 17 de julho de 2012, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média (n=24).

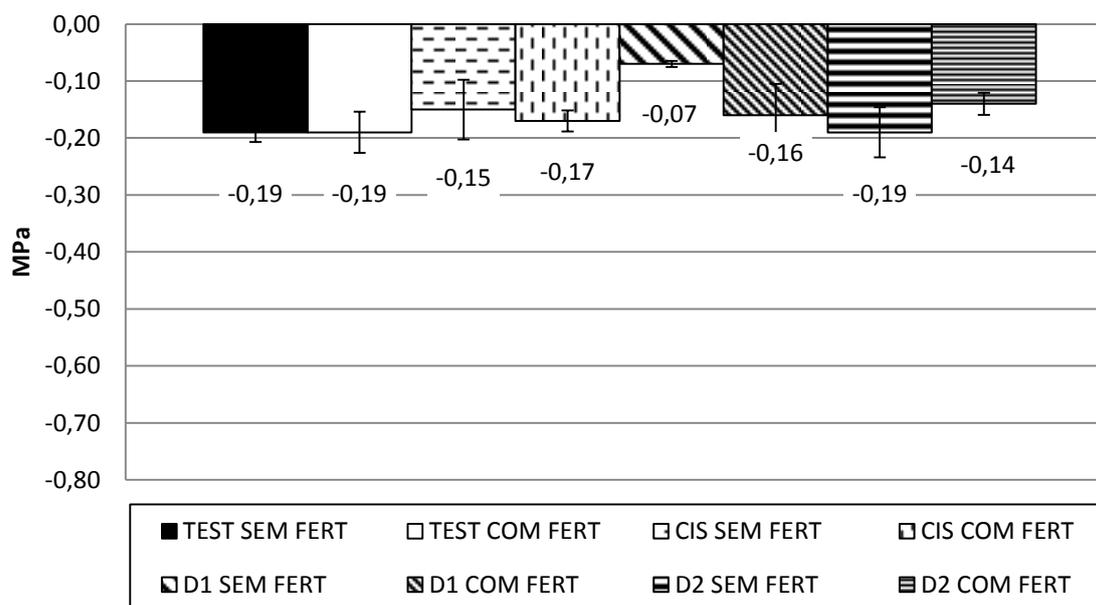


Figura 15. Potencial hídrico foliar (MPa), 18 de setembro de 2012, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média (n=24).

A análise da figura 14 permite afirmar que, a 17 de julho de 2012, próximo do Pintor, a vinha não apresentava *stress* hídrico. Apesar deste ter sido o ano em que a precipitação total foi menor (977,8 mm), a instabilidade climática e a precipitação verificada em junho permitiram que a vinha se desenvolvesse normalmente, sem constrangimentos hídricos. Assinala-se de novo a não existência de diferenças entre

sub-modalidades. Em setembro (Figura 15) continua a não se verificar um regime hídrico de deficiência na casta Loureiro, fruto da precipitação ocorrida na região. Os valores de potencial hídrico medidos a 18 de setembro variaram entre -0,07 MPa para o DRIS 1 SEM FERT a -0,19 MPa em ambas as modalidades TEST e no DRIS 2 SEM FERT.

De um modo geral, no decorrer do ensaio, a casta Loureiro não apresentou grandes estrangimentos hídricos, contribuindo para tal as condições climáticas da região onde se encontra. Contudo, menciona-se um ligeiro *stress* hídrico verificado nos anos de 2010 e 2011, em consequência da diminuição das disponibilidades hídricas do solo e consequente perda da capacidade de reidratação das videiras durante a noite, o que propiciou condições para a ocorrência de escaldões.

1.1.3. Caracterização sanitária

As condições climáticas influenciam diretamente a qualidade da colheita, e também indiretamente, na medida em que condicionam a biologia de numerosos responsáveis pelas principais pragas e doenças da videira (Mota, 2005).

Conforme referido anteriormente, doenças como o míldio (*Plasmopara vitícola*), o oídio (*Uncinula necator*) e a podridão (*Botrytis cinerea*), bem como as pragas da traça da uva (*Lobesia botrana*) e da cigarrinha-verde (*Empoasca vitis*), tiveram particular importância ao longo de todo o ciclo vegetativo da casta Loureiro.

Genericamente, no ano de 2009, o estado sanitário das uvas à vindima foi considerado, de uma forma global, excelente. Em 2010, há a assinalar ataques pontuais de míldio à Prefloração e *black rot*, bem como registos de escaldão nos meses de junho e julho e ainda alguma cigarrinha verde. Não se verificou o aparecimento de podridão à Maturação. Em 2011 houve também alguns ataques precoces de míldio no estado de cacho separado (Estado G segundo Baggiolini – Anexo VII) e de *black rot*. Voltaram a verificar-se situações de escaldão em junho e julho. À vindima o estado sanitário das uvas era excelente, não se registando casos de podridão. No ano de 2012 observou-se alguma podridão à vindima, embora não sendo significativa.

Todavia, foi a esca, um complexo de doenças causado por um conjunto variável de fungos responsáveis pela colonização do lenho da videira (Oliveira *et al.*, 2004), que se revelou ser preocupante na parcela de vinha em estudo.

A doença começou por apresentar, durante os três primeiros anos, e nos casos pontuais de cepas afetadas, sintomas maioritariamente característicos da sua forma

lenta, assinalada pelo desenvolvimento de manchas cloróticas marginais e necrosadas entre as nervuras das folhas e pela existência de bagos com pontuações necrosadas arroxeadas (Oliveira *et al.*, 2004). No quarto ano de ensaio, verificou-se um aumento de casos de apoplexia, isto é, morte de braços ou mesmo da cepa, queda prematura de folhas e o dessecamento de inflorescências ou cachos (Oliveira *et al.*, 2004). Tal facto levou à classificação das videiras de acordo com o índice de esca apresentado e, quando necessário, à exclusão das observações referentes à planta doente (o que não ultrapassou 2,5% do total de videiras marcadas).

1.2. A Quinta de S. Luiz

1.2.1. Observações fenológicas e caracterização climática

Na tabela 25 encontram-se sumarizados os registos dos principais estados fenológicos – Abrolhamento, Floração, Pintor – segundo a classificação de Baggiolini (Anexo VII), na Quinta de S. Luiz.

Tabela 25. Registos fenológicos na Região Demarcada do Douro, 2009 a 2012, Touriga Nacional.

Ano	Gomo de Algodão (B) Abrolhamento 50%	Floração (I) Floração 50%	Pintor (M) Pintor 50%
2009	8 de março	13 de maio	29 de julho
2010	25 de março	22 de maio	24 de julho
2011	19 de março	7 de maio	20 de julho
2012	19 de março	23 de maio	24 de julho

Nota: As letras entre parênteses representam a notação fenológica segundo a escala de Baggiolini.

Em relação à Quinta de S. Luiz, apesar das datas de abrolhamento serem variáveis, o desenrolar do ciclo vegetativo permitiu que ao Pintor essas diferenças fossem atenuadas, conforme se pode visualizar pelas análises das datas expostas na tabela anterior.

Analisando a evolução climatológica da Estação Meteorológica do Pinhão, para o período de 1971 a 2000 (Figura 16 e Anexo VIII), verifica-se que a temperatura média anual foi de 15,7 °C, valor muito semelhante à média dos quatro anos do ensaio. Por comparação com a mesma referência, no que respeita à precipitação, pode observar-se claramente o reduzido teor de precipitação e a sua irregular distribuição ao longo do período em que foi desenvolvido o trabalho.

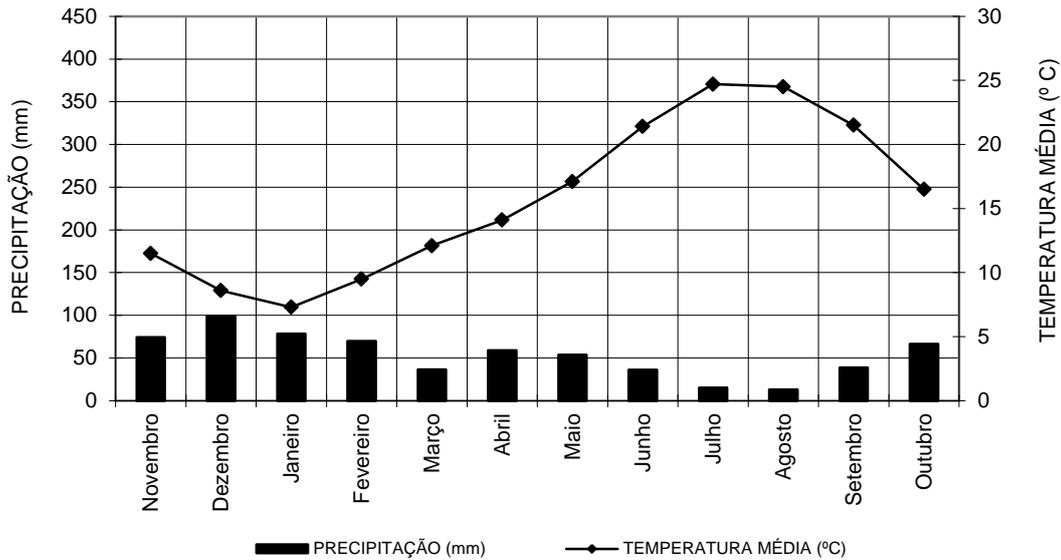


Figura 16. Precipitação (mm) e temperatura (°C) médias mensais para a Estação Meteorológica de Pinhão para o período de 1971 a 2000.

Pela análise da figura 17 e dos dados apresentados no Anexo VIII, constata-se que o ano de 2009/2010 foi extremamente chuvoso (1103 mm), praticamente o dobro da média dos 30 anos (640 mm). Em contraste, refira-se o ano de 2011/2012, cujo valor acumulado de precipitação rondou os 480 mm. Em paralelo com a análise meteorológica da EVAG, verifica-se também que na Região Demarcada do Douro o período de estiagem se prolonga. Se observarmos pormenorizadamente os dados recolhidos pelo Posto Meteorológico da Quinta da Roeda, para o período de 2008 a 2012, pode afirmar-se que no primeiro ano do ensaio, 2008/2009, o mês de março foi anormalmente quente e seco, sendo responsável por um abrolhamento precoce, ao qual se seguiu abril com temperaturas mais frias. O período de maior desenvolvimento vegetativo foi relativamente ameno, o que originou um ligeiro atraso no Pintor. Por altura da vindima, o valor da precipitação mensal foi muito reduzido, facto que contribuiu para o bom estado sanitário das uvas. O ano vitícola de 2009/2010 foi o mais chuvoso do ensaio, com a maior parte dos meses a registar o dobro do valor médio de precipitação anual, calculada para a região no período entre 1971 e 2000, facto que, associado às temperaturas registadas, provocou um certo atraso no abrolhamento. Por outro lado, os meses de verão, embora apresentando temperaturas médias mensais relativamente amenas, registaram uma amplitude de valores muito díspares (entre 14,2 e 35,8 °C) e até ausência de precipitação. Isto conduziu a um *stress* hídrico e térmico severo das videiras, que resultou na desfoliação precoce das plantas, sobretudo ao nível dos cachos. O impacto destas condições climáticas tão adversas refletiu-se no vigor das videiras, bem como na sua produção, uma vez que

os cachos por elas originados sofreram um escaldão grave, resultando no dessecamento de porções ou mesmo de frutos inteiros. Por seu lado, no ano agrícola de 2010/2011, desde maio até setembro, a média mensal da temperatura apresentou valores sempre acima de 20 °C, tendo o mês de agosto sido o mais quente do ano. Até abril, a precipitação mensal nunca registou valores abaixo de 40 mm, o que pode explicar o estado hídrico relativamente confortável das plantas até essa data. Estas condições proporcionaram a precocidade da Floração e do Pintor, bem como o

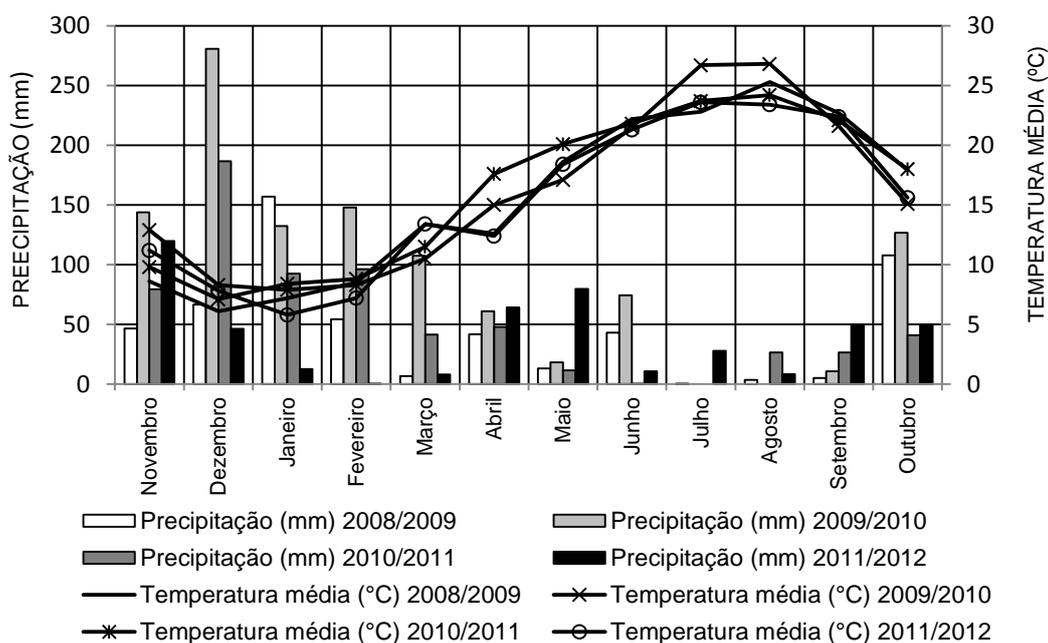


Figura 17. Precipitação (mm) e temperatura (°C) médias mensais para o Posto Meteorológico da Quinta da Roeda para os anos 2008/2009, 2009/2010, 2010/2011 e 2011/2012.

aumento do vigor e da produção. O quarto ano de ensaio, correspondente a 2011/2012 foi o mais seco (477 mm). A precipitação distribuiu-se ao longo do ano de uma forma muito particular dado que em janeiro, fevereiro e março, foi nula ou muito próxima de zero e, nos meses de abril e maio choveu cerca de 150 mm (superior a um quarto do valor total anual), levando a um grande desenvolvimento vegetativo. De novo, há uma redução drástica da precipitação até setembro, altura em que os teores de água disponível no solo aumentam. Os valores das temperaturas médias sofrem oscilações cujas implicações se manifestam no desenvolvimento heterogéneo da vinha, condicionando a evolução da maturação e, conseqüentemente, a qualidade das uvas à vindima.

1.2.2. Caracterização do potencial hídrico foliar

De seguida, apresenta-se a evolução do potencial hídrico referente à casta Touriga Nacional.

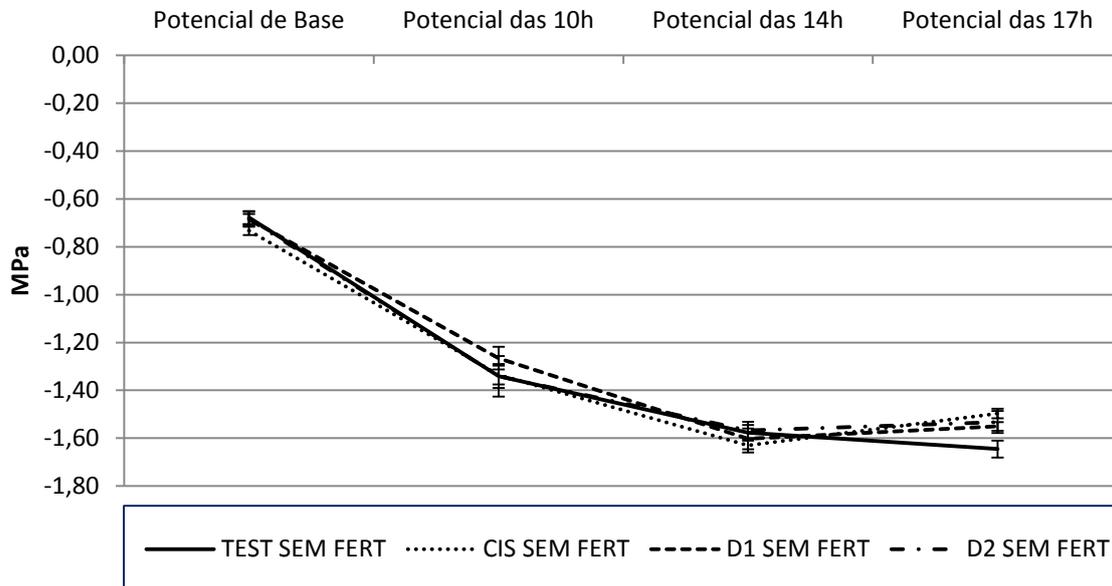


Figura 18. Potencial hídrico foliar (MPa), 29 de julho de 2009, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média (n=24).

No ano de 2009, o potencial de base ao Pintor, a 29 de julho, (Figura 18) registou valores na ordem dos -0,7 MPa, muito inferior ao potencial hídrico medido na EVAG na mesma altura. Este valor está de acordo com aqueles encontrados por Barbosa (2002), (-0,5 a -0,6 MPa), por Queiroz (2002 b), no seu ensaio de 1998 (-0,5 MPa), ou por Brito *et al.* (2004), (-0,6 MPa), indicando uma situação de carência hídrica moderada a forte, originada pela baixa precipitação (0,2 mm em julho) e pelos altos valores de temperatura. O valor mínimo de potencial correspondente ao meio dia solar, altura em que o défice hídrico é maior, situa-se próximo de -1,6 MPa. Com o aproximar do final do dia, observa-se a recuperação deste parâmetro, excetuando-se a modalidade testemunha cujo potencial é ainda mais negativo e, estatisticamente, diferente dos outros tratamentos. De referir também que Barbosa (2002), Queiroz (2002 b), e Brito *et al.* (2004), relatam valores de -1,3 a 1,5 MPa para o potencial hídrico mínimo em situações de *stress* hídrico severo e de -1,3 MPa na medição do potencial do final do dia. A evolução diurna representada na figura 18 é, segundo Pereira (1997), classificada como clássica para as condições em estudo.

Nos anos seguintes, à semelhança do estudado na casta Loureiro, foi somente avaliado o potencial hídrico de base.

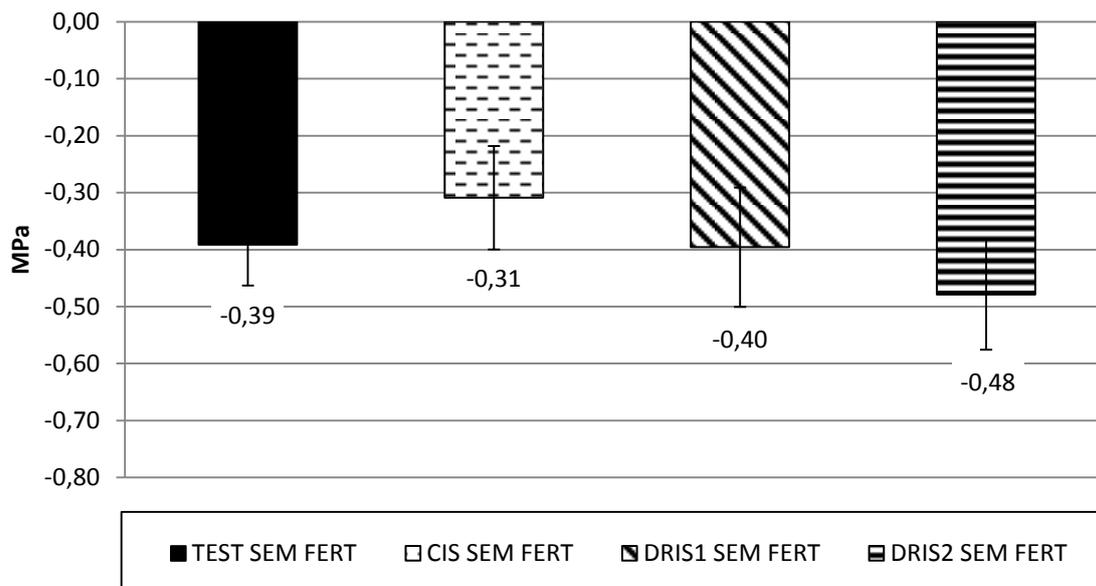


Figura 19. Potencial hídrico foliar (MPa), 5 de agosto de 2010, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média (n=24).

Em 2010, ano cuja precipitação foi a mais abundante (1103 mm), o valor médio, por altura do estado fenológico Pintor, foi de -0,4 MPa (Figura 19). Em relação a 2009, este valor é indicativo de uma carência hídrica moderada, o que pode ser explicado pela precipitação nula verificada em julho e agosto e pelo valor ligeiramente superior das temperaturas médias mensais. O DRIS 2 é a modalidade com maior *stress* hídrico (-0,48 MPa) em oposição ao CIS (-0,31 MPa), em que o valor do potencial é menos negativo.

Se, no ano de 2011, os valores do potencial hídrico registados a 4 de junho (Figura 20), no período entre a Floração e o Pintor, se encontravam próximo de 0,2, evidenciando uma situação próxima do conforto hídrico, a 29 de julho (Figura 21), ao Pintor, observa-se a diminuição desses mesmos valores para grandezas que sugerem uma carência hídrica moderada das videiras em estudo (Carbonneau, 1998), dado que os valores encontrados se situam dentro do intervalo de -0,3 Mpa e -0,6 MPa. As modalidades com fertilização ao solo revelaram, em qualquer uma das datas, menor *stress* hídrico e, por conseguinte, valores mais altos de potencial hídrico (excetua-se o DRIS 2 na segunda medição do ano). Comparando as duas épocas de colheita de dados, na primeira, o TEST é a modalidade cujo *stress* vegetativo é menor, seguida do DRIS 2 e do DRIS 1. Em julho os papéis invertem-se e a TEST passa a ser a modalidade com potencial hídrico mais negativo.

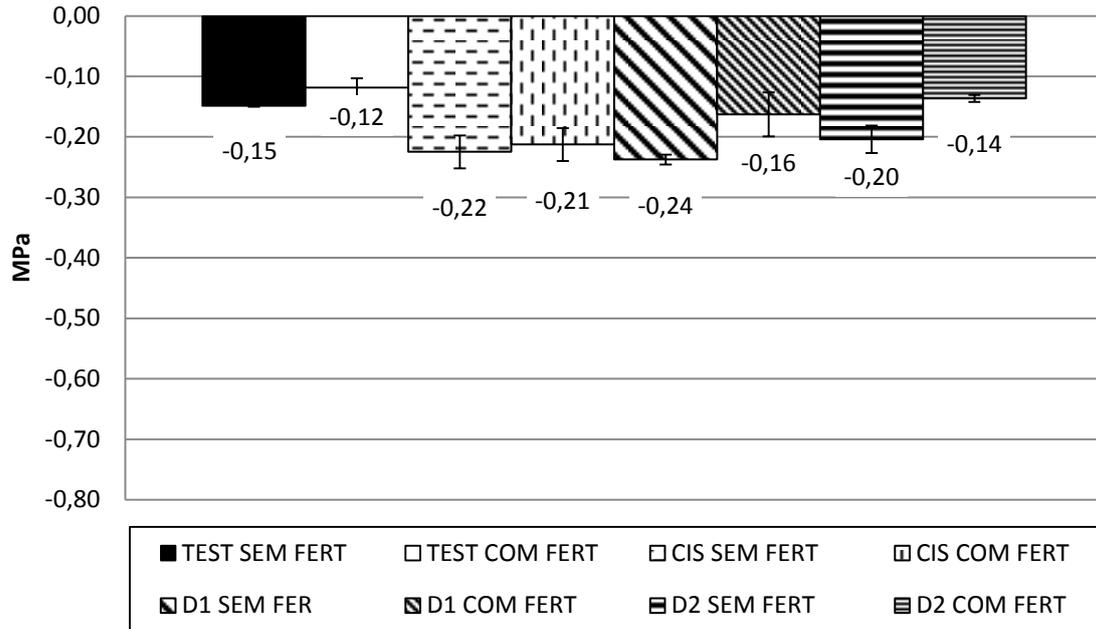


Figura 20. Potencial hídrico foliar (MPa), 4 de junho de 2011, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média (n=24).

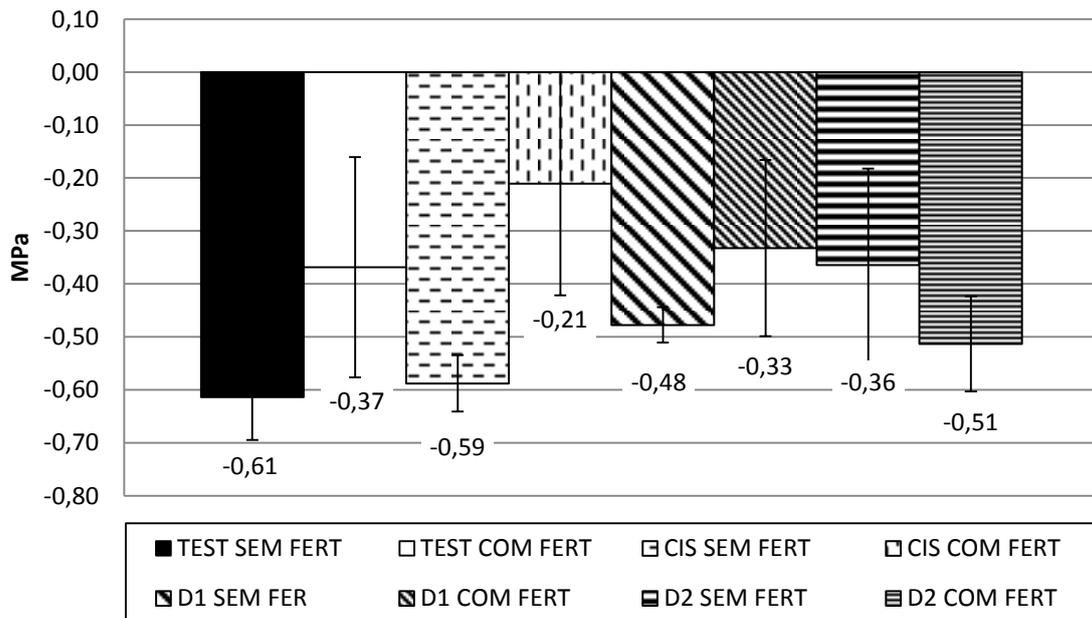


Figura 21. Potencial hídrico foliar (MPa), 29 de julho de 2011, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média (n=24).

Analisando o potencial hídrico no ano de 2012 ao Pintor, a 15 de julho (Figura 22) e à Maturação, a 14 de setembro (Figura 23), comprova-se, mais uma vez, que as modalidades com fertilização ao solo apresentam, em geral, um potencial hídrico menos negativo, apesar dos valores de área foliar serem bastante superiores.

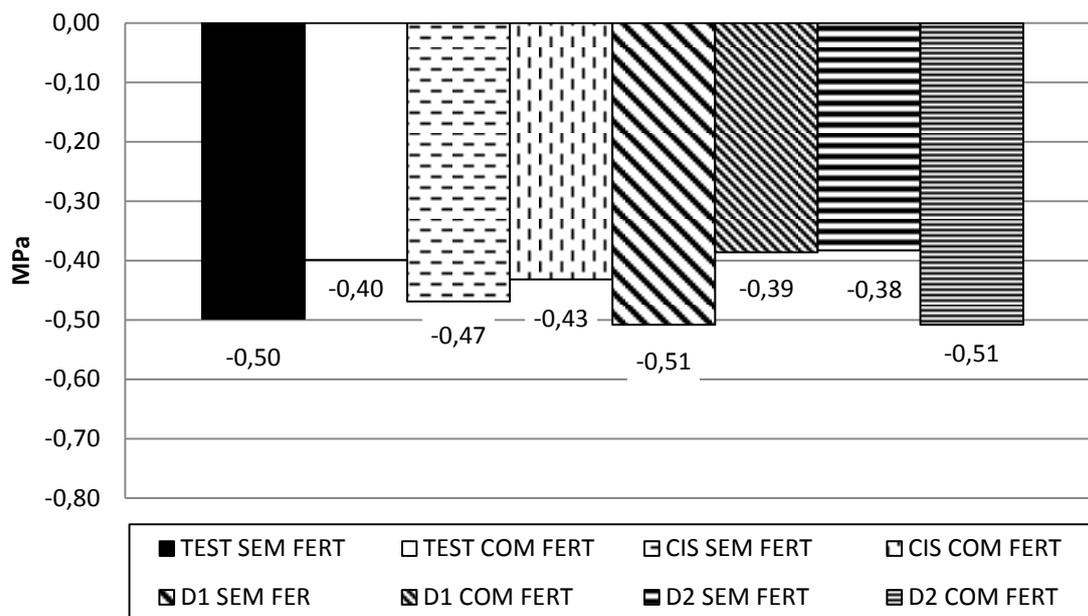


Figura 22. Potencial hídrico foliar (MPa), 15 de julho de 2012, Touriga Nacional. Valor médio. Por questões instrumentais, apenas se apresenta uma medição de potencial de base para cada tratamento e sub-modalidade testada (n=8).

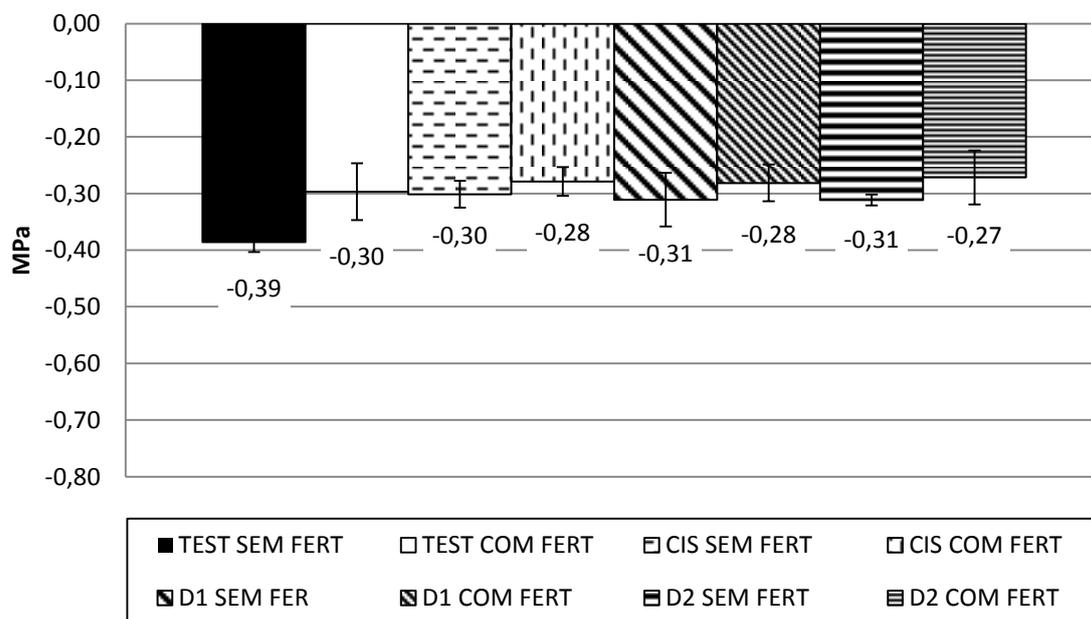


Figura 23. Potencial hídrico foliar (MPa), 14 de setembro de 2012, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média (n=24).

Todavia, em relação aos tratamentos TEST, CIS, DRIS 1 e DRIS 2 não se verificam diferenças notórias, havendo apenas a registar, entre as duas datas, uma inversão nas sub-modalidades, com e sem fertilização ao solo, do DRIS 2, possivelmente explicada pelos valores de área foliar registados. Esse ano foi

extremamente seco (477 mm de precipitação total), o que explica os valores de potencial altamente negativos registados nas duas épocas de medição. A precipitação registada em agosto mas principalmente no mês de setembro, em data próxima de medição do potencial hídrico, permitiu que os valores medidos nessa data fossem ligeiramente superiores aos de julho. Paralelamente, não se verificou qualquer redução da taxa de crescimento da superfície foliar.

Os resultados encontrados e, principalmente, a sua evolução refletem, segundo Pereira (1997), condições de alimentação hídrica próprias de um clima do tipo mediterrânico, com acentuado défice hídrico durante quase todo o ciclo vegetativo mas de forma mais acentuada na fase de maturação das uvas. Com o decorrer da estação as disponibilidades hídricas do solo vão diminuindo e, conseqüentemente, as videiras vão progressivamente reduzindo a capacidade de se reidratarem durante a noite, como demonstrou Queiroz (2002 b), nos anos de 1998 e 1999.

1.2.3. Caracterização sanitária

Em relação às pragas e às doenças da vinha, nenhum destes itens se revelou de importância relevante na vinha em estudo, dado terem sido facilmente controlados pelos meios de prevenção e luta anteriormente referidos.

No entanto, importa mencionar que devido a um conjunto de fatores (como as temperaturas extremas, a reduzida disponibilidade hídrica durante o período de verão, a orientação das linhas, entre outros), as videiras foram alvo de uma desfoliação precoce ao nível da zona dos cachos, a qual foi manifestamente severa no ano de 2010. Como resposta aplicou-se, nos dois anos subseqüentes do ensaio, um tratamento com Caulino, o qual conduziu a melhorias substanciais no comportamento das videiras.

À vindima não se assinalou qualquer problema sanitário. Contudo, o único ponto negativo foi a perda de produção decorrente de uvas ou de porções destas totalmente secas, dado o problema anteriormente descrito.

2. O diagnóstico nutricional

2.1. Resultados das amostras de terras

A caracterização das terras das parcelas de vinha encontra-se sumariada nas tabelas 26 e 27.

Tabela 26. Resultados da análise de terras na parcela da EVAG. Valores médios.

Parâmetros	Ano 2009		Ano 2010		Ano 2011		Ano 2012			
							SEM FERT		COM FERT	
	CI		CI		CI		CI		CI	
<i>Análise Sumária</i>										
Textura	Média		Média		Média		Média		Média	
pH (H ₂ O)	5,9	Pco. ácido	6,3	Pco. ácido	6,0	Pco. ácido	6,2	Pco. ácido	6,2	Pco. ácido
pH KCl	4,7		5,5		5,1		4,55		4,9	
Matéria Orgânica (%)	2,10	M	1,97	B	2,34	M	2,67	M	2,00	B
Fósforo extraível (ppm P ₂ O ₅)	42	B	6	MB	45	B	9	MB	14	MB
Potássio extraível (ppm K ₂ O)	120	A	227	MA	134	A	214	MA	222	MA
Necessidade de CaCO ₃ (t/ha)	11,1		7,0		7,4		10		8	
Condutividade elétrica (mS/cm (25°C))	0,053	Sem efeitos salinos	0,058	Sem efeitos salinos	-		0,068	Sem efeitos salinos	0,052	Sem efeitos salinos
Cálcio extraível (ppm Ca)	261		486		435		409		374	
Magnésio extraível (ppm Mg)	24	MB	32	B	45	B	51	B	46	B
<i>Complexo de Troca</i>										
Cálcio (Ca ²⁺) (cmol(+)/kg)	1,09	MB	2,08	B	-		2,0	MB	1,9	MB
Magnésio (Mg ²⁺) (cmol(+)/kg)	0,15	MB	0,32	MB	-		0,47	MB	0,47	MB
Sódio (Na ⁺) (cmol(+)/kg)	0,03	MB	0,05	MB	-		0,29	M	0,29	M
Potássio (K ⁺) (cmol(+)/kg)	0,07	MB	0,24	B	-		0,04	MB	0,03	MB
Capacidade de troca catiónica (cmol(+)/kg)	19,54	M	16,39	M	-		10,51	M	9,60	B
Acidez de troca (cmol(+)/kg)	18,21		13,70		-		7,72		6,93	
Soma das bases de troca	1,33		2,69		-		2,79		2,67	
Porcentagem de saturação (%)	7,10	MB	16,67	MB	-		27,08	B	28,17	B

Tabela 26. Resultados da análise de terras na parcela da EVAG. Valores médios (cont.).

Parâmetros	Ano 2009		Ano 2010		Ano 2011		Ano 2012			
							SEM FERT	COM FERT		
	CI		CI		CI		CI	CI		
<i>Micronutrientes</i>										
Ferro extraível (ppm Fe)	23	B	14	B	-		20	B	19	B
Cobre extraível (ppm Cu)	2,1	M	4,6	M	-		3,7	M	4,2	M
Manganês extraível (ppm Mn)	1	MB	2	MB	-		2	MB	2	MB
Zinco extraível (ppm Zn)	3,2	M	5,4	A	-		2,0	M	1,0	B
Boro solúvel em água (ppm B)	0,68	M	0,73	M	-		0,88	M	0,86	M
<i>Outras</i>										
Azoto total (ppm N)	0,10		0,09		-		-		-	

Nota: CI: Classificação; - : Não determinado, MB: Muito baixo, B: Baixo, M: Médio, A: Alto, MA: Muito alto

Pela apreciação da tabela 26, verifica-se que os solos da EVAG são de textura média, de reação pouco ácida e sem efeitos salinos. O teor de matéria orgânica é, em geral, médio. Os níveis de fósforo extraível são marcadamente baixos, em oposição aos de potássio extraível, cujos valores são considerados muito altos. A relação Ca/Mg é alta, o que pode refletir uma característica do solo onde a vinha se encontra instalada, porventura associada ao efeito das fertilizações efetuadas no período pré-ensaio. Esta relação pode conduzir a uma situação desfavorável para a nutrição da planta em magnésio. Embora a capacidade de troca catiónica apresente classificação média, os valores dos iões do complexo de troca e da percentagem de saturação de bases são normalmente muito baixos a baixos, o que explica que os graus de saturação (%) do Ca^{2+} , do Mg^{2+} e do K^+ sejam, em geral, baixos. O resultado do grau de saturação em bases do solo indica que uma parte da capacidade de troca catiónica não é ocupada por bases, mas sim por iões H^+ , Al^{3+} e outros catiões do solo, estando este facto associado a um solo mais ou menos ácido, isto é, com pH baixo (INIAP, 2006). Considerando os micronutrientes, os teores de ferro e de manganês

sugerem que os mesmos se encontram, respetivamente, nas classes de fertilidade baixa e muito baixa, enquanto as concentrações de cobre e de boro se situam na classe de fertilidade média. Os teores de zinco variam entre as classes baixa e alta.

Relativamente à fertilização ao solo efetuada em 2011, não parece existir efeito apreciável da mesma no valor dos parâmetros considerados.

Convém ressaltar que, um fator de variação importante e que deverá ser considerado nesta apreciação, poderá ser o facto de, neste trabalho, por questões de ordem técnica e económica, se terem colhido apenas 6 subamostras tendo estas sido retiradas de uma camada única de 0 a 40/50 cm de profundidade. Conforme se poderá observar no Anexo I, o esquema de colheita sugerido por vários autores propõe uma unidade de amostragem, na qual são marcadas de forma permanente 40 plantas da mesma casta e porta-enxerto distribuídas, por exemplo, em duas linhas contíguas, na qual se colhem 15 a 20 subamostras. Para além disso, sempre que estivermos perante solos ácidos ou em situações em que se esperam diferenças acentuadas de fertilidade entre as duas camadas de terra, é ainda recomendada a colheita de duas amostras de terra uma à profundidade de 0-20 cm e outra de 20 a 40/50 cm. Ora, tais decisões podem ter levado a resultados menos fidedignos em relação ao valor de alguns parâmetros já que a o rigor e precisão deste tipo de análise variam consoante o número de subamostras recolhidas (Jordão *et al.*, 1986). Refira-se, por exemplo, o fósforo que, de entre os nutrientes avaliados, é aquele que maior número de subamostras requiere. Por outro lado, o valor de alguns parâmetros de fertilidade do solo pode variar em função da profundidade de colheita das amostras de terra, nomeadamente os teores de matéria orgânica, de potássio e de boro, como se pode observar, por exemplo, em Pacheco (1999). Além disso, a aplicação de fertilizantes, que teve lugar nesta parcela no ano de 2011, e que foi efetuada pontualmente de forma localizada, com o objetivo de minimizar as contaminações das sub-modalidades não fertilizadas poderá, igualmente, ter interferido negativamente nos resultados das análises de terra, tendo comprometido a representatividade das amostras colhidas.

Tabela 27. Resultados da análise de terras na parcela de S. Luiz. Valores médios.

Parâmetros	Ano 2009		Ano 2010		Ano 2011		Ano 2012			
							SEM FERT		COM FERT	
	CI		CI		CI		CI		CI	
<i>Análise Sumária</i>										
Textura	Média									
pH (H ₂ O)	6,4	Pco. ácido	6,3	Pco. ácido	6,4	Pco. ácido	6,0	Pco. ácido	5,9	Pco. ácido
pH KCl	4,38		5,23		-		-		-	
Matéria Orgânica (%)	0,47	MB	0,66	MB	0,70	MB	1,10	B	1,10	B
Fósforo extraível (ppm P ₂ O ₅)	76	M	137	A	51	M	49	B	60	M
Potássio extraível (ppm K ₂ O)	187	A	95	M	-		.		.	
Necessidade de CaCO ₃ (t/ha)	10,0		8,3		-		.		.	
Condutividade elétrica (mS/cm (25°C))	0,06	Sem efeitos salinos	0,04	Sem efeitos salinos	0,09	Sem efeitos salinos	0,09	Sem efeitos salinos	0,24	Sem efeitos salinos
Cálcio extraível (ppm Ca)	1311		1391							
Magnésio extraível (ppm Mg)	277	MA	217	MA						
<i>Complexo de Troca</i>										
Cálcio (Ca ²⁺) (cmol(+)/kg)	5,88	M	7,65	M	10,13	A	8,45	M	9,73	M
Magnésio (Mg ²⁺) (cmol(+)/kg)	2,19	M	2,33	M	3,48	A	2,83	A	3,75	A
Sódio (Na ⁺) (cmol(+)/kg)	0,08	MB	0,11	B	0,60	A	0,43	M	0,57	A
Potássio (K ⁺) (cmol(+)/kg)	0,06	MB	0,12	B	0,20	B	0,13	B	0,10	B
Capacidade de troca catiónica (cmol(+)/kg)	9,70	B	11,22	M	16,88	M	14,73	M	19,25	M
Acidez de troca (cmol(+)/kg)	1,49		1,02		-					
Soma das bases de troca	8,21		10,20		14,35		11,80		14,15	
Porcentagem de saturação (%)	79,39	A	93,02	MA	84,53	MA	78,08	A	73,68	A

Tabela 27. Resultados da análise de terras na parcela de S. Luiz. Valores médios (cont.).

Parâmetros	Ano 2009		Ano 2010		Ano 2011		Ano 2012			
							SEM FERT		COM FERT	
	CI		CI		CI		CI		CI	
<u>Micronutrientes</u>										
Ferro extraível (ppm Fe)	67	A	31	M	86	MA	153	MA	154	MA
Cobre extraível (ppm Cu)	7,4	A	6,2	M	9,4	A	15,4	MA	16,4	MA
Manganês extraível (ppm Mn)	18	M	16	M	15	B	33	M	34	M
Zinco extraível (ppm Zn)	11,9	MA	7,9	A	1,0	B	1,2	B	1,2	B
Boro solúvel em água (ppm B)	0,76	M	0,31	B	2,35	A	2,51	MA	1,72	A
<u>Outras</u>										
Azoto total (ppm N)	0,15		0,03		0,07		0,08		0,10	

Nota: CI: Classificação; - : Não determinado, MB: Muito baixo, B: Baixo, M: Médio, A: Alto, MA: Muito alto

Em relação à análise de terras da parcela da vinha da Lobata, na Quinta de S. Luiz (Tabela 27), constata-se que a textura é média e o solo é de reação pouco ácida e sem efeitos salinos. Os teores de matéria orgânica são muito baixos a baixos. Em oposição à EVAG, o teor de fósforo extraível é médio e o de potássio é médio a alto. Neste solo a reação Ca/Mg é média, sugerindo uma situação de nutrição adequada à nutrição das culturas. Os valores da capacidade de troca catiónica apresentam-se médios a baixos e a percentagem de saturação em bases é muito alta. Por seu lado, os valores percentuais de saturação do Ca^{2+} , do Mg^{2+} e do K^+ são médios. No que respeita aos micronutrientes, o ferro e o cobre apresentam uma tendência, em geral, crescente ao longo do tempo, atingindo teores muito altos nos últimos anos de ensaio. Não havendo razão aparente para o aumento do ferro durante o período de ensaio, o mais provável é que estes valores mais elevados estejam associados a eventuais contaminações laboratoriais. Por sua vez, as concentrações altas e muito altas de cobre são resultado da sua acumulação estando, muito possivelmente, relacionadas com os tratamentos fitossanitários para combate ao míldio, realizados ao longo dos vários anos de existência de vinha naquela parcela. O zinco, que inicialmente se encontrava muito alto nas terras analisadas, evoluiu para uma situação de deficiência no final dos quatro anos de ensaio. Julga-se que tal comportamento se deverá ou, a

erros de amostragem ou a erros analíticos. Por seu lado, o boro surge, tendencialmente, em concentrações elevadas, embora se registem algumas diferenças de ano para ano, que poderão ser também explicadas pelos fatores de variabilidade existentes, tais como o processo de colheita e/ou análise de terras. O manganês apresenta-se em níveis médios.

Mais uma vez refira-se que a simplificação do processo de colheita de amostras de terras, bem como a aplicação localizada do adubo, em 2011, serão aspetos a considerar já que colocam em causa a exatidão de alguns destes resultados. De facto, seria de esperar que, nas análises de terras referentes a 2012, se refletisse o efeito da fertilização ao solo realizado no ano anterior, o que não se verificou. Por sua vez, a decisão de fertirrega, tomada em 2012, não poderá ser considerada como um fator influenciador dos resultados obtidos já que teve início em abril, muito depois da data em que foi realizada última colheita de terras aqui apresentada.

2.2. Resultados das amostras de folhas e diagnóstico do estado nutricional da vinha

Os resultados das análises foliares que foram efetuadas ao longo dos ciclos vegetativos da videira, em cada ano, representados nas tabelas 28 a 33 (caso da EVAG) e 34 a 39 (dados referentes à Quinta de São Luiz), estão ordenados consoante o respetivo tratamento a que foram sujeitos (TEST, CIS, DRIS 1 e DRIS 2).

Enquanto para o tratamento TEST os resultados apresentados são os obtidos pela aplicação dos métodos de análise a nível laboratorial, para o CIS, há a acrescentar a interpretação dos valores segundo as referências publicadas na bibliografia, e que classificam os nutrientes em baixos, suficientes ou altos. Apesar desta classificação estar definida e ser aplicável apenas no período de plena floração, considerou-se interessante estender tal interpretação às restantes épocas de colheita, razão pela qual, nesses casos, a classificação surge nas tabelas em letra minúscula. Em relação aos índices DRIS (DRIS 1 e DRIS 2), nas tabelas pode consultar-se não só a média dos índices DRIS e a sua classificação, como também o valor de IBN que resulta da aplicação da fórmula de cálculo anteriormente enunciada no capítulo da Revisão Bibliográfica. Acrescente-se porém que, nas videiras observadas, não foram nunca detetados sintomas visuais referentes a carências ou a excessos nutricionais, ainda que a classificação dos diferentes métodos assim o determinasse.

O período que mediou a colheita de folhas à Prefloração e a amostragem aos 20 dias após as aplicações foliares foi, no ano de 2009, de 75 dias na EVAG e de 79 dias

em S. Luiz, se bem que nos restantes tenha sido, em média, de 47 dias na EVAG e de 58 dias na Quinta de S. Luiz.

Na apreciação que a seguir se fará, é de ter presente que a interferência de produtos fitofarmacêuticos neste processo, apesar de todo o cuidado no planeamento da fertilização, não deverá ser excluída. Por outro lado, agentes quelantes como o EDTA ou o EDDHA, ou até a própria formulação de alguns adubos foliares menos puros são passíveis de exercer influência nos resultados obtidos. A juntar a isto, a ocorrência de condições climáticas adversas à própria absorção dos nutrientes, tal como a presença de precipitação, a qual pode implicar a lavagem dos fertilizantes aplicados, ou até mesmo a reduzida disponibilidade hídrica do solo, às quais se acrescenta a decisão de regar a parcela da Quinta de S. Luiz, durante os anos de 2011 e 2012, são outros fatores que poderão ter efeito na eficiência da adubação foliar. Também a realização de fertirrega no último ano de ensaio na parcela do Douro, iniciada no mês de abril (cerca de dois meses antes da floração) e terminada em agosto (quatro semanas após a última colheita de folhas), introduz mais uma variável neste processo complexo que é o diagnóstico do estado nutritivo da vinha. Por último, convém ter presente que as reservas existentes nos órgãos da planta e a sua demanda para pontos de consumo são passíveis de modificar as concentrações de nutrientes nas folhas, independentemente da sua ocorrência no solo ou das fertilizações efetuadas.

Tabela 28. Resultados das análises foliares para a modalidade Testemunha (TEST), 2009 a 2012, Loureiro. Valores médios observados por ano, época de colheita e fertilização ao solo.

Ano	Época de colheita	Fertilização Solo	Concentrações									
			N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm	B ppm
2009	PF	SEM	1,08	0,25	2,01	0,98	0,22	11	27	42	51	17
2009	F	SEM	0,84	0,24	2,00	1,17	0,22	9	26	52	63	19
2009	0d	SEM	0,57	0,15	1,08	1,82	0,54	6	55	99	60	45
2009	10d	SEM	0,69	0,09	1,29	1,39	0,54	59	7	113	64	44
2009	20d	SEM	0,60	0,08	1,38	1,60	0,50	32	34	121	44	40
2010	PF	SEM	0,74	0,28	1,55	0,81	0,40	10	33	44	62	15
2010	F	SEM	0,73	0,27	1,45	2,31	0,40	9	29	85	49	45
2010	0d	SEM	0,62	0,21	1,18	1,45	0,30	6	33	50	42	30
2010	10d	SEM	0,54	0,24	1,45	1,69	0,33	4	38	87	51	31
2010	20d	SEM	0,47	0,15	1,15	1,46	0,36	5	36	75	54	28
2011	PF	SEM	0,80	0,25	1,21	0,98	0,37	3	6	20	39	17
2011	PF	COM	0,96	0,29	2,74	1,21	0,72	8	26	51	44	57
2011	F	SEM	0,96	0,29	2,74	1,21	0,72	8	26	51	44	57
2011	F	COM	1,29	0,26	2,82	1,21	0,75	8	30	60	50	63
2011	0d	SEM	0,59	0,24	1,20	1,91	0,30	3	40	55	48	30
2011	0d	COM	0,84	0,20	1,28	2,26	0,32	4	51	64	47	33
2011	20d	SEM	0,39	0,15	2,05	2,27	0,37	6	21	80	32	30
2011	20d	COM	0,41	0,15	2,11	2,52	0,43	5	20	107	36	33
2012	PF	SEM	1,14	0,24	1,18	1,44	0,62	8	36	88	91	31
2012	PF	COM	1,14	0,20	1,36	1,57	0,62	7	32	107	88	24
2012	F	SEM	1,14	0,20	1,41	1,29	0,46	8	36	135	75	17
2012	F	COM	0,89	0,12	1,02	1,09	0,50	7	25	139	79	10
2012	0d	SEM	0,65	0,20	1,67	1,25	0,51	3	30	107	58	27
2012	0d	COM	0,80	0,18	1,35	1,30	0,41	6	82	132	64	30
2012	20d	SEM	0,63	0,10	1,02	1,52	0,50	6	32	149	71	32
2012	20d	COM	0,53	0,08	1,05	1,53	0,51	7	37	167	83	29

Nota: PF: Prefloração; F: Floração, 0d: Data da fertilização foliar (0 dias); 10d: 10 dias após a fertilização foliar; 20d: 20 dias após a fertilização foliar.

Tabela 29. Resultados das análises foliares classificados segundo o Critério de Intervalos de Suficiência (CIS), 2009 a 2012, Loureiro. Valores médios classificados por ano, época de colheita e fertilização ao solo.

Ano	Época de colheita	Fertilização Solo	Concentrações/Classificações																			
			N %	C L	P %	C L	K %	C L	Ca %	C L	Mg %	C L	Cu ppm	C L	Fe ppm	C L	Mn ppm	C L	Zn ppm	C L	B ppm	C L
2009	PF	SEM	0,97	s	0,31	s	1,66	s	1,78	s	0,35	s	11	s	22	b	58	s	66	s	12	b
2009	F	SEM	0,85	B	0,23	S	2,25	S	1,12	B	0,26	B	9	S	30	B	57	S	67	S	17	B
2009	0d	SEM	0,58	b	0,10	b	1,00	b	1,74	s	0,54	s	6	s	55	s	103	s	62	s	47	a
2009	10d	SEM	1,18	s	0,05	b	0,88	b	0,72	b	0,39	s	31	s	32	b	68	s	46	s	33	s
2009	20d	SEM	0,62	b	0,09	b	1,18	b	1,48	s	0,49	s	40	s	37	b	102	s	43	s	35	s
2010	PF	SEM	0,92	s	0,27	s	1,95	s	0,90	b	0,45	s	9	s	32	b	62	s	66	s	14	b
2010	F	SEM	0,80	B	0,25	S	1,42	B	2,20	S	0,39	S	17	S	36	B	81	S	57	S	49	A
2010	0d	SEM	0,53	b	0,18	b	1,24	b	1,43	s	0,31	s	6	s	34	b	56	s	61	s	30	s
2010	10d	SEM	0,51	b	0,19	b	1,41	b	1,66	s	0,32	s	4	b	45	s	100	s	52	s	32	s
2010	20d	SEM	0,45	b	0,09	b	1,20	b	1,27	b	0,31	s	4	b	37	b	81	s	46	s	27	s
2011	PF	SEM	1,35	a	0,24	s	1,28	b	0,99	b	0,38	s	2	b	7	b	21	b	40	s	20	b
2011	PF	COM	1,27	a	0,29	s	1,48	b	1,32	s	0,48	s	4	b	11	b	44	s	56	s	22	b
2011	F	SEM	1,32	A	0,25	S	2,94	A	1,22	B	0,80	A	9	S	22	B	64	S	51	S	63	A
2011	F	COM	1,36	A	0,26	S	2,88	A	1,09	B	0,81	A	8	S	20	B	93	S	53	S	58	A
2011	0d	SEM	0,98	s	0,17	b	1,22	b	2,00	s	0,33	s	4	b	73	s	63	s	53	s	29	s
2011	0d	COM	1,07	s	0,21	s	1,47	b	2,04	s	0,34	s	5	s	50	s	107	s	57	s	34	s
2011	20d	SEM	0,51	b	0,09	b	1,89	s	2,19	s	0,43	s	6	s	46	s	94	s	39	s	22	b
2011	20d	COM	0,48	b	0,10	b	2,05	s	2,15	s	0,41	s	5	s	30	b	150	s	41	s	25	s
2012	PF	SEM	1,24	a	0,22	s	1,28	b	1,62	s	0,66	a	10	s	29	b	118	s	103	a	24	b
2012	PF	COM	1,33	a	0,22	s	1,70	s	1,58	s	0,70	a	9	s	31	b	141	s	92	s	34	s
2012	F	SEM	0,89	B	0,21	S	1,37	B	1,50	S	0,53	S	10	S	31	B	146	S	86	S	15	B
2012	F	COM	1,04	S	0,16	B	1,69	S	1,27	B	0,48	S	8	S	32	B	178	A	86	S	13	B
2012	0d	SEM	0,69	b	0,14	b	1,34	b	0,97	b	0,50	s	6	s	27	b	134	s	61	s	25	s
2012	0d	COM	0,90	s	0,19	b	1,71	s	1,46	s	0,56	s	8	s	32	b	196	a	78	s	26	s
2012	20d	SEM	0,55	b	0,10	b	0,99	b	1,44	s	0,53	s	5	s	31	b	172	a	93	s	29	s
2012	20d	COM	0,58	b	0,08	b	1,18	b	1,45	s	0,50	s	6	s	31	b	203	a	87	s	30	s

Nota: PF: Prefloração; F: Floração, 0d: Data da fertilização foliar (0 dias); 10d: 10 dias após a fertilização foliar; 20d: 20 dias após a fertilização foliar; Cl: Classificação; B: Baixo; S: Suficiente; A: Alto; Esta classificação está estabelecida apenas para o período da floração, tendo-se optado pela sinalização da classificação em minúsculas nas restantes épocas de colheita.

Tabela 30. Índices DRIS resultantes da aplicação do formulário DRIS 1, segundo a base de dados A93, utilizando todos os nutrientes, 2009 e 2010, Loureiro. Valores médios, classificados por época de colheita e fertilização ao solo.

Ano	Época de colheita	Fertilização Solo	Índices																				
			N	C L	P	C L	K	C L	Ca	C L	Mg	C L	Cu	C L	Fe	C L	Mn	C L	Zn	C L	B	C L	IBN
2009	PF	SEM	4,1	S	7,3	S	19,9	l	-9,5	S	-18,8	c	16,7	l	11,6	S	-52,0	C	31,5	E	-10,9	S	182
2009	F	SEM	0,8	S	0,0	S	15,3	l	-7,5	S	-35,2	C	5,5	S	13,2	S	-33,3	C	46,9	E	-5,7	S	173
2009	0d	SEM	-13,1	S	-33,6	C	-17,1	c	3,2	S	-4,9	S	-5,3	S	43,6	E	-13,1	S	28,1	l	12,1	S	213
2009	10d	SEM	38,4	E	-121,3	C	-34,6	C	-28,3	c	-13,1	S	186,8	E	34,9	E	5,2	S	12,6	S	-1,0	S	589
2009	20d	SEM	-5,5	S	-123,2	C	-23,2	c	-8,4	S	-8,2	S	112,0	E	26,3	l	19,6	l	9,7	S	1,0	S	359
2010	PF	SEM	9,3	S	1,6	S	10,5	S	-17,2	c	-12,4	S	7,2	S	21,1	l	-45,3	C	33,1	E	-8,1	S	166
2010	F	SEM	-3,3	S	-4,4	S	-8,4	S	6,5	S	-18,8	c	12,9	S	13,5	S	-31,0	C	23,8	l	9,0	S	139
2010	0d	SEM	-6,7	S	-22,2	c	-6,9	S	1,8	S	-16,8	c	-3,7	S	25,7	l	-24,1	c	38,1	E	14,8	S	187
2010	10d	SEM	-14,1	S	-35,6	C	-6,1	S	0,8	S	-11,3	S	-28,2	c	38,0	E	19,0	l	27,9	l	9,6	S	198
2010	20d	SEM	-8,9	S	-57,9	C	-8,0	S	2,3	S	-3,2	S	-6,9	S	33,2	E	19,4	l	22,7	l	7,3	S	184

Nota: PF: Prefloração; F: Floração, 0d: Data da fertilização foliar (0 dias); 10d: 10 dias após a fertilização foliar; 20d: 20 dias após a fertilização foliar; Cl: Classificação; C: Carência; c: Carência latente; S: Suficiente; l: Consumo de luxo; E: Excessivo.

Tabela 31. Índices DRIS resultantes da aplicação do formulário DRIS 1, segundo a base de dados A199, utilizando uma seleção de nutrientes, 2011 e 2012, Loureiro. Valores médios, classificados por época de colheita e fertilização ao solo.

Ano	Época de colheita	Fertilização Solo	Índices												
			N	C L	P	C L	K	C L	Ca	C L	Mg	C L	B	C L	IBN
2011	PF	SEM	3,3	S	-15,1	c	-8,5	S	-1,6	S	2,4	S	19,5	l	50
2011	PF	COM	8,0	S	-25,1	c	-8,3	S	-2,0	S	-2,9	S	30,2	E	77
2011	F	SEM	-9,5	S	-44,3	C	2,1	S	13,2	S	-1,8	S	40,3	E	111
2011	F	COM	-13,9	S	-39,1	C	-0,7	S	15,4	l	0,9	S	37,3	E	107
2011	0d	SEM	2,0	S	-19,1	c	-5,9	S	10,7	S	-5,9	S	18,1	l	62
2011	0d	COM	5,9	S	-26,3	c	-7,0	S	10,1	S	-4,8	S	22,1	l	76
2011	20d	SEM	0,6	S	-32,6	C	-3,6	S	3,4	S	-1,0	S	33,1	E	74
2011	20d	COM	1,2	S	-20,8	c	-3,9	S	-0,2	S	-0,5	S	24,2	l	51
2012	PF	SEM	13,2	S	-4,6	S	-8,0	S	2,3	S	0,3	S	-3,2	S	32
2012	PF	COM	19,2	l	-38,3	C	-11,5	S	-3,1	S	-2,1	S	35,8	E	110
2012	F	SEM	-3,0	S	-68,9	C	-12,5	S	13,2	S	7,0	S	64,2	E	169
2012	F	COM	-4,8	S	-58,1	C	-5,9	S	7,2	S	3,4	S	58,3	E	138
2012	0d	SEM	-1,2	S	-4,1	S	0,6	S	-7,1	S	-7,1	S	4,0	S	24
2012	0d	COM	-0,3	S	-5,6	S	-3,5	S	3,3	S	1,2	S	4,9	S	19
2012	20d	SEM	5,0	S	-17,8	c	-4,1	S	1,3	S	-0,8	S	12,6	S	42
2012	20d	COM	7,6	S	-28,1	c	-6,3	S	3,5	S	1,5	S	21,9	l	69

Nota: PF: Prefloração; F: Floração, 0d: Data da fertilização foliar (0 dias); 10d: 10 dias após a fertilização foliar; 20d: 20 dias após a fertilização foliar; Cl: Classificação; C: Carência; c: Carência latente; S: Suficiente; l: Consumo de luxo; E: Excessivo.

Tabela 32. Índices DRIS resultantes da aplicação do formulário DRIS 2, segundo a base de dados A93, utilizando todos os nutrientes, 2009 e 2010, Loureiro. Valores médios, classificados por época de colheita e fertilização ao solo.

Ano	Época de colheita	Fertilização Solo	Índices																				
			N	C L	P	C L	K	C L	Ca	C L	Mg	C L	Cu	C L	Fe	C L	Mn	C L	Zn	C L	B	C L	IBN
2009	PF	SEM	18,1	l	16,9	c	35,4	E	-14,6	S	-44,3	C	25,1	l	7,6	S	-81,4	C	37,4	E	-0,3	S	281
2009	F	SEM	8,6	S	6,1	S	34,6	E	-1,1	S	-36,8	C	8,5	S	12,6	S	-65,5	C	42,7	E	-10,0	S	241
2009	0d	SEM	-1,3	S	-63,4	C	-11,4	S	11,5	S	-4,7	S	-4,9	S	24,2	l	-22,5	c	36,7	E	35,9	E	223
2009	10d	SEM	84,4	E	-115,5	C	-11,8	S	-25,7	c	-17,9	c	91,4	E	7,0	S	-58,9	C	23,8	l	23,1	l	482
2009	20d	SEM	30,3	E	-91,4	C	-2,8	S	3,8	S	-7,3	S	58,1	E	2,4	S	-39,4	C	20,4	l	25,8	l	302
2010	PF	SEM	29,5	l	0,2	S	23,6	l	-14,4	S	-5,2	S	12,8	S	-4,8	S	-53,6	C	38,9	E	-27,1	c	210
2010	F	SEM	3,1	S	-15,6	c	-2,6	S	23,5	l	-19,1	c	1,9	S	14,6	S	-53,0	C	19,5	l	27,8	l	198
2010	0d	SEM	9,4	S	-29,7	c	6,0	S	14,5	S	-16,7	c	-5,0	S	16,7	l	-54,5	C	35,2	E	24,2	l	216
2010	10d	SEM	0,3	S	-31,6	C	-8,7	S	-6,2	S	-3,0	S	-22,6	c	24,0	l	-16,4	c	34,9	E	29,4	l	183
2010	20d	SEM	8,9	S	-69,1	C	3,1	S	12,6	S	-10,6	S	7,4	S	19,4	l	-31,3	C	42,1	E	17,5	l	235

Nota: PF: Prefloração; F: Floração, 0d: Data da fertilização foliar (0 dias); 10d: 10 dias após a fertilização foliar; 20d: 20 dias após a fertilização foliar; Cl: Classificação; C: Carência; c: Carência latente; S: Suficiente; l: Consumo de luxo; E: Excessivo.

Tabela 33. Índices DRIS resultantes da aplicação do formulário DRIS 2, segundo a base de dados A199, utilizando uma seleção de nutrientes, 2011 e 2012, Loureiro. Valores médios, classificados por época de colheita e fertilização ao solo.

Ano	Época de colheita	Fertilização Solo	Índices													
			N	C L	P	C L	K	C L	Ca	C L	Mg	C L	B	C L	IBN	
2011	PF	SEM	21,6	l	-5,7	S	-2,9	S	0,5	S	-6,2	S	-7,3	S	44	
2011	PF	COM	17,7	l	-2,8	S	-3,6	S	-4,3	S	0,3	S	-7,3	S	36	
2011	F	SEM	-43,6	C	-48,5	C	30,4	E	71,5	E	-14,5	S	4,8	S	213	
2011	F	COM	-51,2	C	-49,7	C	34,6	E	66,0	E	-7,8	S	8,1	S	217	
2011	0d	SEM	11,3	S	-23,3	c	-7,0	S	41,1	E	-35,1	C	13,1	S	131	
2011	0d	COM	24,2	l	-34,2	C	-4,7	S	45,9	E	-41,0	C	9,9	S	160	
2011	20d	SEM	-3,1	S	-25,6	c	11,3	S	18,1	l	-12,4	S	11,6	S	82	
2011	20d	COM	3,1	S	-29,4	c	10,9	S	19,7	l	-14,4	S	10,0	S	88	
2012	PF	SEM	24,7	l	-17,7	c	-15,3	c	0,3	S	-0,5	S	8,5	S	67	
2012	PF	COM	22,6	l	-20,9	c	2,0	S	5,3	S	-3,3	S	-5,7	S	60	
2012	F	SEM	-6,8	S	-64,7	C	-4,2	S	43,6	E	22,1	l	10,1	S	152	
2012	F	COM	-1,4	S	-50,4	C	-9,2	S	33,9	E	7,4	S	19,7	l	122	
2012	0d	SEM	-5,2	S	-15,0	S	-5,7	S	15,8	l	6,3	S	6,3	S	54	
2012	0d	COM	8,6	S	-9,0	S	3,4	S	5,5	S	-4,5	S	-4,0	S	35	
2012	20d	SEM	7,0	S	-20,9	c	-5,1	S	14,3	S	3,9	S	1,3	S	53	
2012	20d	COM	13,8	S	-24,0	c	1,4	S	14,9	S	1,5	S	-7,7	S	63	

Nota: PF: Prefloração; F: Floração, 0d: Data da fertilização foliar (0 dias); 10d: 10 dias após a fertilização foliar; 20d: 20 dias após a fertilização foliar; Cl: Classificação; C: Carência; c: Carência latente; S: Suficiente; l: Consumo de luxo; E: Excessivo.

Tabela 34. Resultados das análises foliares para a modalidade Testemunha (TEST), 2009 a 2012, Touriga Nacional. Valores médios observados por ano, época de colheita e fertilização ao solo.

Ano	Época de colheita	Fertilização Solo	Concentrações									
			N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm	B ppm
2009	PF	SEM	1,11	0,41	2,22	0,94	0,48	6	31	258	20	25
2009	F	SEM	0,62	0,28	0,66	0,93	0,51	14	26	221	25	20
2009	0d	SEM	1,40	0,34	0,54	1,57	1,16	45	50	547	36	39
2009	10d	SEM	0,62	0,42	0,41	1,67	1,34	44	61	692	26	39
2009	20d	SEM	0,71	0,29	0,43	1,31	1,39	58	67	769	35	42
2010	PF	SEM	1,06	0,38	1,02	0,93	0,69	26	72	200	23	22
2010	F	SEM	0,65	0,37	0,59	0,91	0,95	24	22	201	29	16
2010	0d	SEM	0,27	0,57	0,38	1,57	1,63	22	16	252	24	38
2010	20d	SEM	0,41	0,40	0,37	1,48	1,29	42	20	365	20	31
2011	PF	SEM	0,76	0,41	0,97	1,10	1,77	10	19	244	33	41
2011	PF	COM	0,89	0,34	0,85	0,82	1,46	8	20	149	27	30
2011	F	SEM	1,02	0,40	1,09	1,08	1,68	14	34	247	29	42
2011	F	COM	1,05	0,40	1,05	1,08	1,86	14	32	216	28	42
2011	0d	SEM	0,77	0,43	0,41	2,33	1,20	50	48	511	25	35
2011	0d	COM	0,44	0,37	0,41	2,08	0,98	51	50	343	21	32
2011	20d	SEM	0,74	0,39	0,52	2,10	1,21	173	154	474	22	35
2011	20d	COM	0,78	0,43	0,58	2,14	1,12	182	72	505	21	33
2012	PF	SEM	0,88	0,47	0,57	1,47	0,84	10	98	276	41	25
2012	PF	COM	1,11	0,47	0,63	1,37	0,87	8	79	230	38	22
2012	F	SEM	0,84	0,42	0,58	1,24	0,80	6	39	287	30	30
2012	F	COM	0,98	0,43	0,55	1,55	0,98	7	49	282	39	23
2012	0d	SEM	0,37	0,36	0,36	1,12	1,03	8	41	302	27	17
2012	0d	COM	0,26	0,40	0,36	1,10	1,09	9	37	389	26	19
2012	20d	SEM	0,59	0,33	0,29	1,31	1,12	4	55	436	38	30
2012	20d	COM	0,63	0,29	0,33	1,53	1,29	7	55	388	31	34

Nota: PF: Prefloração; F: Floração, 0d: Data da fertilização foliar (0 dias); 10d: 10 dias após a fertilização foliar; 20d: 20 dias após a fertilização foliar.

Tabela 35. Resultados das análises foliares, classificados segundo o Critério de Intervalos de Suficiência (CIS), 2009 a 2012, Touriga Nacional. Valores médios classificados por ano, época de colheita e fertilização ao solo.

Ano	Época de colheita	Fertilização Solo	Concentrações/Classificações																			
			N %	C L	P %	C L	K %	C L	Ca %	C L	Mg %	C L	Cu ppm	C L	Fe ppm	C L	Mn ppm	C L	Zn ppm	C L	B ppm	C L
2009	PF	SEM	1,13	s	0,32	s	1,59	s	1,09	b	0,44	s	7	s	47	s	243	a	29	s	24	b
2009	F	SEM	0,55	B	0,29	S	0,67	B	0,93	B	0,47	S	15	S	29	B	201	A	26	S	31	S
2009	0d	SEM	1,23	s	0,39	s	0,56	b	1,57	s	1,13	a	29	s	43	s	545	a	23	b	38	s
2009	10d	SEM	0,49	b	0,39	s	0,46	b	1,71	s	1,25	a	43	s	72	s	690	a	34	s	39	s
2009	20d	SEM	0,72	b	0,28	s	0,49	b	1,33	s	1,24	a	45	s	98	s	849	a	28	s	37	s
2010	PF	SEM	1,31	a	0,39	s	0,99	b	0,87	b	0,72	a	21	s	55	s	176	a	22	b	15	b
2010	F	SEM	0,65	B	0,38	S	0,77	B	0,87	B	0,18	B	23	S	25	B	204	A	29	S	15	B
2010	0d	SEM	0,38	b	0,65	a	0,61	b	1,79	s	1,61	a	32	s	21	b	265	a	24	b	43	s
2010	20d	SEM	0,51	b	0,51	a	0,53	b	1,58	s	1,29	a	44	s	23	b	423	a	21	b	32	s
2011	PF	SEM	0,77	b	0,39	s	0,98	b	1,00	b	1,55	a	9	s	15	b	192	a	26	s	36	s
2011	PF	COM	0,67	b	0,41	a	0,82	b	1,10	b	1,68	a	8	s	21	s	206	a	34	s	38	s
2011	F	SEM	0,98	S	0,42	A	1,16	B	1,14	B	1,69	A	13	S	27	B	233	A	25	S	42	S
2011	F	COM	1,02	S	0,42	A	1,00	B	1,15	B	1,72	A	11	S	42	S	215	A	23	B	39	S
2011	0d	SEM	0,66	b	0,47	a	0,53	b	2,34	s	1,10	a	44	s	41	s	496	a	21	b	38	s
2011	0d	COM	0,51	b	0,47	a	0,53	b	2,25	s	1,05	a	45	s	34	s	403	a	18	b	35	s
2011	20d	SEM	0,60	b	0,41	a	0,76	b	1,96	s	1,04	a	159	a	106	s	473	a	24	b	32	s
2011	20d	COM	0,60	b	0,43	a	0,80	b	2,14	s	1,04	a	165	a	93	s	405	a	22	b	34	s
2012	PF	SEM	1,50	a	0,49	a	0,76	b	1,28	b	0,76	a	10	s	99	s	256	a	36	s	27	s
2012	PF	COM	1,50	a	0,47	a	0,74	b	1,52	s	0,80	a	10	s	95	s	233	a	34	s	28	s
2012	F	SEM	0,76	B	0,44	A	0,59	B	1,34	S	0,81	A	6	S	39	B	280	A	34	S	23	B
2012	F	COM	0,83	B	0,47	A	0,66	B	1,38	S	0,95	A	6	S	34	B	272	A	28	S	23	B
2012	0d	SEM	0,63	b	0,39	s	0,76	b	1,28	b	0,81	a	9	s	82	s	301	a	41	s	18	b
2012	0d	COM	0,77	b	0,30	s	0,57	b	1,24	b	0,91	a	8	s	48	s	314	a	30	s	17	b
2012	20d	SEM	0,40	b	0,29	s	0,41	b	1,25	b	0,99	a	3	b	55	s	438	a	49	s	27	s
2012	20d	COM	0,50	b	0,34	s	0,51	b	1,46	s	1,15	a	4	b	59	s	392	a	33	s	29	s

Nota: PF: Prefloração; F: Floração, 0d: Data da fertilização foliar (0 dias); 10d: 10 dias após a fertilização foliar; 20d: 20 dias após a fertilização foliar; Cl: Classificação; B: Baixo; S: Suficiente; A: Alto; Esta classificação está estabelecida apenas para o período da floração, tendo-se optado pela sinalização da classificação em minúsculas nas restantes épocas de colheita.

Tabela 36. Índices DRIS resultantes da aplicação do formulário DRIS 1, segundo a base de dados A93, utilizando todos os nutrientes, 2009 e 2010, Touriga Nacional. Valores médios, classificados por época de colheita e fertilização ao solo.

Ano	Época de colheita	Fertilização Solo	Índices																				
			N	C L	P	C L	K	C L	Ca	C L	Mg	C L	Cu	C L	Fe	C L	Mn	C L	Zn	C L	B	C L	IBN
2009	PF	SEM	31,5	E	-3,2	S	-2,1	S	-15,4	c	-9,1	S	-7,5	S	5,3	S	26,7	l	-19,5	c	-6,8	S	127
2009	F	SEM	0,0	S	-6,4	S	-14,4	S	-9,4	S	-1,1	S	4,6	S	7,6	S	22,5	l	-1,8	S	-1,5	S	88
2009	0d	SEM	23,1	l	-31,1	C	-88,4	C	-14,3	S	11,9	S	44,4	E	9,8	S	89,1	E	-37,8	C	-6,7	S	357
2009	10d	SEM	-17,2	c	-19,5	c	-126,1	C	-14,3	S	13,1	S	57,0	E	33,8	E	114,5	E	-34,6	C	-6,8	S	440
2009	20d	SEM	4,4	S	-72,3	C	-142,0	C	-35,5	C	16,4	l	73,1	E	29,0	l	169,2	E	-29,5	c	-12,8	S	590
2010	PF	SEM	12,2	S	-9,5	S	14,5	S	-22,9	c	-3,2	S	11,6	S	29,3	l	-3,1	S	-20,4	c	-8,6	S	135
2010	F	SEM	-3,2	S	-1,1	S	-17,5	c	-9,2	S	16,5	l	24,3	l	-0,1	S	21,0	l	-14,1	S	-16,6	c	144
2010	0d	SEM	-21,9	c	22,2	l	-48,0	C	6,2	S	37,9	E	20,9	l	-15,4	c	24,4	l	-35,4	C	8,9	S	247
2010	20d	SEM	-17,9	c	-12,9	S	-84,7	C	-6,5	S	21,7	l	73,5	E	-1,6	S	68,4	E	-34,9	C	-5,2	S	329

Nota: PF: Prefloração; F: Floração, 0d: Data da fertilização foliar (0 dias); 10d: 10 dias após a fertilização foliar; 20d: 20 dias após a fertilização foliar; Cl: Classificação; C: Carência; c: Carência latente; S: Suficiente; l: Consumo de luxo; E: Excessivo.

Tabela 37. Índices DRIS resultantes da aplicação do formulário DRIS 1, segundo a base de dados A199, utilizando uma seleção de nutrientes, 2011 e 2012, Touriga Nacional. Valores médios, classificados por época de colheita e fertilização ao solo.

Ano	Época de colheita	Fertilização Solo	Índices												
			N	C L	P	C L	K	C L	Ca	C L	Mg	C L	B	C L	IBN
2011	PF	SEM	-8,6	S	2,6	S	-10,9	S	-8,1	S	18,5	l	6,5	S	55
2011	PF	COM	0,3	S	6,1	S	-15,7	c	-9,5	S	16,6	l	2,2	S	50
2011	F	SEM	-2,6	S	0,2	S	-12,9	S	-10,3	S	18,5	l	7,0	S	52
2011	F	COM	-4,5	S	-6,5	S	-17,4	c	-14,8	S	20,6	l	22,7	l	87
2011	0d	SEM	-1,9	S	11,5	S	-46,2	C	21,2	l	12,6	S	2,8	S	96
2011	0d	COM	-6,1	S	11,7	S	-40,6	C	20,5	l	11,2	S	3,3	S	93
2011	20d	SEM	-1,1	S	3,6	S	-31,1	C	18,4	l	10,0	S	0,2	S	64
2011	20d	COM	-0,5	S	8,7	S	-34,1	C	15,1	l	11,1	S	-0,3	S	70
2012	PF	SEM	13,6	S	18,4	l	-21,4	c	0,9	S	4,0	S	-15,5	c	74
2012	PF	COM	8,2	S	17,4	l	-29,3	c	7,1	S	7,0	S	-10,3	S	79
2012	F	SEM	3,9	S	20,0	l	-84,0	C	18,3	l	29,4	l	12,3	S	168
2012	F	COM	3,4	S	18,7	l	-88,4	C	18,2	l	28,4	l	19,7	l	177
2012	0d	SEM	13,9	S	20,8	l	-19,0	c	2,7	S	8,7	S	-27,1	c	92
2012	0d	COM	-9,5	S	23,1	l	-28,3	c	3,6	S	16,8	l	-5,7	S	87
2012	20d	SEM	7,7	S	18,6	l	-34,8	C	5,7	S	10,7	S	-8,0	S	86
2012	20d	COM	1,1	S	21,4	l	-39,6	C	7,9	S	13,7	S	-4,5	S	88

Nota: PF: Prefloração; F: Floração, 0d: Data da fertilização foliar (0 dias); 10d: 10 dias após a fertilização foliar; 20d: 20 dias após a fertilização foliar; Cl: Classificação; C: Carência; c: Carência latente; S: Suficiente; l: Consumo de luxo; E: Excessivo.

Tabela 38. Índices DRIS resultantes da aplicação do formulário DRIS 2, segundo a base de dados A93, utilizando todos os nutrientes, 2009 e 2010, Touriga Nacional. Valores médios, classificados por época de colheita e fertilização ao solo.

Ano	Época de colheita	Fertilização Solo	Índices																				
			N	C L	P	C L	K	C L	Ca	C L	Mg	C L	Cu	C L	Fe	C L	Mn	C L	Zn	C L	B	C L	IBN
2009	PF	SEM	45,0	E	-5,1	S	-0,1	S	-23,7	c	-15,8	c	-9,0	S	14,2	S	9,0	S	-5,7	S	-8,7	S	136
2009	F	SEM	-2,7	S	0,6	S	-15,3	c	-13,7	S	-1,0	S	16,1	l	13,2	S	8,7	S	-4,9	S	-0,8	S	93
2009	0d	SEM	54,1	E	-13,9	S	-53,5	C	-12,1	S	15,3	l	40,8	E	6,2	S	13,8	S	-51,7	C	1,1	S	270
2009	10d	SEM	-16,8	c	-9,9	S	-45,8	C	-4,2	S	20,6	l	40,7	E	16,9	l	22,0	l	-32,9	C	9,3	S	220
2009	20d	SEM	13,1	S	-18,1	c	-43,8	C	-20,0	c	23,1	l	50,3	E	9,6	S	23,6	l	-38,5	C	0,7	S	274
2010	PF	SEM	44,2	E	-0,7	S	15,6	l	-30,0	C	13,3	S	43,3	E	18,3	l	-5,5	S	-55,8	C	-42,7	C	269
2010	F	SEM	7,2	S	22,2	l	-14,5	S	-2,9	S	-48,6	C	41,8	E	8,9	S	11,8	S	-4,6	S	-21,4	c	206
2010	0d	SEM	-18,9	c	19,5	l	-41,1	C	3,5	S	47,1	E	33,2	E	-19,6	c	8,6	S	-47,1	C	14,9	S	254
2010	20d	SEM	-32,4	C	1,9	S	-31,3	C	-3,4	S	21,3	l	74,1	E	3,5	S	14,3	S	-40,8	C	-7,2	S	243

Nota: PF: Prefloração; F: Floração, 0d: Data da fertilização foliar (0 dias); 10d: 10 dias após a fertilização foliar; 20d: 20 dias após a fertilização foliar; Cl: Classificação; C: Carência; c: Carência latente; S: Suficiente; l: Consumo de luxo; E: Excessivo.

Tabela 39. Índices DRIS resultantes da aplicação do formulário DRIS 2, segundo a base de dados A199, utilizando uma seleção de nutrientes, 2011 e 2012, Touriga Nacional. Valores médios, classificados por época de colheita e fertilização ao solo.

Ano	Época de colheita	Fertilização Solo	Índices												
			N	C L	P	C L	K	C L	Ca	C L	Mg	C L	B	C L	IBN
2011	PF	SEM	0,4	S	-2,0	S	-18,2	c	-15,3	c	29,4	l	5,8	S	71
2011	PF	COM	-4,6	S	1,6	S	-19,9	c	-13,9	S	28,7	l	8,1	S	77
2011	F	SEM	-11,7	S	-0,2	S	-35,1	C	18,7	l	21,4	l	6,9	S	94
2011	F	COM	-1,8	S	-0,3	S	-40,1	C	14,0	S	20,4	l	7,8	S	84
2011	0d	SEM	-9,1	S	1,7	S	-38,0	C	19,6	l	16,5	l	9,2	S	94
2011	0d	COM	-5,4	S	4,0	S	-44,2	C	17,0	l	17,5	l	11,0	S	99
2011	20d	SEM	-4,1	S	1,4	S	-29,9	c	-0,3	S	23,2	l	9,6	S	69
2011	20d	COM	-3,4	S	-1,2	S	-24,8	c	-4,4	S	24,7	l	9,1	S	68
2012	PF	SEM	15,7	l	13,5	S	-25,4	c	1,3	S	12,9	S	-18,0	c	87
2012	PF	COM	9,4	S	12,8	S	-22,5	c	6,8	S	12,7	S	-19,2	c	83
2012	F	SEM	1,3	S	-5,2	S	-49,2	C	3,5	S	25,2	l	24,4	l	109
2012	F	COM	-2,9	S	-2,7	S	-60,8	C	4,6	S	27,4	l	34,3	E	133
2012	0d	SEM	-1,3	S	14,2	S	-17,6	c	0,9	S	21,3	l	-17,5	c	73
2012	0d	COM	-14,7	S	15,2	l	-18,6	c	4,4	S	24,1	l	-10,4	S	87
2012	20d	SEM	-0,1	S	9,4	S	-30,3	C	4,2	S	18,8	l	-2,0	S	65
2012	20d	COM	5,4	S	13,6	S	-22,1	c	1,3	S	17,1	l	-15,2	c	75

Nota: PF: Prefloração; F: Floração, 0d: Data da fertilização foliar (0 dias); 10d: 10 dias após a fertilização foliar; 20d: 20 dias após a fertilização foliar; Cl: Classificação; C: Carência; c: Carência latente; S: Suficiente; l: Consumo de luxo; E: Excessivo.

2.2.1. A modalidade Testemunha – TEST

Ao avaliar os resultados da EVAG (Tabela 28), na modalidade testemunha, verifica-se que, conforme mencionado por Parejo *et al.* (1992), existem importantes variações na concentração dos nutrientes de ano para ano. Ao longo de cada ano e em cada ciclo, observa-se, de um modo geral, que os teores de azoto, fósforo e potássio descem gradualmente, sendo os dois primeiros nutrientes aqueles que apresentam uma maior amplitude de valores e, por consequência, uma queda de concentrações mais marcada. Verifica-se igualmente que, apesar da diminuição do teor de potássio esta acontece apenas num intervalo limitado. Tal comportamento é semelhante ao descrito nos trabalhos de Pacheco *et al.* (1990), Colugnati *et al.* (1992), Parejo *et al.* (1992), ou Szöke *et al.* (1992). Analisando o comportamento do cálcio, constata-se um aumento da sua concentração ao longo do período analisado, conforme o exposto pelos autores acima referidos. O magnésio, apesar da sua evolução irregular, tem uma tendência de aumento, apresentando valores ligeiramente mais elevados próximo da floração, tal como o referido por Pacheco *et al.* (1990 a), Colugnati *et al.* (1992), Parejo *et al.* (1992), e Szöke *et al.* (1992). Por seu lado, o cobre surge, normalmente, nas folhas em concentrações regulares. Excetua-se o ano de 2009, explicando-se o aumento registado pela aplicação de um tratamento cúprico, para o controlo do míldio (Anexo VIII). A concentração do ferro é relativamente irregular, variando dentro de certos intervalos. O manganês regista um aumento considerável da sua concentração, facto que está em concordância com as observações de Parejo *et al.* (1992), e o zinco é relativamente estável ao longo do período estudado denotando-se, porém, uma tendência ligeiramente decrescente no decorrer do ciclo vegetativo e um leve aumento deste micronutriente próximo da época de floração. Contudo, no ano de 2012, as aplicações de produtos fitofarmacêuticos, em cuja formulação estavam presentes estes dois micronutrientes, explicam a grandeza dos valores obtidos. Por fim o boro caracteriza-se por um comportamento irregular, de oscilações limitadas, indo ao encontro do exposto por Pacheco *et al.* (1990 a), Colugnati *et al.* (1992), e Szöke *et al.* (1992).

Pela avaliação das sub-modalidades com e sem fertilização ao solo, verificam-se algumas diferenças consistentes entre os teores de manganês das modalidades adubadas com os das que não o foram. Os teores foliares destes micronutrientes,

apresentam, no ano de 2012, uma diferença ainda mais marcada, refletindo a aplicação dos tratamentos fitossanitários efetuados, os quais incluíam o manganês na sua composição.

De salientar ainda que alguns dos resultados apresentados, nomeadamente as concentrações de potássio no período da floração, em 2011 ou o teor de cálcio, à floração, em 2010, são valores exageradamente altos, que terão, muito provavelmente como explicação um erro analítico.

Na Quinta de S. Luiz (Tabela 34), constata-se, analogamente, a variabilidade inter-anual da concentração dos diferentes nutrientes. Para a modalidade testemunha, a tendência do azoto, do fósforo e do potássio é a de, uma vez mais, em consonância com os trabalhos anteriormente enunciados, diminuir ao longo de cada ano vitícola. Essa diminuição é, todavia, mais notória no caso do potássio. Por sua vez, as concentrações de cálcio e de magnésio aumentam, globalmente, de um modo semelhante ao verificado na EVAG e ao publicado por vários autores como Pacheco *et al.* (1990 a), Colugnati *et al.* (1992), Parejo *et al.* (1992), ou Szöke *et al.* (1992). Na Quinta de S. Luiz, os teores de cobre são substancialmente mais elevados do que na EVAG, provavelmente em consequência, não só, dos tratamentos cúpricos efetuados para controlo do míldio (Anexo VIII), mas também pelo teor deste nutriente no solo que é globalmente mais elevado na Quinta de S. Luiz. Contudo, em 2012, ano em foi apenas realizado um tratamento à base de cobre, as concentrações deste nutriente são mais baixas. A concentração do ferro, tal como na EVAG, mostrou ser relativamente irregular, mas o manganês viu o seu teor aumentar consideravelmente e o comportamento do zinco foi estável ao longo do ensaio. Uma vez mais, o boro apresentou um comportamento desigual, caracterizado por pequenas oscilações.

A respeito dos teores de magnésio e de manganês, as concentrações mais elevadas destes nutrientes nos pecíolos amostrados na Quinta de S. Luiz (comparativamente com as da EVAG), podem refletir os teores mais altos destes nutrientes no solo desta parcela. O estabelecimento da sub-modalidade de fertilização ao solo não permitiu constatar diferenças apreciáveis nos resultados apresentados. A fertirrigação levada a cabo em 2012, também não aparenta ter exercido qualquer efeito imediato sobre a nutrição da vinha, o que, em parte, pode ser explicado pelo facto de esta não acompanhar todo o ciclo da videira.

2.2.2. O Critério de Intervalos de Suficiência – CIS

Numa primeira apreciação dos resultados da aplicação do Critério de Intervalos de Suficiência à parcela da EVAG (Tabela 29) verifica-se que, de um modo geral, na época de plena floração, o azoto, o cálcio e o ferro são muitas vezes classificados como baixos e o manganês e o zinco se mantêm suficientes ao longo do ensaio.

Analisando mais finamente a mesma tabela, observa-se que, no ano de 2009, a aplicação de azoto por via foliar permitiu que as concentrações desse nutriente aumentassem, facto que foi visível na colheita foliar seguinte, a dos 10d. No que respeita ao caso do fósforo, a sua aplicação por via foliar foi efetuada dado que, à altura da floração, a sua concentração estava muito próxima de se tornar baixa. Todavia, não se verificou qualquer resposta da planta. Uma das explicações para este comportamento pode relacionar-se com a quantidade de fósforo aplicada, que poderá ser demasiado reduzida. Ainda assim, – e analisando os valores de precipitação no ano de 2009, a ocorrência de chuva nos dias 14 e 16 de julho (0,2 mm em cada uma das datas), em 22 de julho (71,6 mm), a contínua instabilidade climática ao longo do período pós-aplicações (havendo alguns dias chuvosos, com padrões de precipitação variáveis, sendo que o valor máximo diário de precipitação não ultrapassa os 2,4 mm) e os 11,4mm de precipitação registados a 1 de agosto, – levanta-se uma outra hipótese para tais resultados a qual considera que o tempo médio necessário para que ocorra a absorção de 50% do fósforo pela planta varia entre 5 a 10 dias (Midwest Laboratories, 1994). Posto isto, depreende-se que a precipitação ocorrida durante o período pós-aplicações foliares, especialmente a do dia 22 de Julho, 9 dias após a fertilização, poderá ter sido suficiente para influenciar a absorção do fósforo. Ao contrário do previsto, apesar da fertilização foliar com cálcio e magnésio, os seus teores foliares diminuem ao longo do período considerado. Conforme verificado na modalidade TEST, no ano de 2009, a concentração de cobre tende a aumentar em resultado dos tratamentos fitossanitários efetuados. As concentrações de ferro e de boro revelam comportamentos irregulares, não parecendo responder à fertilização foliar. Ainda assim, salienta-se que o tempo necessário para que se verifique a absorção de 50% do ferro aplicado é de 10 a 20 dias (Midwest Laboratories, 1994), período de tempo em que, como já foi dito anteriormente, se registaram valores de precipitação passíveis de lavar o nutriente das folhas. Apesar de em 2009 se terem registado 1299,6 mm de precipitação, e de a precipitação no mês de julho ter sido de 76,8 mm, o mês de agosto, em que choveu apenas 14,8 mm, inverteu a disponibilidade hídrica das videiras visto que, na medição do potencial hídrico do dia 4

de agosto a vinha se encontrava sob um ligeiro *stress* hídrico. Ora, tais condições poderão ter impedido a correta absorção dos fertilizantes foliares aplicados.

No ano de 2010, a fertilização via foliar apenas contemplou o azoto, o fósforo, o potássio e o ferro. Destes, só o potássio apresenta uma inversão da tendência natural de diminuição da sua concentração, ainda que pouco marcada. Neste segundo ano de ensaio não se registaram valores de precipitação significativos nos dias seguintes à fertilização foliar. O valor de precipitação anual mais elevado do ensaio (1536,8 mm) e o facto de julho ter sido o mês menos chuvoso (5,4 mm), pode explicar o ligeiro *stress* hídrico registado na parcela na medição de potencial hídrico efetuada cerca de 15 dias após a última colheita de folhas. A explicação para o insucesso da fertilização passará também, porventura, pelas concentrações aplicadas, as quais poderão não ter sido suficientes para colmatar as necessidades nutricionais da cultura.

No terceiro ano deste ensaio, as 0,10 UF/ha de azoto aplicadas (Tabela 10) não foram suficientes para elevar o teor de azoto nas folhas. Os teores de cálcio aumentaram após a fertilização. Contudo, não se percebe se este aumento foi resultado da fertilização ou do comportamento típico deste nutriente que é o de aumentar ao longo do tempo. Quanto ao ferro, não parece existir absorção foliar. Ainda que o tempo para que 50% deste nutriente seja absorvido corresponda a um período médio de 10 a 20 dias (Midwest Laboratories, 1994), a fertilização foliar parece ter sido, mais uma vez, limitada, já que à data da aplicação os valores de precipitação não foram significativos para justificar alterações na normal absorção dos nutrientes. Acrescente-se, todavia, que o ano de 2011 apresentou um registo de precipitação total de 1265 mm e, a 31 de Maio, data em que foram efetuadas as aplicações foliares, as videiras se encontravam sob *stress* hídrico, com valores de potencial entre -0,27 MPa e -0,30 MPa. A juntar a este facto, refira-se que no mês de abril choveu 8 mm e em março 34,4 mm. Estas condições meteorológicas e ecofisiológicas poderão ter condicionado o sucesso da fertilização.

Em 2012, apesar de ser terem aplicado os três macronutrientes N, P e K, não se verificou qualquer alteração importante nas folhas que não a evolução normal, já relatada na modalidade TEST. Por outro lado, os 5 mm de precipitação registados no dia 30 de junho, 8 dias após as aplicações, poderão ter influenciado a normal absorção do fósforo, uma vez que são, normalmente, necessários 5 a 10 dias para que se atinja uma taxa de 50% (Midwest Laboratories, 1994). Verifica-se, uma vez mais, um aumento da concentração do teor de cálcio embora não se perceba se esse resultado se deva à natural evolução deste nutriente ou à aplicação efetuada. Da aplicação de ferro constata-se que a sua concentração não sofreu qualquer

modificação e a de boro mostrou ser eficaz, dado que aumentou os seus teores para níveis suficientes. Em termos climáticos, o ano de 2012 foi o mais seco do quadriênio (977,8 mm) e a precipitação em junho e julho foi de 66,2 mm e de 8,2 mm, respetivamente, permitindo que os valores do potencial hídrico referentes a 17 de julho, cinco dias após a colheita de folhas dos 20d, apontem para conforto hídrico da casta Loureiro. Posto isto, julga-se que, neste caso, as doses de fertilizantes não terão sido as ideais.

Tendo em conta as modalidades com e sem fertilização ao solo, verificaram-se ligeiras diferenças na concentração de manganês em 2011 e em 2012, assim como nas de potássio em 2012.

Analisando, sob uma perspetiva geral, a fertilização segundo o Critério de Intervalos de Suficiência na Quinta de S. Luiz (Tabela 35), constata-se que o azoto, o potássio, o cálcio e o ferro surgem, muitas vezes em quantidades baixas. Por seu lado, o fósforo e o magnésio apresentam-se tendencialmente altos no campo de ensaio. Em relação aos micronutrientes, há a assinalar as concentrações altas de manganês, as quais estão bastantes acima do intervalo de normalidade definido pela metodologia.

Numa análise mais detalhada constata-se que, em 2009, a aplicação de 0,86 UF/ha de azoto e de 2,71 UF/ha de potássio (Tabela 11) não foi suficiente para que se observasse um aumento das concentrações foliares. Por seu lado, o incremento da concentração do cálcio ao longo do período em análise não se deverá, provavelmente, ao efeito da própria fertilização mas antes à tendência natural de aumento do seu teor, já que tal comportamento começa ainda antes da data das aplicações foliares. A fertilização com ferro, via foliar, parece resultar num aumento da sua concentração mas, a aplicação de boro continua a não ser perceptível na análise das folhas. Argumenta-se que o *stress* hídrico, moderado a forte, medido próximo da data de colheita de folhas aos 20d, e resultado da escassa precipitação (0,2 mm) registada no mês de julho, pode ter posto em causa o sucesso das fertilizações foliares. A inexistência de precipitação não permite que se considere algum efeito de lavagem e de diluição dos fertilizantes aplicados.

Em 2010, a aplicação de azoto não foi suficiente para aumentar ligeiramente os níveis deste nutriente nas folhas analisadas e as 2,71 UF/ha de potássio (Tabela 11) não influenciaram os resultados obtidos no período após as aplicações foliares. O magnésio e o cálcio veem as suas concentrações aumentar ao longo do ciclo não

estando, aparentemente, associados às fertilizações efetuadas. A fertilização com ferro não parece exercer qualquer influência no resultado das concentrações foliares obtidas. Por seu lado, o aumento da concentração de boro não parece dever-se à aplicação foliar realizada mas antes à sua irregularidade. Mais uma vez, a precipitação nos dias seguintes à fertilização foliar é escassa (0,2 mm a 18 de junho), não sendo o suficiente para justificar a lavagem dos nutrientes aplicados. Todavia, o ano de 2010 foi um ano de precipitação abundante (1103,2 mm, o que equivale ao dobro da média dos 30 anos apresentada), que se caracterizou por temperaturas médias mensais elevadas. O potencial hídrico medido a 5 de agosto, 1 mês após a colheita de folhas aos 20d, período durante o qual a precipitação foi nula, revelou um *stress* hídrico moderado para esta modalidade. Perante este cenário, pressupõem-se que, pela altura das aplicações foliares, as videiras se encontrariam em condições ótimas de hidratação. Tal facto permite leva a crer que a disponibilidade hídrica não condicionou a absorção dos nutrientes aplicados.

No ano de 2011, a quantidade de azoto aplicada permitiu contrariar a tendência de decréscimo acentuado do seu teor, embora não tenha sido a adequada para que a sua concentração subisse até valores considerados suficientes. O potássio, apesar de aplicado, não registou qualquer aumento no seu teor foliar. O cálcio regista uma subida de concentrações ao longo do período em análise, que não sugere ser resultado direto da fertilização. O potencial hídrico medido no ano de 2011, próximo da data das aplicações foliares estava perto do conforto hídrico da casta, o que seria completamente inesperado caso não fosse a rega da parcela. A precipitação no período após as fertilizações foliares não é suficiente para que se verifique a lavagem dos nutrientes aplicados à folha, visto que durante este mês choveu apenas 0,4 mm.

No último ano de ensaio, as aplicações de azoto e potássio foram insuficientes. O cálcio apresentou um comportamento pouco característico, já que o seu teor se manteve quase inalterado até aos 20d após as aplicações. A aplicação de boro via foliar, parece não ter tido qualquer resultado uma vez que as oscilações verificadas são muito semelhantes às da modalidade TEST. O ano de 2012 foi o mais seco do ensaio realizado na parcela duriense (477 mm), sendo que a precipitação registada durante o mês de junho não ultrapassou os 10,8 mm, com padrões de precipitação variáveis, entre 0,2 e 2,2 mm. Há também a ponderar a influência da irrigação da parcela. De referir que, neste ano, a fertirrega poderá também ter exercido algum efeito nos valores obtidos, ainda que esta se tenha prolongado para além do período em que se colheram as amostras de folhas para análise.

No caso da comparação das sub-modalidades com e sem fertilização ao solo, não existem diferenças entre os tratamentos.

2.2.3. O Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação – DRIS

A análise seguinte é feita através da apreciação das tabelas 30 a 33, no caso da EVAG, e 34 a 37, referentes à Quinta de S. Luiz, onde se representam os índices DRIS.

Na EVAG (Tabelas 30 e 31), em relação ao tratamento DRIS 1 que aplica a fórmula originalmente definida por Beaufils (1973), verifica-se que nos anos de 2009 e de 2010, em que se consideraram todos os nutrientes para efeitos de cálculo, o fósforo foi o macronutriente cujo índice foi mais negativo. Aliás, a evolução deste nutriente passa, à Prefloração, de índices positivos e próximos de zero, para valores altamente negativos aos 20 dias após a fertilização foliar. Também o azoto e o potássio apresentam o mesmo comportamento ao longo do ciclo vegetativo. Os índices de micronutrientes são, geralmente, índices positivos, sendo que o cobre apresenta em 2009 valores extremamente elevados após a época da Floração, em função dos tratamentos cúpricos efetuados para o controlo do míldio.

Em 2009, decidiu-se aplicar azoto, fósforo, cálcio, magnésio, ferro, manganês e boro (Tabela 30). Destes, supõe-se que o azoto foi absorvido já que aos 10 dias apresenta um índice DRIS positivo, diminuído de seguida para valores negativos. Ainda assim, aos 20 dias, o seu índice encontra-se dentro do intervalo DRIS que o classifica como adequado. Já os índices DRIS do fósforo foram diminuindo progressivamente até uma situação de carência, não se notando qualquer efeito decorrente da fertilização, o que pode ser explicado pelos valores de precipitação registados no período pós-fertilização e o seu efeito de lavagem. O valor DRIS do cálcio sofreu algumas alterações ao longo do período de amostragem, embora se tenha mantido negativo mas dentro do intervalo de adequado, aos 20 dias. Já a fertilização com magnésio permitiu que o nutriente evoluísse de uma situação de carência para adequado. O ferro, o manganês viram os seus índices aumentar, atingindo o patamar de consumo de luxo. Por sua vez, a aplicação de boro permitiu o aumento do seu índice, ainda que este tenha sido muito reduzido. Mesmo assim, verifica-se a manutenção do boro no nível adequado. Na análise dos resultados obtidos referentes a este ano é ainda importante recordar que o tratamento cúprico efetuado no ano de 2009, responsável por desencadear um aumento considerável da

sua concentração poderá, por questão de cálculo, ter influenciado a obtenção dos restantes índices DRIS.

No segundo ano de ensaio, a aplicação de 0,40 UF/ha de azoto, de 0,38 UF/ha de fósforo e de 1,51 UF/ha de potássio (Tabela 10) não apresentou os resultados esperados, visto que os índices DRIS mantiveram a sua tendência de diminuição para valores cada vez mais negativos. Todavia, a fertilização com potássio parece ser responsável por uma ténue recuperação destes valores, permitindo a manutenção deste nutriente num nível adequado. A fertilização com cálcio, não permitiu que se registasse uma alteração na tendência de diminuição dos índices DRIS, ainda que este nutriente se tenha mantido no intervalo de adequação. Todavia, a aplicação de magnésio possibilita a recuperação nutricional da planta para um nível adequado, embora estes valores sejam, aos 20d, ainda negativos. O manganês deixa de ser considerado como um nutriente em carência (-31), passando a estar numa situação de consumo de luxo (19,4).

No ano de 2011, o azoto, não parece ter sido sensível à fertilização pois embora contrarie a tendência de diminuição dos seus índices, estes aumentaram mesmo antes das aplicações foliares se realizarem. O fósforo, em resposta às aplicações foliares passa de uma carência a um estado de carência latente. Por último, os índices DRIS do cálcio apresentam um comportamento decrescente.

Em 2012, mais uma vez, os índices DRIS do fósforo, evoluem a partir de uma classificação de carência a um estado de carência latente. Relembra-se que se registaram 5 mm de precipitação no oitavo dia após as aplicações foliares, o que pode ter condicionado a normal absorção deste nutriente. O potássio apresenta uma diminuição de índices, ainda que se mantenha no patamar de adequado. Após a fertilização foliar o boro passa a estar, aos 20 dias, numa situação de adequado/consumo de luxo.

Acrescente-se, por fim, que o *stress* hídrico ligeiro a moderado medido na vinha, durante os anos de 2009 a 2011, em datas próxima às aplicações foliares pode ter exercido uma possível influencia na absorção dos nutrientes aplicados. Em 2012, tal discussão não se impõe pois a casta encontrava-se numa situação de conforto hídrico

Em relação ao IBN, há, no primeiro ano, uma grande flutuação, sendo que a última medição, apresenta um valor de 359. No ano 2010, os resultados do IBN são mais estáveis, ao longo do ciclo avaliado. Constata-se ainda que a mudança de base de cálculo e a seleção de nutrientes produzem efeito significativo na diminuição do IBN. Se assim não fosse, a aplicação de manganês e zinco realizada em 2012 na

EVAG, teria certamente influência sobre o cálculo dos índices DRIS. Ainda neste ano, é interessante verificar o decréscimo do IBN ao longo do ciclo vegetativo. A fertilização ao solo não aparente ter tido qualquer efeito nos resultados obtidos.

Apreciando o comportamento dos índices segundo o formulário estabelecido por Jones – DRIS 2 – na EVAG (Tabelas 32 e 33), observa-se que, nos primeiros dois anos, o fósforo evolui de forma semelhante ao verificado no DRIS 1. Todavia, o azoto e o potássio aproximam-se do equilíbrio à medida que os estados fenológicos se sucedem. O manganês é o micronutriente que apresenta valores mais negativos, indicando uma situação de carência, ao contrário do que se passa com o zinco. Mais uma vez, o índice DRIS do cobre no ano de 2009 é, de um modo geral, excessivo. Nos anos seguintes, a tendência do fósforo mantém-se.

Em 2009, na EVAG, a aplicação de azoto (Tabela 10) permitiu que os índices DRIS aumentassem, apresentando aos 20d um valor de 30,3. Os índices de fósforo tornaram-se mais negativos, sugerindo não ter sido sensível à fertilização efetuada. Em relação ao cálcio, este apresentou demasiadas flutuações para que se possa inferir se foi ou não sensível à aplicação via foliar. Por sua vez, o magnésio melhora consideravelmente o seu estado nutricional, alcançando o patamar de adequado, embora não se possa afirmar com certeza se tal comportamento foi ou não decorrente da fertilização. O manganês, ainda que tenha visto os seus índices DRIS aumentar, mantém-se no patamar de deficiência e os índices DRIS do boro melhoram consideravelmente, atingindo o patamar de consumo de luxo. Convém ainda considerar que a ocorrência de precipitação 9 dias após a fertilização foliar, poderá ter conduzido à lavagem dos nutrientes, particularmente o fósforo. O tratamento anti-míldio à base de cobre efetuado neste ano, por ter aumentando as concentrações desse nutriente, terá também influenciado o valor dos índices DRIS obtidos.

No segundo ano deste trabalho, as videiras parecem não reagir aos tratamentos com azoto, fósforo e potássio. O índice de magnésio melhora levemente e o de manganês embora desça para valores menos negativos, mantém-se em níveis de carência. A fertilização com zinco parece ter sido elevada já que aumentou demasiado os índices DRIS para valores considerados excessivos.

Em 2011, o azoto não apresenta um comportamento regular. Todavia, aos 20d os seus teores são adequados. Os índices DRIS do fósforo, antes classificados como estando em carência, passam a ser apontados como indicadores de carência latente. Todavia, não se percebe se esta evolução se deve ou não à aplicação do fertilizante já

que, à data de aplicação, se verifica uma tendência de decréscimo dos índices DRIS. Os índices de cálcio diminuem, sendo que, aos 20 dias, estes se encontram numa situação de consumo de luxo. A fertilização com magnésio parece ter contrariado o seu comportamento decrescente, já que aos 20 dias o seu índice é classificado como adequado.

No ano de 2012, a aplicação de fósforo assemelha-se à de 2011, ainda que neste ano a ocorrência de precipitação ao oitavo dia após as aplicações foliares, possa ter tido um efeito de lavagem do fertilizante aplicado. O cálcio vê os seus índices reduzirem até uma situação de adequação. O fornecimento de magnésio às plantas não contraria a tendência decrescente dos índices DRIS, ainda que essa evolução seja muito reduzida já que aos 20d os índices se encontram dentro do intervalo de classificação de adequado. A aplicação de boro não parece ter influencia uma vez que os índices DRIS diminuem ao longo do tempo. Todavia, aos 20d, o valor ainda é adequado.

Mais uma vez, o efeito do *stress* hídrico a que a vinha esteve sujeita por altura das aplicações foliares nos três primeiros anos deste trabalho, não deverá ser menosprezado, constituindo uma possível explicação para o aparente insucesso das fertilizações efetuadas. Adicionalmente, os resultados sugerem, em certos casos, uma eventual inadequação da quantidade de nutrientes aplicada.

Tendo em conta o IBN, em 2009 e 2010, ao longo do ciclo avaliado, os valores são relativamente estáveis. Por seu lado, nos anos seguintes, considerando a opção de excluir os micronutrientes cobre, ferro, manganês e zinco, observa-se a redução considerável do valor de IBN.

Comparando as duas metodologias, verifica-se que tanto o DRIS 1 como o DRIS 2 atribuem ao fósforo os índices mais negativos, indicando uma situação de possível deficiência, o que, em parte, é comprovado pelas análises de terras que indicam um nível de fósforo baixo a muito baixo. Considerando a seleção de nutrientes, no caso do DRIS 1, o boro é, recorrentemente, o microelemento com índices DRIS mais elevados e, no método DRIS 2, essa posição é ocupada pelo cálcio, se bem que, neste caso, o valor do índice não ultrapassa largamente a fronteira dos +15, definida pela bibliografia. Por fim verifica-se também que, em média, a metodologia DRIS 2 é aquela que identifica um maior número de nutrientes em desequilíbrio nutricional, pressupondo maior número de aplicações foliares.

Em relação à análise com e sem fertilização ao solo, no quarto ano de ensaio não se registam diferenças entre os nutrientes considerados.

Da mesma forma que nos artigos de Wadt *et al.* (1999), de Bataglia (2003), de Silva *et al.* (2003), ou de Bataglia *et al.* (2004), se avalia o impacto do estado nutricional sobre a produtividade de uma cultura, neste trabalho foi adotada a mesma abordagem, no sentido de aprofundar e relacionar o comportamento do IBN, calculado ao 20º dia após a fertilização foliar, com a produtividade média por cepa registada à vindima em determinado ano. De acordo com as modalidades DRIS envolvidas e as sub-modalidades consideradas, apresentam-se essas relações nas figuras 24 e 25.

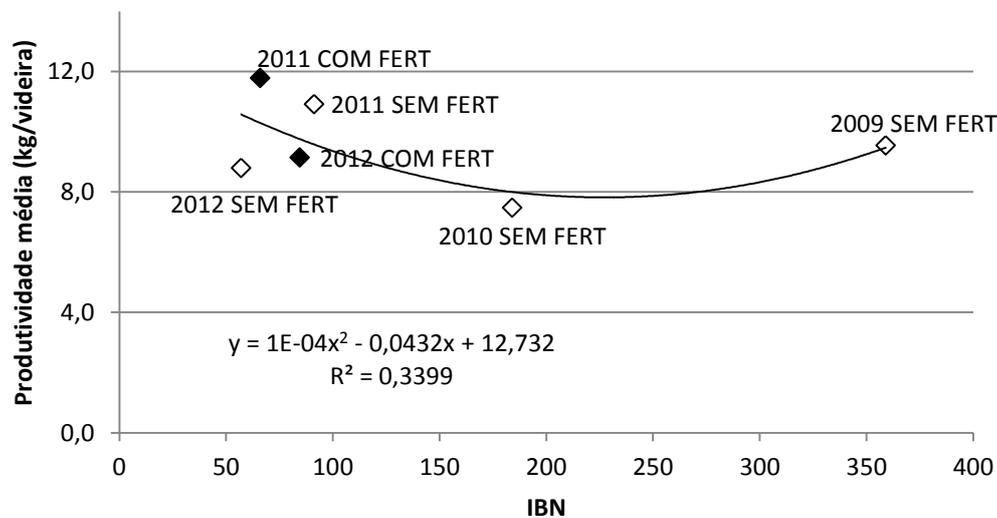


Figura 24. Relação entre o IBN e a produtividade (kg/videira) para a modalidade DRIS 1, 2009 a 2012, Loureiro.

Pela análise das figuras, é perceptível que, em relação aos IBN dos tratamentos DRIS 1 e DRIS 2, a tendência comportamental observada não está de acordo com o descrito na bibliografia, onde se defende a ideia de que um IBN mais elevado está intimamente ligado a um desequilíbrio nutricional, responsável pela eventual quebra de produção da parcela em análise. Estas modalidades apresentaram no ano 2009 e, em relação a 2010, uma produção superior apesar dos índices de balanço nutricional serem mais elevados. Crê-se, todavia, que a flutuação produtiva é essencialmente explicada pelo efeito ano. Nos dois últimos anos de ensaio há uma tendência decrescente da média do IBN, sendo esta mais marcada em 2012. Em relação ao quarto ano de ensaio, as modalidades com fertilização ao solo apresentaram valores de IBN mais afastados de zero, para o DRIS 1 e semelhantes para o DRIS 2.

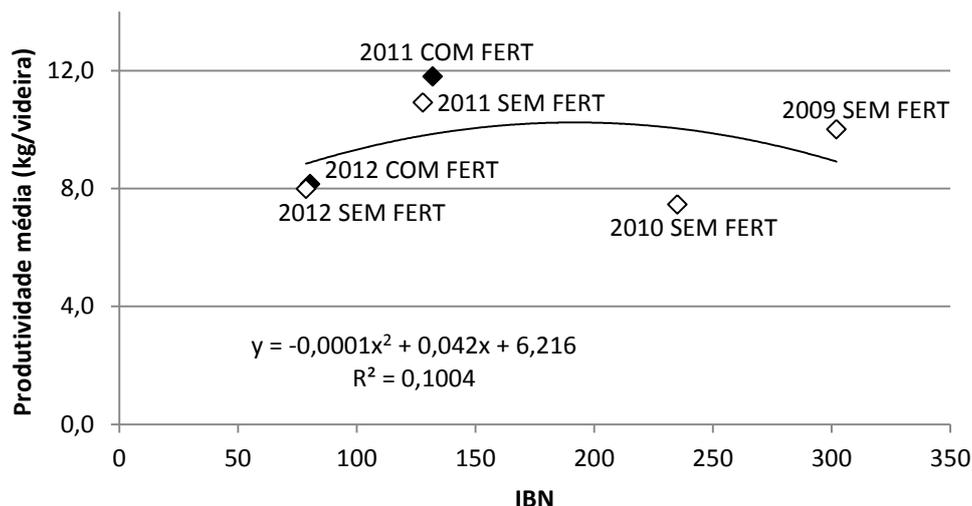


Figura 25. Relação entre o IBN e a produtividade (kg/videira) para a modalidade DRIS 2, 2009 a 2012, Loureiro.

Consultando as tabelas 36 e 37 observa-se que, na Quinta de S. Luiz, segundo o tratamento DRIS 1, nos anos de 2009 e de 2010, são vários os nutrientes cujos índices vão sofrendo, globalmente, uma evolução negativa ao longo do tempo, mencionando-se como exemplo o fósforo, o potássio ou o zinco. Destes, o potássio é o nutriente que apresenta índices mais negativos, com um máximo de -142,0 no ano de 2009. Em oposição, os índices mais elevados correspondem ao cobre e ao manganês.

No primeiro ano deste ensaio, observa-se que, apesar do fornecimento de azoto, a oscilação dos índices DRIS não parece ser explicada por essa via já que o comportamento de subida dos índices é anterior à medição dos 10 dias. Em termos na nutrição em fósforo, cujos índices DRIS diminuem progressivamente até ao momento da aplicação, verifica-se uma ligeira recuperação do estado nutricional das videiras aos 10 dias, sendo que, posteriormente, o seu índice voltar a cair para valores ainda mais negativos. Lembra-se que segundo Midwest Laboratories (1994), o tempo necessário para que se verifique a absorção de 50% do fósforo aplicado é de, aproximadamente, 5 a 10 dias. O potássio aplicado por via foliar não parece ter sido absorvido pelas plantas. Em relação ao cálcio, os índices DRIS apresentam uma tendência global de diminuição ao longo do período analisado. Os índices DRIS do magnésio sobem progressivamente, não sendo possível averiguar se esse comportamento está diretamente relacionado com a fertilização ou se é explicado pela tendência de aumento da sua concentração, dado os trabalhos de pesquisa citados, desenvolvidos nesta área. Após a fertilização foliar, os índices de ferro e de manganês ultrapassam o limite superior do intervalo de adequação. O boro apresenta uma

tendência de índices cada vez mais negativos, ainda que o seu índice se situe em níveis adequado. Lembra-se, todavia, que as condições de *stress* hídrico, moderado a forte, podem ter influenciado a absorção dos nutrientes aplicados.

Em 2010, a aplicação de azoto (Tabela 11) permitiu que, aos 20 dias, o seu índice aumentasse ligeiramente contrariando a tendência natural de decréscimo anteriormente referida. Os índices DRIS do fósforo, do cálcio e do boro apresentam-se extremamente irregulares e, mais uma vez, a fertilização com potássio não parece ter qualquer resultado. O ferro foi absorvido pelas videiras dado que, aos 20 dias, o tempo necessário para se considere ter existido a absorção de 50% do nutriente aplicado segundo o publicado por Midwest Laboratoires (1994), se posiciona no intervalo de adequado. A fertilização com zinco parece não ter sido eficaz e a do manganês, aliado à tendência de subida da sua concentração, levou a que se atingissem índices DRIS altos, classificados como excessivos. Observada a tendência irregular do boro, não é perceptível se a fertilização tem ou não influência na evolução dos seus índices DRIS. Dada a precipitação abundante registada em 2010, a explicação para o insucesso da fertilização foliar não passará pela dificuldade em absorção dos nutrientes fornecidos à planta. Adicionalmente, a precipitação registada nos dias seguintes às aplicações não é o suficiente para justificar a lavagem e diluição dos nutrientes. Por estas razões, o comportamento das videiras em relação à fertilização pode estar relacionado com as doses de fertilizantes aplicadas.

Por sua vez, no ano de 2011, apesar da forte possibilidade da vinha se encontrar numa situação de conforto hídrico, o azoto e o fósforo tiveram um comportamento um pouco irregular, pois não se verificou a tendência marcada de diminuição dos índices DRIS, não permitindo tirar ilações sobre o efeito das fertilizações via foliar. As videiras demonstraram ser ligeiramente sensíveis à fertilização com potássio, ainda que o valor dos seus índices indique uma situação de carência. Os índices DRIS do cálcio não apresentam uma evolução facilmente justificável uma vez que aumentam até à data de aplicação, diminuindo de seguida. Ainda assim, os registos de precipitação não permitem considerar eventuais efeitos de lavagem ou diluição de nutrientes.

Também em 2012, o azoto e o potássio mantêm um comportamento irregular e inesperado. Todavia a compensação da *secura* do ano através de realização de regas, não permite obter qualquer resposta positiva em relação à aplicação dos fertilizantes.

A seleção de nutrientes em 2011 e 2012 permitiu a redução dos valores de IBN obtidos. É ainda interessante constatar que o potássio se mantém como o nutriente mais insuficiente, atingindo índices próximos de -35. A fertilização ao solo, no ano de 2012, parece revelar-se eficaz nos casos do azoto e do potássio.

Observando os resultados obtidos para a mesma parcela, segundo o formulário DRIS 2 (Tabelas 38 e 39), constata-se que em 2009 o azoto volta a apresentar um comportamento bastante irregular. A aplicação ao fósforo tem efeito aos 10 dias, já que se regista um ponto de inflexão na sua tendência, embora posteriormente os índices continuem a diminuir. O potássio, cuja absorção de 50% ocorre em cerca de 24 horas segundo Midwest Laboratories (1994), e o cálcio, que é absorvido em aproximadamente 2 dias, também segundo a mesma publicação, aparentam ser ligeiramente sensíveis a aplicação dado que o ritmo de decréscimo destes nutrientes abranda a partir dos 10 dias. Em relação ao magnésio, mais uma vez, não se distingue se as aplicações via foliar terão exercido influência, embora se creia que a tendência natural de aumento da sua concentração se sobrepõe. O boro apresenta, aos 10 dias, um possível efeito das aplicações foliares, ainda que os índices DRIS diminuam de seguida.

No ano de 2010, o azoto registou uma tendência de decréscimo dos índices DRIS, não parecendo ter havido qualquer absorção. O fósforo tem comportamento irregular, contrário ao esperado. Uma vez mais, o potássio revela um ligeiro efeito da fertilização aos 20 dias. Os índices DRIS do cálcio aproximam-se do equilíbrio embora não se perceba se tal evolução se relacionará com a fertilização e os de magnésio oscilam enormemente. O ferro apresentava aos 0 dias um estado de carência latente, já que o decréscimo dos índices DRIS terá sido contrariado pela aplicação deste nutriente e o manganês e o zinco não apresentam comportamento regular que permita tirar ilações da fertilização efetuada. O boro, à semelhança de outros anos, apresenta um comportamento irregular.

Em 2011 o azoto, o fósforo, o cálcio e o boro mantêm um comportamento irregular, não sugerindo ser sensível às fertilizações efetuadas. Pelo contrário, os índices DRIS do potássio, aos 20 dias, recuam ligeiramente para valores menos negativos, evoluindo de uma situação de carência, para uma carência latente.

Em 2012, o azoto apresentou, aos 20 dias, alguma resposta à fertilização. O potássio, apesar da tendência decrescente dos seus índices DRIS, não mostra uma

evolução regular, não se permitindo inferir acerca da sua resposta à fertilização efetuada. De igual modo, as oscilações dos índices DRIS do cálcio e do boro variam dentro de um determinado intervalo, demonstrando a irregularidade já apresentada ao longo de outras análises.

Recorda-se ainda que nos dois primeiros anos deste ensaio a vinha está sujeita a condições de *stress* hídrico moderado a forte, facto que pode exercer alguma influência na absorção dos fertilizantes aplicados por via foliar. Ainda assim, o relativo conforto hídrico nos anos subseqüentes, em conjunto com a opção de fertirrega tomada no último ano de ensaio, não permite concluir que o principal problema do insucesso da fertilização foliar assente na falta de disponibilidade hídrica, uma vez que nos dois anos considerados, as taxas de absorção dos nutrientes continuam a apresentar um comportamento variável.

Analogamente às outras modalidades de fertilização, as concentrações mais elevadas de magnésio e de manganês nos pecíolos amostrados na Quinta de S. Luiz (comparativamente com as da EVAG), podem refletir os teores mais altos destes nutrientes no solo desta parcela. Como tal, na casta Touriga Nacional, os índices DRIS obtidos para estes nutrientes são normalmente positivos. Também o cobre, pelas razões anteriormente enunciadas poderá estar na origem de eventuais interferências nos índices DRIS dos outros nutrientes, dada a fórmula de cálculo inerente à própria metodologia DRIS.

Em relação ao formulário DRIS 2, nos dois primeiros anos de ensaio, o potássio e o zinco são os nutrientes com o índice mais negativo e o cobre com o mais positivo. O IBN rondam o valor 200. Após a aplicação do critério de seleção de nutrientes para os cálculos DRIS, o potássio volta a apresentar-se como o mais negativo e os índices de IBN diminuem para um valor próximo de 15, sugerindo um maior equilíbrio nutricional das videiras analisadas. A aplicação de fertilizantes foliares parece não ter tido grande impacto nos resultados obtidos segundo a metodologia de Jones, uma vez que o IBN se mantém quase inalterado ao longo do ciclo vegetativo, independentemente das sub-modalidades em causa. Analogamente ao verificado na parcela da EVAG, é o método proposto por Jones (1981), que estabelece a necessidade de um maior número de aplicações foliares.

Seguidamente, também com o intuito de averiguar a relação entre o IBN e a produtividade na Quinta de S. Luiz, apresentam-se as figuras 26 e 27.

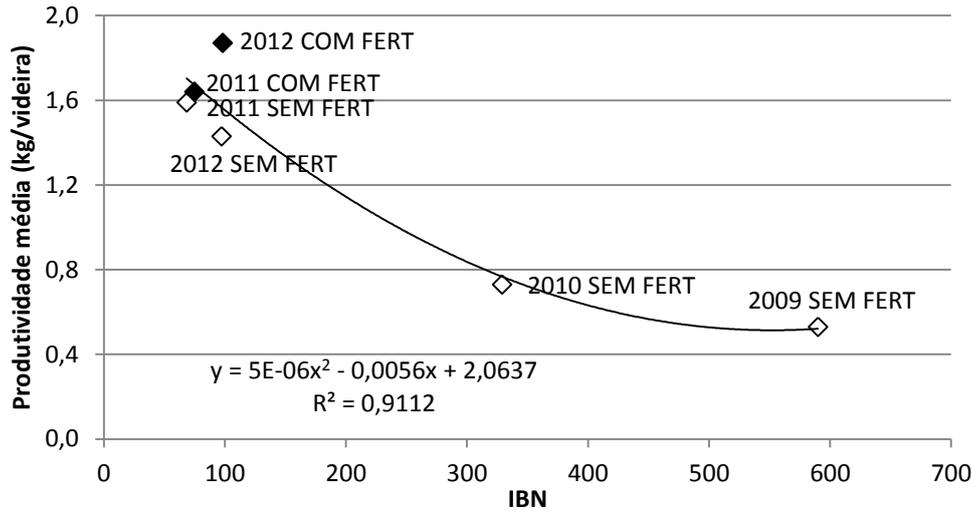


Figura 26. Relação entre o IBN e a produtividade (kg/videira) para a modalidade DRIS 1, 2009 a 2012, Touriga Nacional.

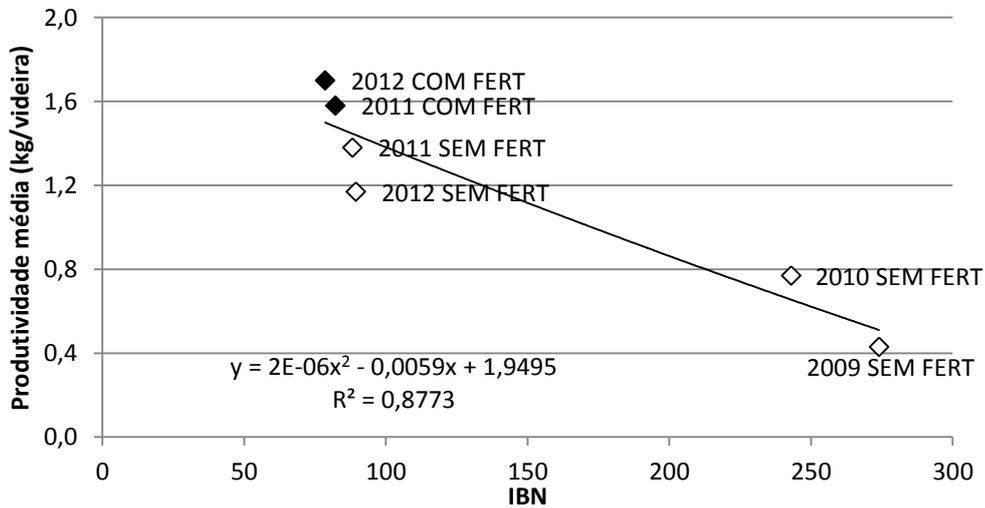


Figura 27. Relação entre o IBN e a produtividade (kg/videira) para a modalidade DRIS 2, 2009 a 2012, Touriga Nacional.

Pela análise das duas figuras, assim como dos elevados coeficientes de determinação (0,91 e 0,88) entre o IBN e a produtividade média em kg/videira, verifica-se uma tendência generalizada de diminuição da média do IBN ao longo dos quatro anos de ensaio, a que corresponde uma melhoria do equilíbrio nutricional, resultando no aumento gradual da produção, o que está de acordo com verificado também por Elwali & Gascho (1983), e por IPNI (2007). De 2011 para 2012, para a metodologia DRIS 1, as produções médias obtidas aumentam, inversamente à diminuição do IBN. No caso do DRIS 2, para o mesmo período, há a assinalar a constância do IBN. Todavia, é também observável que às sub-modalidades sem fertilização ao solo, de produções menos elevadas, correspondem maiores índices de IBN, o que não se verifica quando analisado o tratamento DRIS 1.

3. Medições eco-fisiológicas

3.1. Caracterização do coberto vegetal

3.1.1. Área foliar

Seguidamente expõem-se os valores de área foliar total (AFT), medidos e calculados neste ensaio.

3.1.1.1. A Estação Vitivinícola Amândio Galhano – EVAG

No caso das sub-modalidades sem fertilização ao solo, os resultados obtidos, encontram-se expostos na tabela 40.

Ao analisar os resultados da AFT, medida na EVAG ao longo do ensaio, e durante os diferentes estados fenológicos, observa-se que, em relação às sub-modalidades sem fertilização ao solo, o DRIS 1 é o tratamento que apresenta sempre valores mais elevados, seguido pelo DRIS 2 ou o CIS e, por fim da TEST. É ainda notório o efeito dos anos no comportamento da AFT. Ainda assim, constata-se o aumento da AFT ao longo dos anos, à medida que o ciclo vegetativo avança.

Tabela 40. Área foliar total (m²/ha), registada à Floração, ao Pintor e à Maturação, para a sub-modalidade sem fertilização ao solo, 2009 a 2012, Loureiro. Valor médio e erro-padrão da média.

Parâmetros e Estatística	AFT Floração		AFT Pintor		AFT Maturação	
Tratamentos						
TEST	9076 ± 474		18 049 ± 1130		18 091 ± 1314	
CIS	9641 ± 511		21 174 ± 1458		22 022 ± 1565	
DRIS 1	10 077 ± 646		23 733 ± 1926		24 062 ± 2150	
DRIS 2	10 073 ± 658		20 946 ± 1571		21 582 ± 1811	
<i>Teste f</i>	<i>0,721</i>		<i>0,440</i>		<i>0,413</i>	
Anos						
2009	10 560 ± 508	B	20 897 ± 1257	A	21 844 ± 1600	A
2010	8011 ± 369	A	19 659 ± 1358	A	19 575 ± 1389	A
2011	10 529 ± 763	B	18 871 ± 1601	A	18 778 ± 1829	A
2012	10 679 ± 780	B	25 693 ± 2228	B	27 268 ± 2329	B
<i>Teste f</i>	<i>0,000</i>		<i>0,023</i>		<i>0,007</i>	
Interação						
Tratamentos vs. Ano						
<i>Teste f</i>	<i>0,392</i>		<i>0,797</i>		<i>0,856</i>	

Nota: Valores com, pelo menos, uma letra em comum não diferem significativamente (p>0,05), segundo o teste de Duncan.

Tabela 41. Área foliar total (m²/ha), registada à Floração, ao Pintor e à Maturação, para os tratamentos e sub-modalidades com e sem fertilização ao solo, 2011 e 2012, Loureiro. Valor médio e erro-padrão da média.

Parâmetros e Estatística	AFT Floração	AFT Pintor	AFT Maturação
<u>Tratamentos</u>			
TEST	10 326 ± 531	20 315 ± 1209	20 737 ± 1406
CIS	11 406 ± 591	23 044 ± 1845	23 629 ± 2111
DRIS 1	10 619 ± 587	21 984 ± 1725	23 404 ± 2152
DRIS 2	10 803 ± 965	21 612 ± 2058	21 849 ± 2259
Teste f	0,852	0,819	0,808
<u>Fertilização solo</u>			
SEM FERT	10 604 ± 541	22 281 ± 1427	23 023 ± 1563
COM FERT	10 974 ± 425	21 195 ± 977	21 787 ± 1252
Teste f	0,720	0,618	0,629
<u>Anos</u>			
2011	10 400 ± 445	18 473 ± 929	18 296 ± 1049
2012	11 177 ± 521	25 004 ± 1342	26514 ± 1545
Teste f	0,237	0,000	0,000
<u>Interação</u>			
<u>Tratamentos vs. Fertilização solo</u>			
Teste f	0,618	0,730	0,880

Nota: Valores com, pelo menos, uma letra em comum não diferem significativamente ($p > 0,05$), segundo o teste de Duncan.

Se, por outro lado, forem consideradas as sub-modalidades com e sem fertilização ao solo nos anos de 2011 e de 2012 (Tabela 41), conclui-se que os tratamentos, as sub-modalidades ou ainda a interação entre ambos não têm efeito significativo. Ao Pintor e à Maturação, a AFT, no ano de 2012, apresenta-se estatisticamente superior a 2011.

Em qualquer uma das tabelas, é também notório que o índice de área foliar à Floração é o mais baixo, verificando-se um crescimento bastante significativo deste até à fase de Pintor, em resultado não só do crescimento ativo das videiras, como também do estímulo à emissão de netas, desencadeado pela despona mecânica de que foram alvo. À Maturação este parâmetro mantém-se relativamente estável ou desce ligeiramente, como consequência da natural diminuição da área foliar dos sarmentos (uma vez que as primeiras folhas a nascer senesceram), e do crescimento das netas promovido pela segunda despona (o qual é mais reduzido). À Floração, os valores de AFT mensurados neste ensaio são ligeiramente inferiores aos encontrados por Machado (2011), que menciona AFT mínimas de 12 800 m²/ha. Todavia, pela altura da Maturação, assinala-se uma inversão desta tendência, dado

que os valores de AFT próximos de 20 000 m²/ha são superiores à AFT média de 16 000 m²/videira, medida num ensaio contíguo na mesma parcela (Machado, 2011).

3.1.1.2. A Quinta de S. Luiz

Em relação à Quinta de S. Luiz, os valores de AFT obtidos estão patentes nas tabelas 42 e 43.

Também na parcela do Alto da Lobata se constata a superioridade do tratamento DRIS 1, quando nos detemos sobre a média dos valores da AFT na opção sem fertilização ao solo. Seguem-se-lhe a TEST, o CIS e o DRIS 2. Todavia, as diferenças descritas não são estatisticamente significativas. Analisando com detalhe a evolução desta variável ao longo do ensaio, verifica-se que, após a Floração há, geralmente, um crescimento do valor de área foliar até à fase de Pintor, resultado do crescimento ativo das videiras, bem como do estímulo à emissão de netas, desencadeado pela despona mecânica efetuada. À Maturação a AFT é menor, dada a senescência das folhas mais velhas que não é compensada de modo expressivo pela emissão de novas netas mas, essencialmente, devido aos golpes de calor que, em muito afetam esta parcela, resultando numa desfolha precoce das plantas. Tomando como comparação a AFT de uma parcela de Tinta Roriz também instalada na Quinta de S.Luiz (Freitas, 2007),

Tabela 42. Área foliar total (m²/ha), registada à Floração, ao Pintor e à Maturação, para a sub-modalidade sem fertilização ao solo, 2009 a 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro-padrão da média.

Parâmetros e Estatística	AFT Floração		AFT Pintor		AFT Maturação	
Tratamentos						
TEST	12 420 ± 784		12 279 ± 1170		10 167 ± 993	
CIS	11 489 ± 731		10 931 ± 797		9406 ± 1042	
DRIS 1	12 865 ± 1115		13 067 ± 1648		12 719 ± 1609	
DRIS 2	11 017 ± 885		10 049 ± 1038		9492 ± 1097	
<i>Teste f</i>	<i>0,613</i>		<i>0,518</i>		<i>0,645</i>	
Anos						
2009	9985 ± 538	A	12 611 ± 999	B	8969 ± 867	A
2010	11 225 ± 586	AB	7065 ± 452	A	9366 ± 1183	A
2011	16 290 ± 1613	C	16 764 ± 2012	C	10 848 ± 1132	A
2012	12 940 ± 1102	B	13 586 ± 1497	B	15 098 ± 1714	B
<i>Teste f</i>	<i>0,000</i>		<i>0,000</i>		<i>0,000</i>	
Interação						
Tratamentos vs. Ano						
<i>Teste f</i>	<i>0,412</i>		<i>0,134</i>		<i>0,893</i>	

Nota: Valores com, pelo menos, uma letra em comum não diferem significativamente (p>0,05), segundo o teste de Duncan.

observa-se que, ao Pintor, os valores obtidos se situam na ordem dos 11 900 m²/ha, próximos dos deste ensaio. Todavia, no mesmo ensaio, à Maturação, em resultado a uma intensa desfolha, a AFT cai para valores perto de 850 m²/ha, uma área foliar que é consideravelmente inferior à média de 10 000 m²/ha apresentada na tabela 42. Por seu lado, Fonseca (2010) publicou valor de AFT de 3,4 m²/cepa na RDD, para a casta Touriga Franca. Por último, Machado (2009), no seu estudo sobre Touriga Nacional, refere um valor de AFT médio de 6 m²/cepa, sendo este muito superiores aos determinados neste trabalho (2 m²/cepa). Tais valores são, mais uma vez, explicados pela visível debilidade das videiras estudadas bem como pelas características da parcela onde se encontra instalada a vinha.

Em relação aos anos, constatam-se os valores estatisticamente inferiores da AFT em 2010, no qual se registou uma enorme redução da área das folhas a partir do período da Floração, devido a condições climáticas bastante adversas. Adicionalmente, a operação de despona estimulou a emissão de netas viabilizando o aumento da área foliar determinada à Maturação. Nos anos vitícolas de 2009 e de 2011, uma vez que a referida operação de despona foi realizada numa fase mais precoce do ciclo foi, por conseguinte, menos intensa. Como resultado, na segunda medição do ano, o valor de área foliar revelou um ligeiro aumento (e não uma diminuição ao contrário do que seria de esperar) dado que o crescimento das netas foi suficiente para repor e até superar o efeito da despona realizada. A aplicação atempada de um tratamento *antisstress* no último ano do ensaio impediu que se verificassem valores de desfolha tão significativos quanto os dos anos anteriores, conforme se observa pela análise da tabela respetiva.

No caso das sub-modalidades com e sem fertilização ao solo, cujos dados estão patentes na tabela 43, constata-se que, qualquer que seja o estado fenológico, existem valores mais elevados nas videiras que foram fertilizadas no que respeita à AFT, sendo esta diferença estatisticamente significativa. As modalidades testadas apresentam áreas foliares estatisticamente iguais, não se registando também diferenças na interação entre o tratamento e a fertilização ao solo. Verifica-se um aumento AFT ao Pintor, seguido de uma diminuição à Maturação. Analogamente ao observado na EVAG, o índice de área foliar calculado à Maturação é estatisticamente diferente para os dois anos considerados. Ainda assim, nestes dois anos, o valor médio de AFT é de 3,1 m²/cepa, aproximando-se dos resultados de Fonseca (2010).

Tabela 43. Área foliar total (m²/ha), registada à Floração, ao Pintor e à Maturação, para os tratamentos e sub-modalidades com e sem fertilização ao solo, 2011 e 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro-padrão da média.

Parâmetros e Estatística	AFT Floração	AFT Pintor	AFT Maturação
<u>Tratamentos</u>			
TEST	16 077 ± 1130	20 747 ± 3197	19 172 ± 3380
CIS	15 699 ± 1470	17 637 ± 1772	16 804 ± 2525
DRIS 1	17 492 ± 1564	20 393 ± 2412	16 875 ± 1882
DRIS 2	15 522 ± 1403	16 280 ± 1783	13 947 ± 1660
Teste f	0,749	0,448	0,391
<u>Fertilização solo</u>			
SEM FERT	14 615 ± 992	15 175 ± 1260	12 973 ± 1054
COM FERT	17 781 ± 942	22 353 ± 1901	20 426 ± 2118
Teste f	0,034	0,010	0,002
<u>Anos</u>			
2011	16 883 ± 929	17 433 ± 1278	11 491 ± 815
2012	15 512 ± 1036	20 095 ± 1980	21 908 ± 2124
Teste f	0,278	0,157	0,000
<u>Interação</u>			
<u>Tratamentos vs. Fertilização solo</u>			
Teste f	0,408	0,327	0,095

Nota: Valores com, pelo menos, uma letra em comum não diferem significativamente ($p > 0,05$), segundo o teste de Duncan.

3.1.2. Superfície foliar exposta

De seguida, apresentam-se os valores da superfície foliar exposta (SFE), calculados após as medições efetuadas no campo.

3.1.2.1. A Estação Vitivinícola Amândio Galhano – EVAG

Conforme se poderá verificar pela análise da tabela 44, na EVAG foram encontrados valores de SFE compreendidos entre os 10 000 m²/ha e os 15 000 m²/ha, para as modalidades sem fertilização ao solo, valores estes bastante superiores aos de Machado (2011), os quais rondaram os 7000 a 8000 m²/ha mas relativamente inferiores aos 21 000 m²/ha apontados como referência após estudos desenvolvidos por Smart & Robinson (1991).

Considerando a análise das modalidades sem fertilização ao solo, os anos de 2009 e de 2011 são muito semelhantes entre si, havendo a registar uma subida muito ligeira dos valores de SFE em 2012, ano em que foram atingidos os valores mais

elevados. Pela análise das médias da SFE, e conforme o próprio valor estatístico do teste F demonstra, não se destaca nenhuma modalidade nem se expõe qualquer efeito resultante da interação entre o ano e os tratamentos estudados.

Tabela 44. Superfície foliar exposta (m^2/ha) para a sub-modalidade sem fertilização ao solo, 2009 a 2012, Loureiro. Valor médio e erro-padrão da média.

Parâmetros e Estatística	SFE (m^2/ha)	
<u>Tratamentos</u>		
TEST	11 285 ± 211	
CIS	11 851 ± 287	
DRIS 1	11 690 ± 312	
DRIS 2	11 892 ± 257	
<i>Teste f</i>	0,334	
<u>Anos</u>		
2009	11 257 ± 195	B
2010	10 357 ± 152	A
2011	10 973 ± 199	B
2012	14 703 ± 276	C
<i>Teste f</i>	0,000	
<u>Interação</u>		
<u>Tratamentos vs. Ano</u>		
<i>Teste f</i>	0,064	

Nota: Valores com, pelo menos, uma letra em comum não diferem significativamente ($p>0,05$), segundo o teste de Duncan.

A divisão em sub-modalidades, que teve lugar a partir de 2011 (Tabela 45), não revelou qualquer diferença entre tratamentos nem entre videiras com e sem fertilização ao solo ou a sua interação. Constata-se, porém, que o ano de 2012 é diferente do ano de 2011 ao nível de 5%.

Considerando o resultado do quociente entre a AFT e a SFE (1,7), verifica-se que este é levemente superior ao valor de 1,5, referido como ideal por Smart & Robinson (1991), o que significa que a sebe é mais densa que o defendido por estes autores, havendo um maior número de folhas interiores e, conseqüentemente, algum ensombramento.

Tabela 45. Superfície foliar exposta (m²/ha) e respetivos tratamentos e sub-modalidades com e sem fertilização ao solo, 2011 e 2012, Loureiro. Valor médio e erro-padrão da média.

Parâmetros e Estatística	SFE (m ² /ha)
<u>Tratamentos</u>	
TEST	12 453 ± 258
CIS	13 371 ± 397
DRIS 1	12 880 ± 389
DRIS 2	13 251 ± 386
<i>Teste f</i>	0,119
<u>Fertilização solo</u>	
SEM FERT	12 838 ± 232
COM FERT	13 142 ± 279
<i>Teste f</i>	0,344
<u>Anos</u>	
2011	11 003 ± 139
2012	14 994 ± 238
<i>Teste f</i>	0,000
<u>Interação</u>	
<u>Tratamentos vs.</u>	
<u>Fertilização solo</u>	
<i>Teste f</i>	0,360

Nota: Valores com, pelo menos, uma letra em comum não diferem significativamente ($p > 0,05$), segundo o teste de Duncan.

3.1.2.2. A Quinta de S. Luiz

Em relação à Quinta de S. Luiz, a SFE das plantas em análise encontra-se sintetizada nas tabelas 46, 47 e 48.

Na parcela duriense, os valores da SFE para as sub-modalidades sem fertilização ao solo (Tabela 46) situam-se entre 9000 e 14 000 m²/ha, sendo o ano inicial do ensaio aquele em que os valores de SFE foram mais baixos e o ano de 2011 o que registou uma SFE superior. Uma vez que a interação entre o tratamento e o ano se revelou significativa, apresenta-se na tabela 47 a análise estatística, as médias e os erros-padrão referentes à conjugação destes dois fatores. Nela se observa que os anos 2011 e 2012 revelam diferenças significativas entre os tratamentos sendo no primeiro caso o tratamento DRIS 1 aquele que apresenta um valor mais elevado e, no segundo, a TEST.

Tabela 46. Superfície foliar exposta (m²/ha) para a sub-modalidade sem fertilização ao solo, 2009 a 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro-padrão da média.

Parâmetros e Estatística	SFE	
<u>Tratamentos</u>		
TEST	11 666 ± 254	
CIS	11 931 ± 215	
DRIS 1	11 762 ± 271	
DRIS 2	11 600 ± 242	
<i>Teste f</i>	<i>0,897</i>	
<u>Anos</u>		
2009	9087 ± 177	A
2010	12 080 ± 171	B
2011	13 744 ± 177	C
2012	12 291 ± 207	B
<i>Teste f</i>	<i>0,000</i>	
<u>Interação</u>		
<u>Tratamentos vs. Ano</u>		
<i>Teste f</i>	<i>0,006</i>	

Nota: Valores com, pelo menos, uma letra em comum não diferem significativamente ($p > 0,05$), segundo o teste de Duncan.

Tabela 47. Superfície foliar exposta (m²/ha) referente à interação entre o Tratamento e o Ano para a sub-modalidade sem fertilização ao solo, Touriga Nacional. Valor médio e erro-padrão da média.

Anos	Tratamentos ($\bar{x} \pm S.E.$)				Teste f
	TEST	CIS	DRIS 1	DRIS 2	
2009	9185 ± 332 A	9418 ± 365 A	8873 ± 398 A	8878 ± 328 A	<i>0,468</i>
2010	11 583 ± 401 B	12 495 ± 266 BCDE	12 170 ± 363 BC	12 058 ± 322 BC	<i>0,265</i>
2011	13 086 ± 398 CDEF	13 496 ± 288 EFG	14 457 ± 365 G	13 939 ± 305 FG	<i>0,010</i>
2012	13 247 ± 436 DEF	12 367 ± 351 BCD	11 801 ± 438 B	11 750 ± 362 B	<i>0,033</i>
Soma	47 101	47 776	47 301	46 626	

Nota: Letras minúsculas referem-se a diferenças estatísticas entre tratamentos num mesmo ano. Letras maiúsculas mostram diferenças estatísticas em relação à interação do ano com o tratamento. Valores com, pelo menos, uma letra em comum não diferem significativamente ($p > 0,05$), segundo o teste de Duncan.

Tabela 48. Superfície foliar exposta (m²/ha) e respetivos tratamentos e sub-modalidades com e sem fertilização ao solo, 2009 a 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro-padrão da média.

Parâmetros e Estatística	SFE (m ² /ha)
<u>Tratamentos</u>	
TEST	13 611 ± 211
CIS	13 576 ± 229
DRIS 1	13 687 ± 280
DRIS 2	12 924 ± 231
Teste f	0,507
<u>Fertilização solo</u>	
SEM FERT	13 017 ± 148
COM FERT	14 000 ± 188
Teste f	0,000
<u>Anos</u>	
2011	13 749 ± 136
2012	13 148 ± 196
Teste f	0,008
<u>Interação</u>	
<u>Tratamentos vs.</u>	
<u>Fertilização solo</u>	
Teste f	0,126

Nota: Valores com, pelo menos, uma letra em comum não diferem significativamente (p>0,05), segundo o teste de Duncan.

Com a introdução da sub-modalidade com adubação ao solo (Tabela 48), houve um aumento estatisticamente confirmado da SFE, decorrente da adubação. Os anos são distintos entre si mas não existem, porém, diferenças estatísticas entre os tratamentos ou até entre a interação destes com a fertilização ao solo.

Os valores encontrados são notoriamente inferiores aos 21 000 m²/ha apontados como ideais por Smart & Robinson (1991). Todavia Queiroz *et al.* (2001) e Queiroz (2002 b) referem grandezas de SFE situados entre 15 000 e 16 000 m²/ha para a casta Touriga Nacional na Região do Douro, superiores aos habitualmente encontrados nas vinhas tradicionais da região caracterizadas por apresentarem cobertos vegetais de menor altura, considerando-os interessantes para uma condução em monoplano ascendente. Nesse sentido, pode dizer-se que os valores de SFE, registados neste trabalho, se situam apenas ligeiramente abaixo dos referenciados por esses autores, para a região. Atendendo a que o quociente entre a AFT e a SFE é, em média, de 1,2, inferior ao valor ótimo definido pela bibliografia, pode concluir-se que a sebe é equilibrada, no que toca à sua densidade (Smart & Robinson, 1991).

3.1.3. Número de camadas de folhas e de cachos expostos

Com o objetivo de avaliar a densidade do coberto foi usado o método *Point Quadrat* ao nível dos cachos e ao nível vegetativo.

3.1.3.1. A Estação Vitivinícola Amândio Galhano – EVAG

Apresentam-se, de seguida, gráficos com os resultados obtidos ao nível dos cachos.

Nível dos cachos

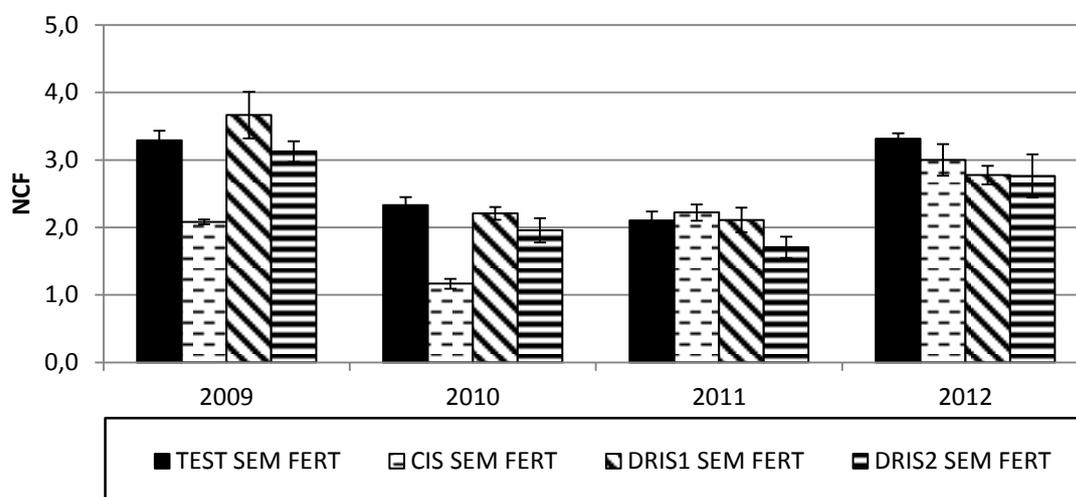


Figura 28. Número de camadas de folhas ao nível dos cachos, 2009 a 2012, Loureiro. Valor médio e erro padrão da média.

Conforme se pode constatar pela figura 28, o número de camadas de folhas (NCF) ao nível dos cachos situou-se, em média, entre dois, nos anos de 2010 e 2011, e três, nos anos de 2009 e de 2012, a mesma ordem de grandeza encontrada por Mota (2005), na parte ascendente do sistema Lys, embora ligeiramente inferior ao valor de 3,5 relatado por Machado (2011), próximos dos valores de 2,3 publicados por Rosinhas (2012 a), para a mesma casta e parcela. De notar que o CIS SEM FERT apresentou valores significativamente mais baixos nos anos de 2009 e 2010.

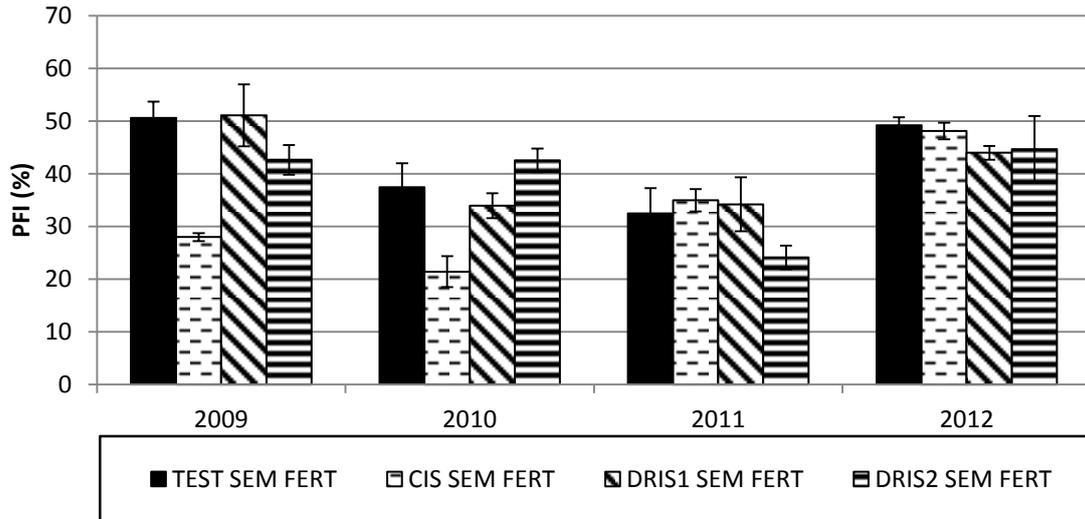


Figura 29. Percentagem de folhas interiores ao nível dos cachos, 2009 a 2012, Loureiro. Valor médio e erro padrão da média.

À semelhança do trabalho de Machado (2011), a percentagem de folhas interiores (PFI) (Figura 29) foi de 30 a 50% e a percentagem de cachos interiores (PCI) (Figura 30) compreendeu valores muito díspares, entre 40 e 100%, achando-se a média em torno dos 50%. Os tratamentos DRIS 1 SEM FERT e DRIS 2 SEM FERT no ano de 2009, e todos os de 2012, por registarem valores mais elevados destes dois percentuais, representam microclimas mais deficientes quer em arejamento quer em relação à atividade fotossintética. Novamente o CIS SEM FERT apresentou valores significativamente mais baixos em 2009 e 2010.

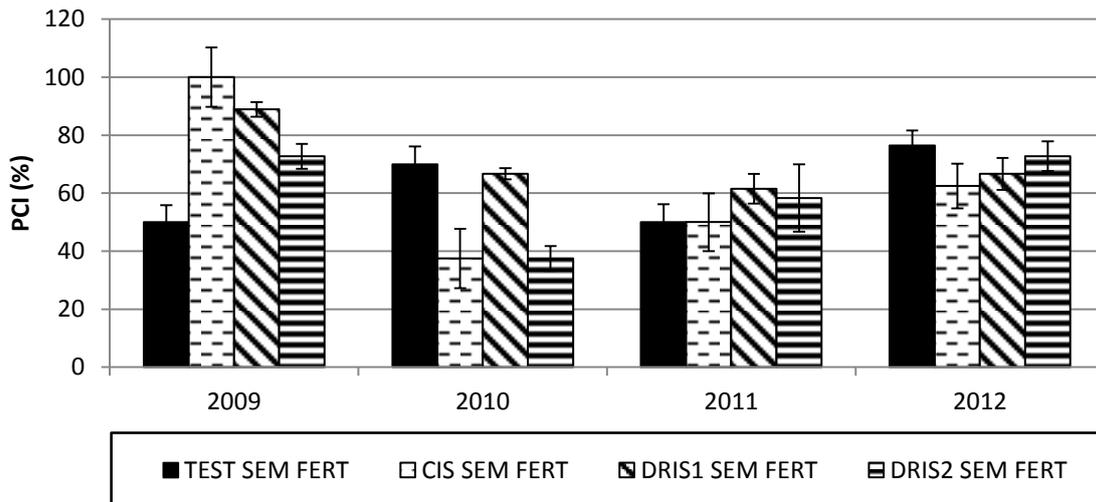


Figura 30. Percentagem de cachos interiores ao nível dos cachos, 2009 a 2012, Loureiro. Valor médio e erro padrão da média.

A percentagem de buracos (PB), representada na figura 31, foi, normalmente, inferior a 10%, exceto para os tratamentos CIS e DRIS 2. Tais resultados não permitiram identificar qualquer tendência de diferenciação entre os tratamentos considerados.

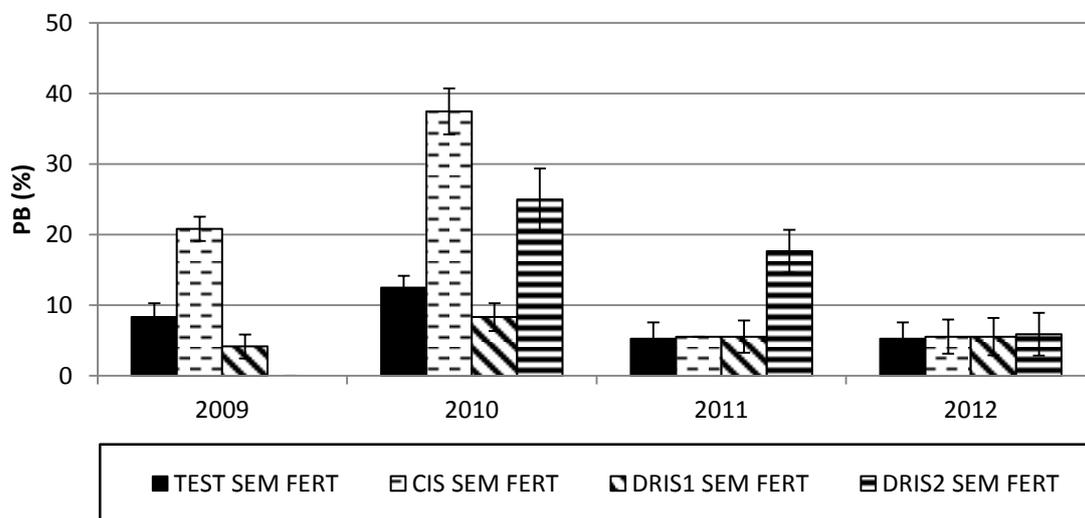


Figura 31. Percentagem de buracos ao nível dos cachos, 2009 a 2012, Loureiro. Valor médio e erro padrão da média.

Os gráficos seguintes representam os mesmos índices, analisando agora separadamente as sub-modalidades estudadas.

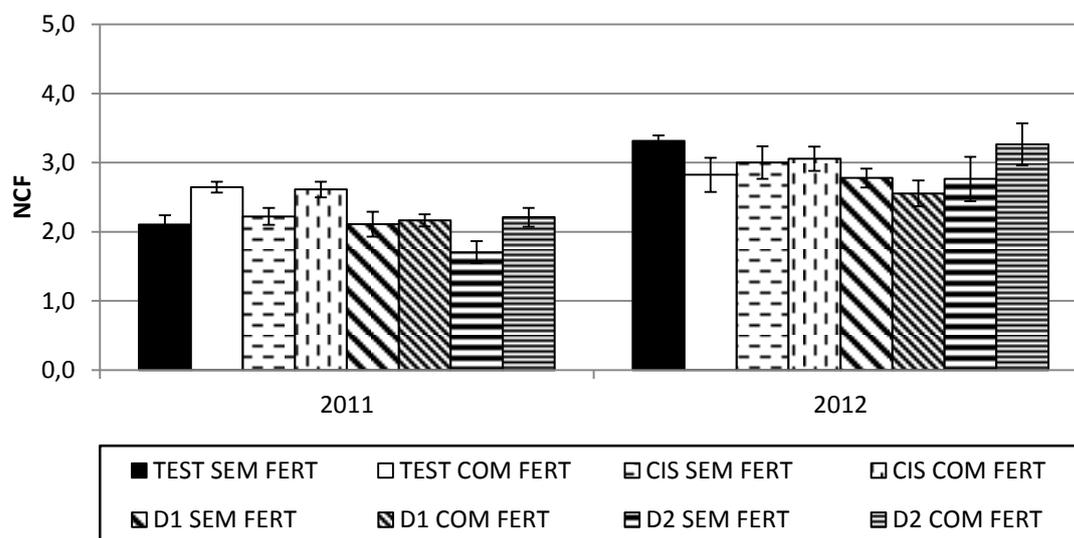


Figura 32. Número de camadas de folhas ao nível dos cachos, 2011 e 2012, Loureiro. Valor médio e erro padrão da média.

Em relação à separação em sub-modalidades (Figura 32) se, no ano de 2011 há a referir diferenças visíveis quanto ao NCF com e sem fertilização ao solo das

modalidades TEST, CIS e DRIS 2, em 2012 tal não acontece, havendo apenas a assinalar a diferença estatística entre a TEST com fertilização ao solo e a TEST sem fertilização ao solo.

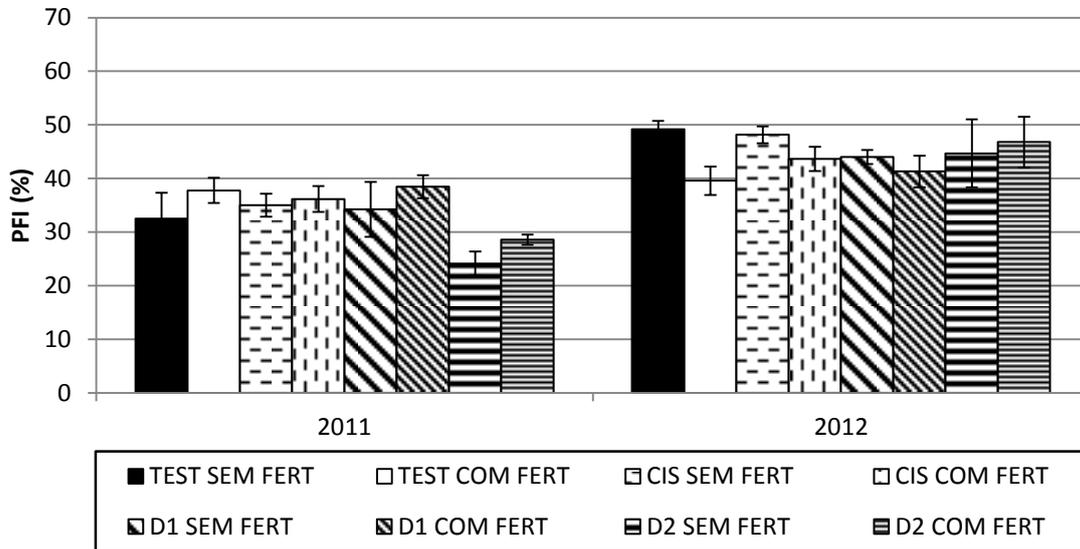


Figura 33. Percentagem de folhas interiores ao nível dos cachos, 2011 e 2012, Loureiro. Valor médio e erro padrão da média.

A PFI rondou os 30 a 50% (Figura 33), sendo mais elevada em 2012 do que em 2011. Todavia, não se constata qualquer tendência provocada pelos tratamentos introduzidos.

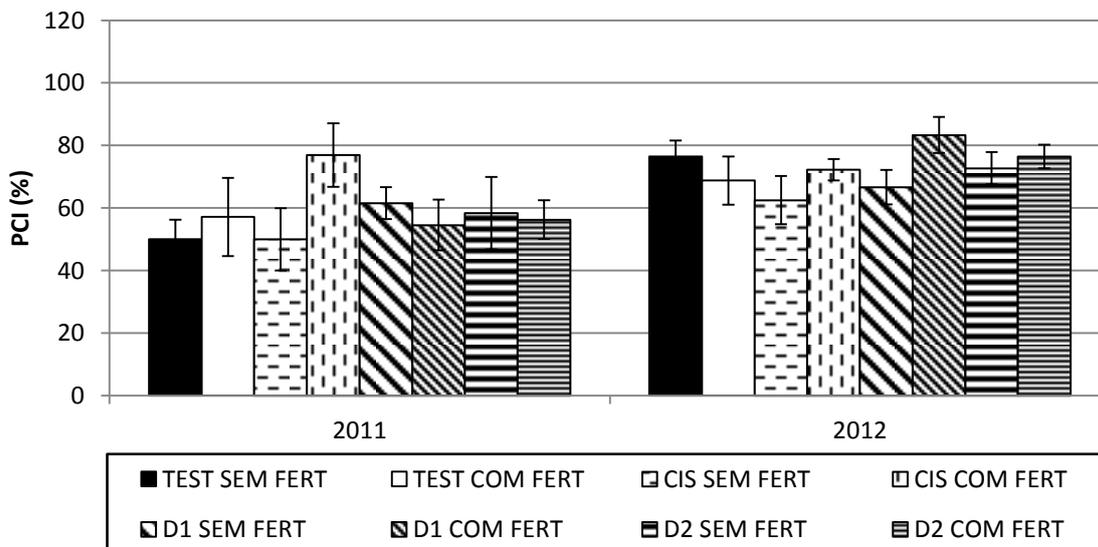


Figura 34. Percentagem de cachos interiores ao nível dos cachos, 2011 e 2012, Loureiro. Valor médio e erro padrão da média.

Também a PCI (Figura 34) não apresenta diferenças entre as sub-modalidades consideradas, verificando-se a mesma tendência para valores mais elevados no ano de 2012, em relação a 2011.

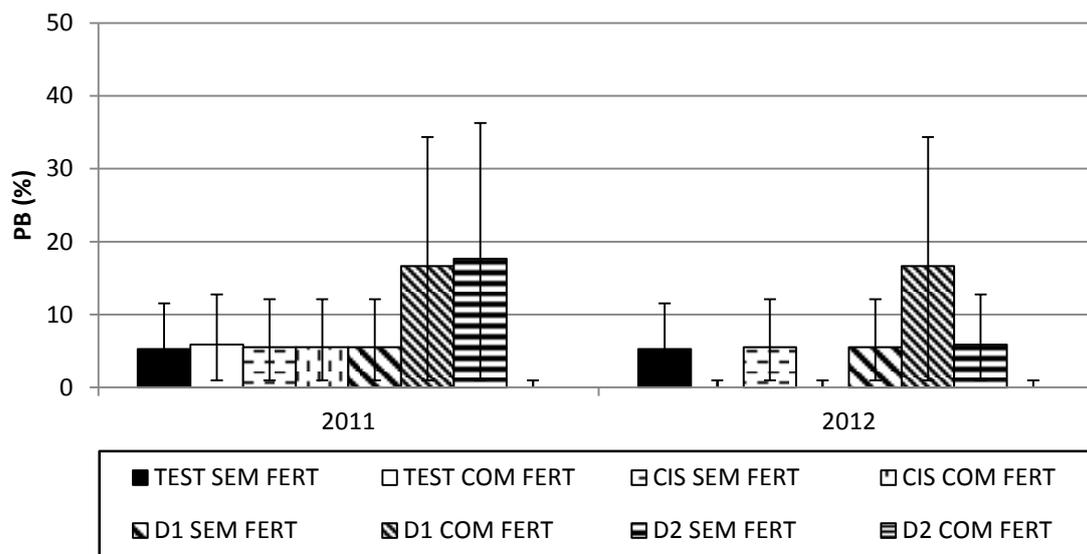


Figura 35. Percentagem de buracos ao nível dos cachos, 2011 e 2012, Loureiro. Valor médio e erro padrão da média.

Quanto à PB (Figura 35), verifica-se que no ano vitícola de 2011, a modalidade DRIS 2 apresentou taxas elevadas (próximas de 20%). Já em 2012, este número tendeu para zero nas modalidades com fertilização ao solo, excluindo o tratamento DRIS 1.

Os três parâmetros analisados (NCF, PCI e PB) permitem verificar que houve um aumento da compactação da vegetação de 2011 para 2012.

Nível vegetativo

De seguida, apresentam-se os resultados referentes à densidade do coberto a nível vegetativo.

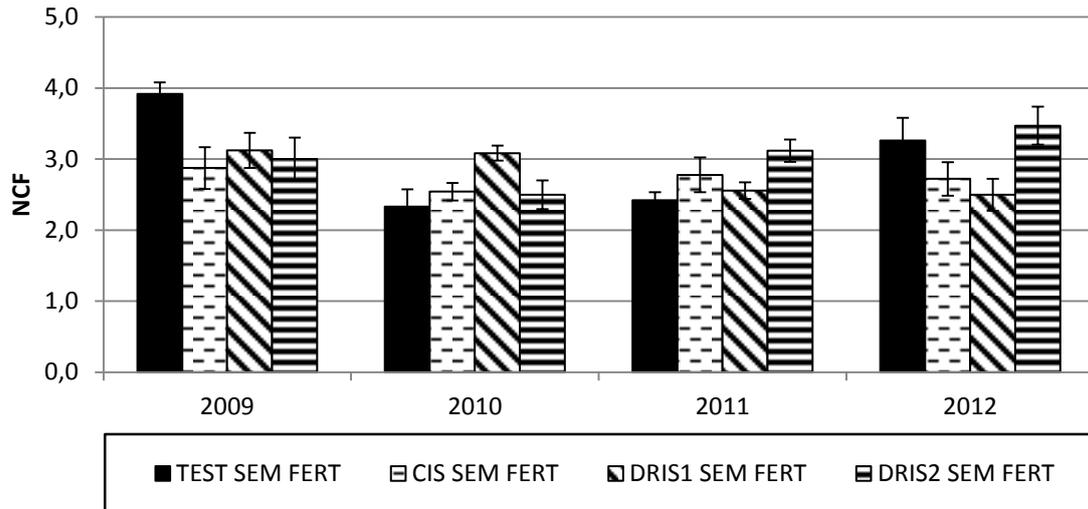


Figura 36. Número de camadas de folhas ao nível vegetativo, 2009 a 2012, Loureiro. Valor médio e erro padrão da média.

Pela observação da figura 36, conclui-se que o NCF é de, aproximadamente, 3 não existindo diferenças marcadas entre os 4 anos de ensaio. Para efeitos de comparação, citam-se os valores obtidos por Machado (2011), que, ao nível vegetativo, apresenta valores do NCF de 4,2 e os de Rosinhas (2012 b), cuja ordem de grandeza (3,3) é semelhante à encontrada neste trabalho.

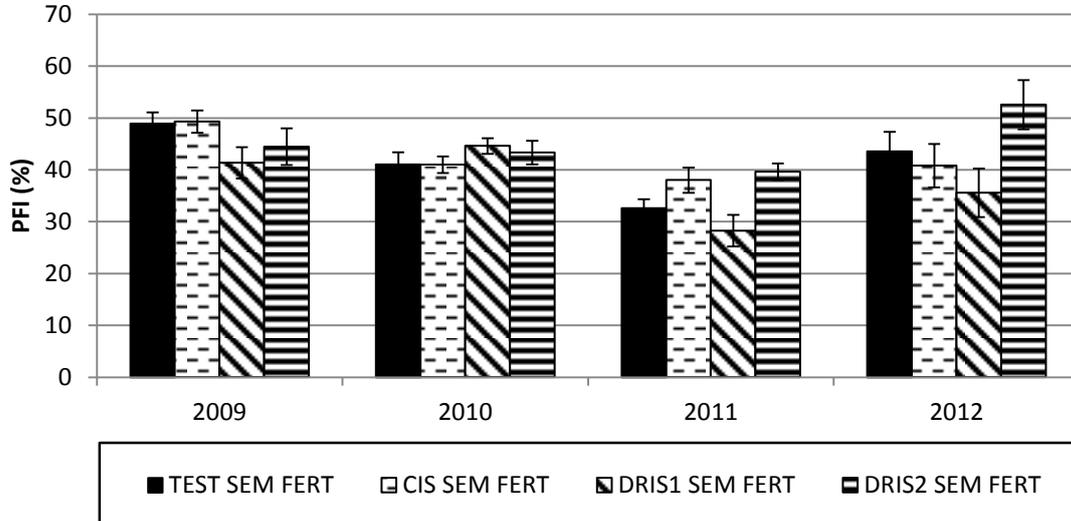


Figura 37. Percentagem de folhas interiores ao nível vegetativo, 2009 a 2012, Loureiro. Valor médio e erro padrão da média.

A PFI é de cerca de 40% (Figura 37), um valor semelhante aos 47% encontrados por Rosinhas (2012 b).

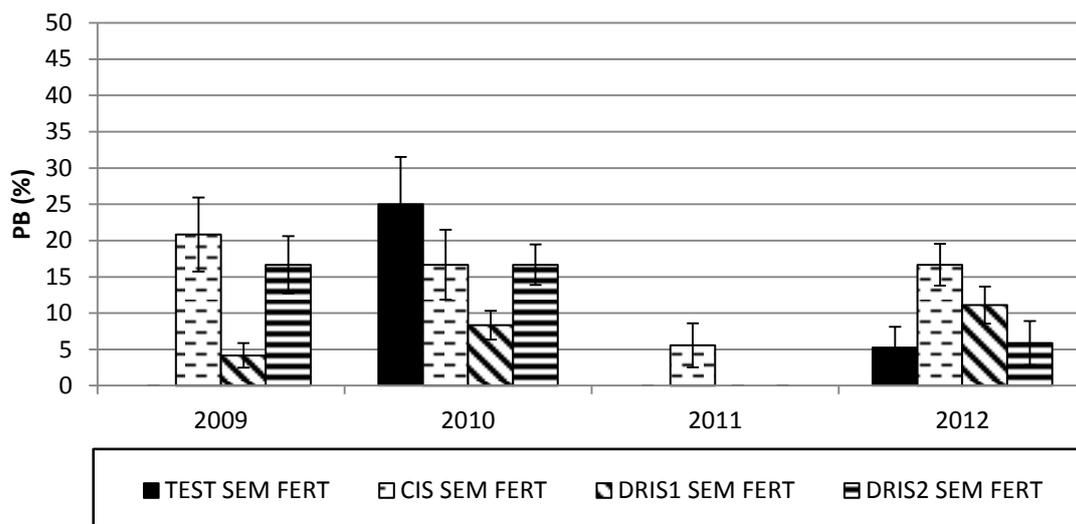


Figura 38. Percentagem de buracos ao nível vegetativo, 2009 a 2012, Loureiro. Valor médio e erro padrão da média.

Ao nível vegetativo, a PB (Figura 38) apresentou valores superiores aos verificados ao nível dos cachos, o que sugere uma menor densidade da sebe a este nível, resultado da emissão de netas. Como critério de comparação, citam-se as PB de 0,0 encontradas por Rosinhas (2012 a), na mesma parcela.

Examinando as figuras seguintes, poderemos considerar apenas a comparação entre as modalidades com e sem fertilização ao solo.

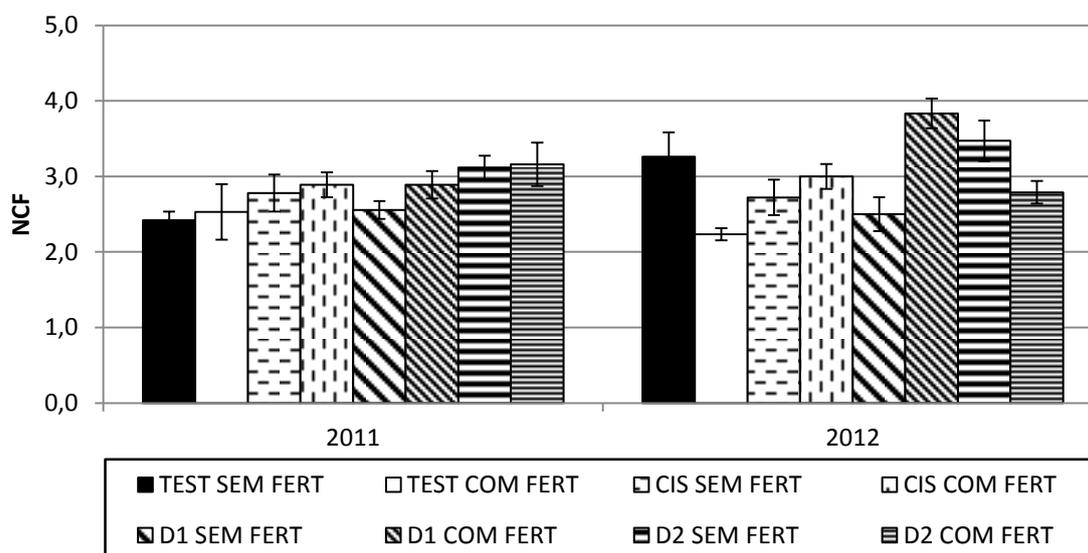


Figura 39. Número de camadas de folhas ao nível vegetativo, 2011 e 2012, Loureiro. Valor médio e erro padrão da média.

Pela análise da figura 39, observa-se que a presença das sub-modalidades permitiu distinguir em 2012, quanto ao critério do NCF, os tratamentos com e sem fertilização ao solo das modalidades TEST, DRIS 1 E DRIS 2. Contudo, a TEST

apresenta uma inversão dos resultados esperados, uma vez que as percentagens para a sub-modalidade com fertilização ao solo são inferiores às da sem fertilização ao solo.

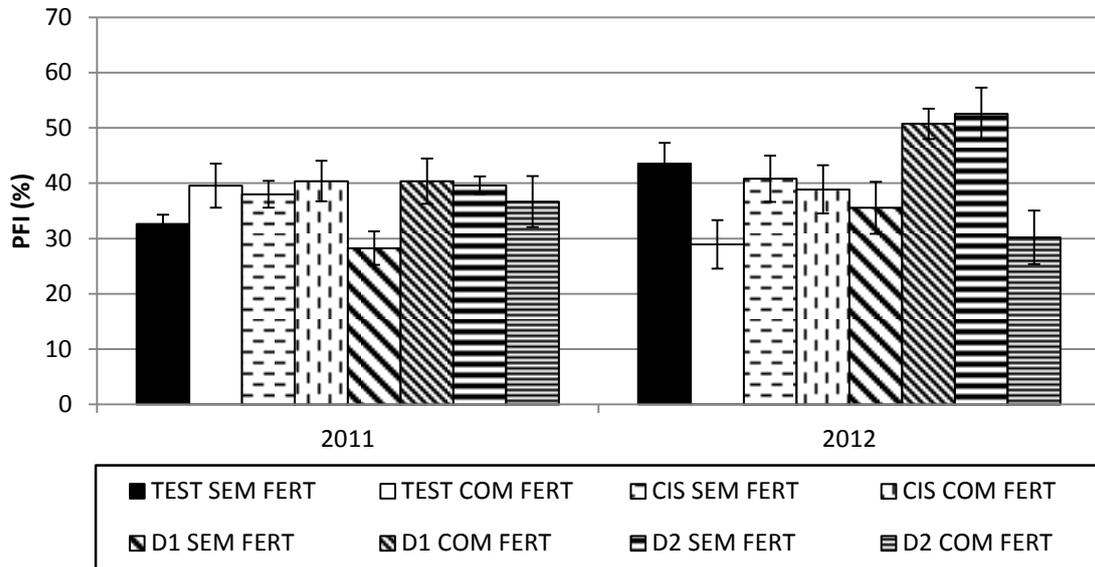


Figura 40. Percentagem de folhas interiores ao nível vegetativo, 2011 e 2012, Loureiro. Valor médio e erro padrão da média.

Também em relação à PFI (Figura 40), no segundo ano de introdução das sub-modalidades de fertilização ao solo, é óbvia a diferença causada por esta fertilização, aplicada às modalidades TEST, DRIS 1 E DRIS 2.

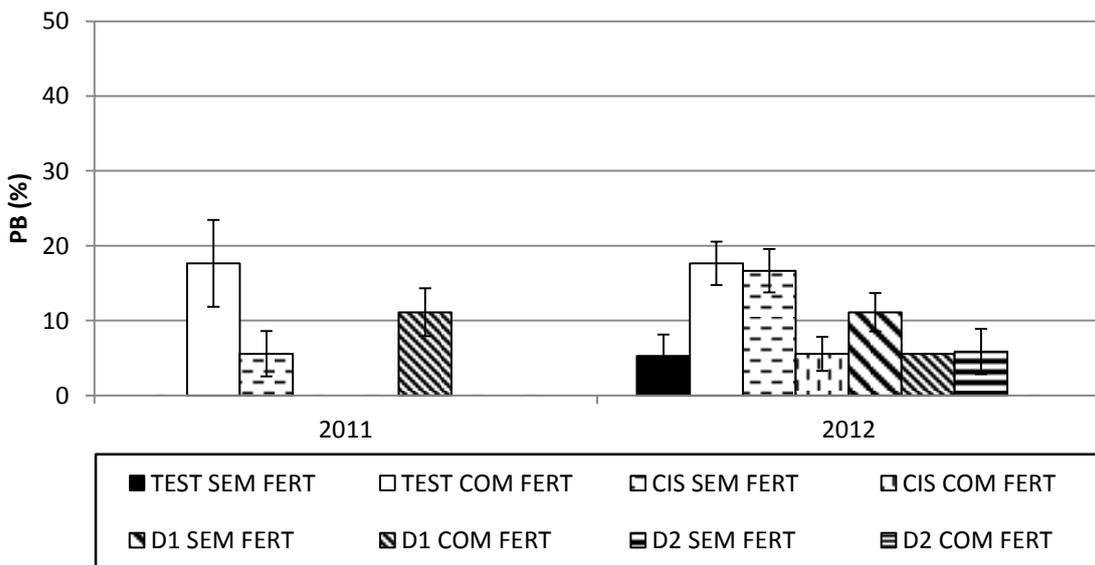


Figura 41. Percentagem de buracos ao nível vegetativo, 2011 e 2012, Loureiro. Valor médio e erro padrão da média.

Quanto à PB (Figura 41), esta é estatisticamente diferente entre as sub-modalidades definidas, já que as videiras com fertilização ao solo mostram, em geral,

no ano de 2012, uma percentagem mais reduzida, o equivalente a uma expansão vegetativa superior.

No cômputo geral, foi no ano de 2010 que a vinha revelou estar mais debilitada, a que correspondeu um desenvolvimento vegetativo e uma produção levemente inferiores. Refira-se ainda que, com o aumento do número do bloco, o vigor das plantas decresce consideravelmente em resultado da alteração das características edáficas o que pressupõe, igualmente, uma diminuição da fertilidade do terreno.

Acrescente-se por fim que, segundo as observações de Smart & Robinson (1991), os valores de referência para o método Point Quadrat deverão ser: NCF situado entre 1,0 e 1,5 ou até inferior; PFI menor que 10%; PCI inferior a 40% e PB entre 20 e 40%. Ora, os resultados deste ensaio são relativamente díspares já que o NCF representa cerca do dobro, as PFI e PCI foram consideravelmente superiores e a PB inferior, o que sugere, de acordo com Mota (2005), que estes limites de referência serão demasiado apertados para as condições locais, prova disso são as boas relações de produção e qualidade obtidas.

3.1.3.2. A Quinta de S. Luiz

Os resultados da análise da porosidade do coberto vegetal, referente à parcela da Quinta de S. Luiz, encontram-se sistematizados nos gráficos seguintes.

Nível dos cachos

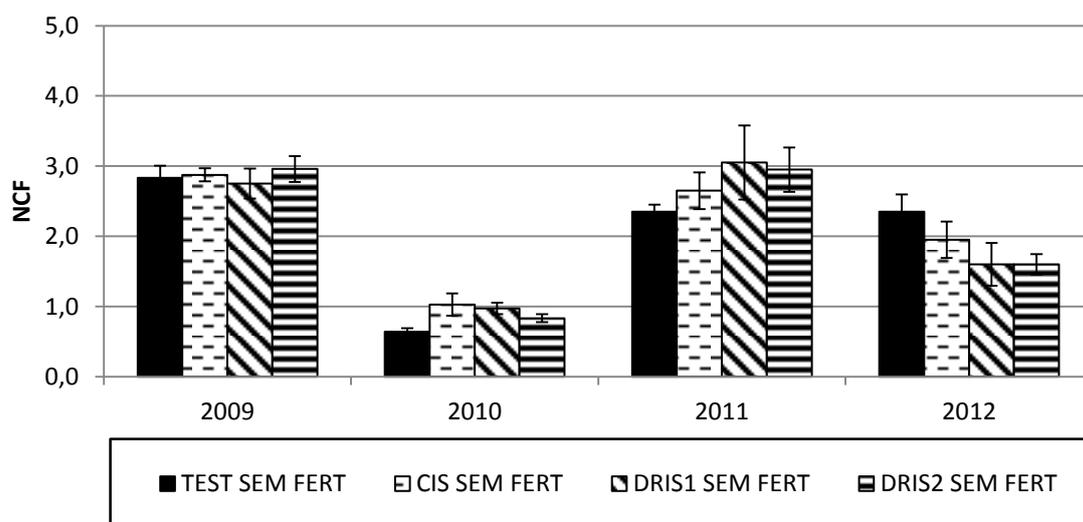


Figura 42. Número de camadas de folhas ao nível dos cachos, 2009 a 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro padrão da média.

Analisando a evolução dos quatro anos de estudo das modalidades não fertilizadas observa-se que, em relação ao NCF para a Touriga Nacional (Figura 42), este valor difere ao longo dos anos e consoante os tratamentos. Em 2010 e 2012 os valores do NCF, ao nível dos cachos, situaram-se entre 1 e 2 e, em 2009 e 2011, rondaram os 3. De referir que o valor de NCF registado em 2010 resultou da intensa desfolha e da acelerada senescência das folhas mais velhas devido ao golpe de calor ocorrido. Os valores encontrados para este ensaio representam um NCF baixo e são ligeiramente inferiores aos números publicados por Queiroz *et al.* (2001), por Barbosa (2002), e por Queiroz (2002 b), os quais rondam as 3 camadas de folhas.

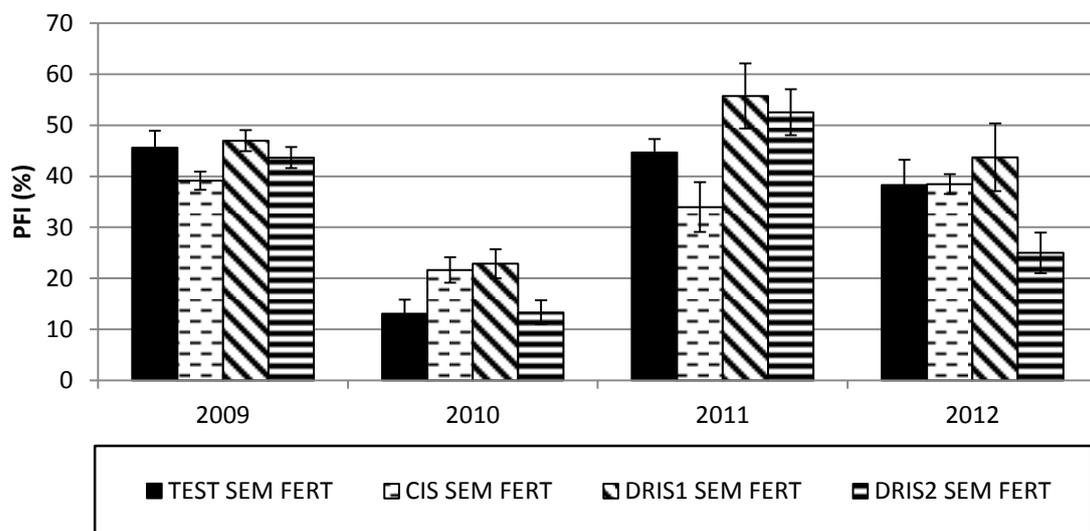


Figura 43. Percentagem de folhas interiores ao nível dos cachos, 2009 a 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro padrão da média.

Em relação à percentagem de folhas interiores (PFI) (Figura 43), esta situou-se, genericamente, entre os 30% e os 50%. Observa-se o valor mais baixo na modalidade CIS SEM FERT em 2009 e 2011. Mais uma vez, o ano de 2010 destaca-se pelos valores reduzidos, decorrentes da intensa desfolha ocorrida.

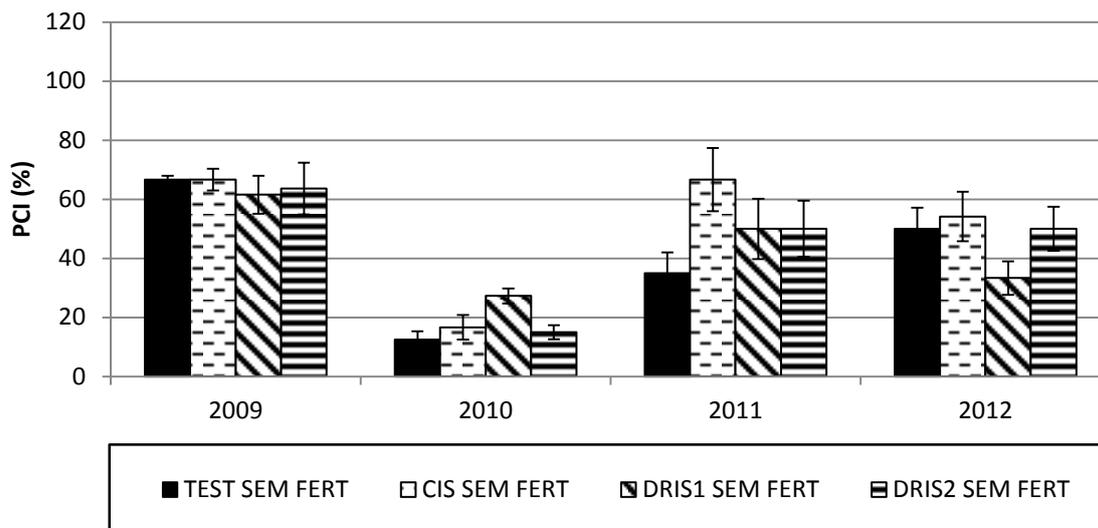


Figura 44. Percentagem de cachos interiores ao nível dos cachos, 2009 a 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro padrão da média.

A percentagem de cachos interiores (PCI) (Figura 44) foi muito heterogénea ao longo dos anos e consoante os tratamentos, tendo-se registado valores inferiores a 40% e, outros, próximo de 70%. De novo, não há a destacar qualquer modalidade. Como critério de comparação, acrescenta-se a informação de Barbosa (2002), que registou valores de PCI entre 40 e 50% e de Queiroz (2002 b), cujos valores foram ligeiramente superiores a 70%, na generalidade dos anos estudados.

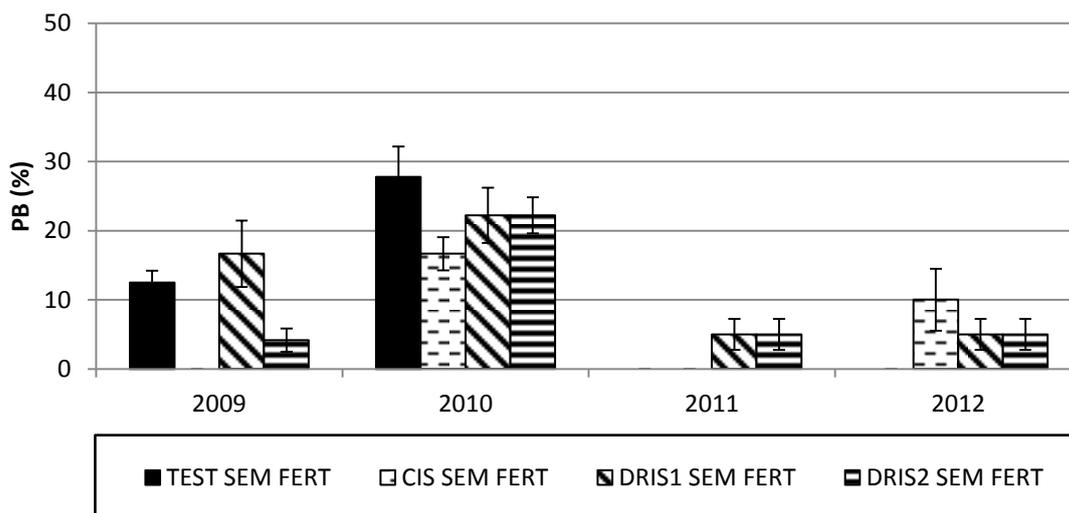


Figura 45. Percentagem de buracos ao nível dos cachos, 2009 a 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro padrão da média.

Por fim, observando a figura 45, conclui-se que a PB é bastante heterogénea. Em 2010, esta chega a ser elevadíssima, muito superior à proporção máxima de 10% ou 15% apresentadas por Barbosa (2002), ou Queiroz (2002 b).

Em 2012, a sub-modalidade fertilizada apresentou valores estatisticamente diferentes de NCF ao nível dos cachos em todas as sub-modalidades, exceto no tratamento TEST (Figura 46).

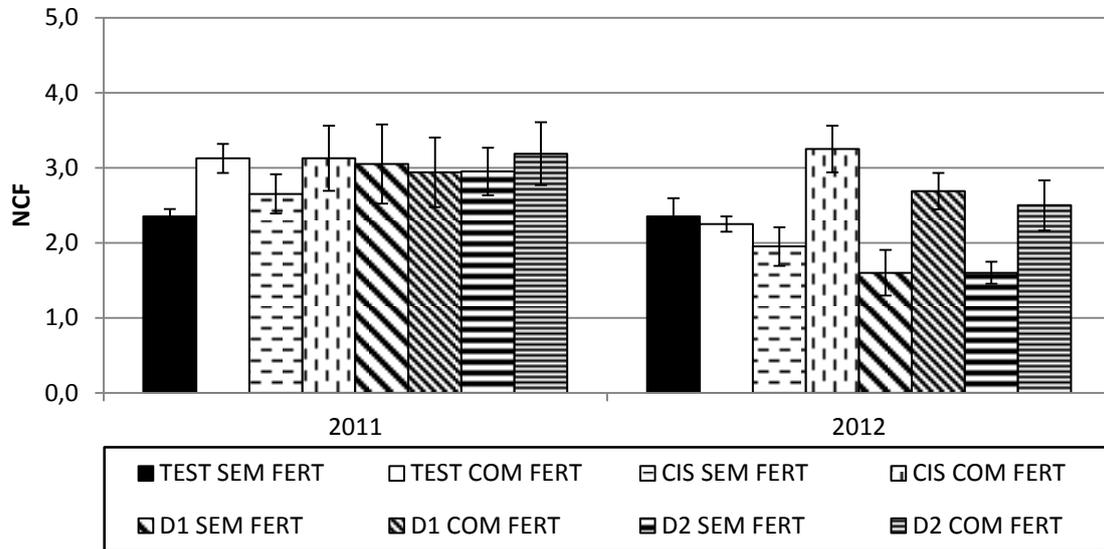


Figura 46. Número de camadas de folhas ao nível dos cachos, 2011 e 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro padrão da média.

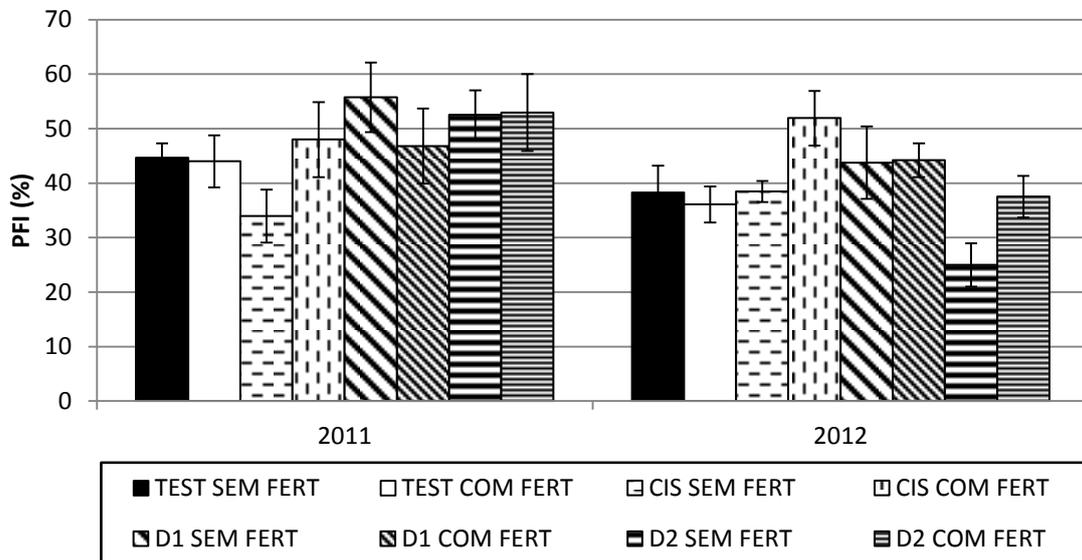


Figura 47. Percentagem de folhas interiores ao nível dos cachos, 2011 e 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro padrão da média.

Relativamente à PFI (Figura 47), tais diferenças entre sub-modalidades não se revelaram tão marcadas. Refira-se apenas que o ano de 2011 é aquele que apresenta grandezas superiores de PFI.

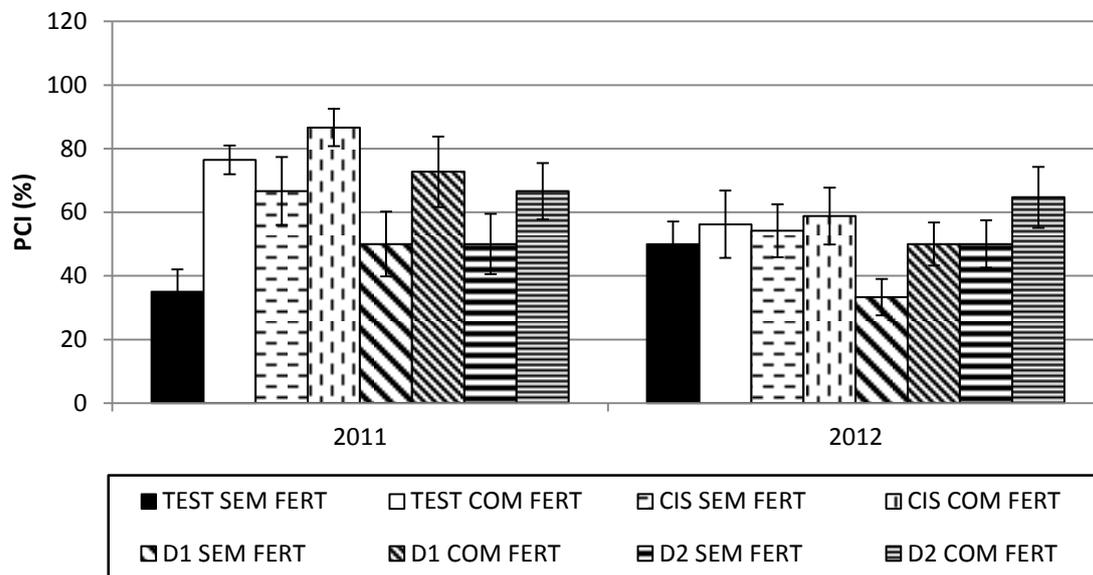


Figura 48. Percentagem de cachos interiores ao nível dos cachos, 2011 e 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro padrão da média.

Ainda ao nível dos cachos, a PCI (Figura 48) mostrou ser, em média, superior nas modalidades fertilizadas, no ano de 2011.

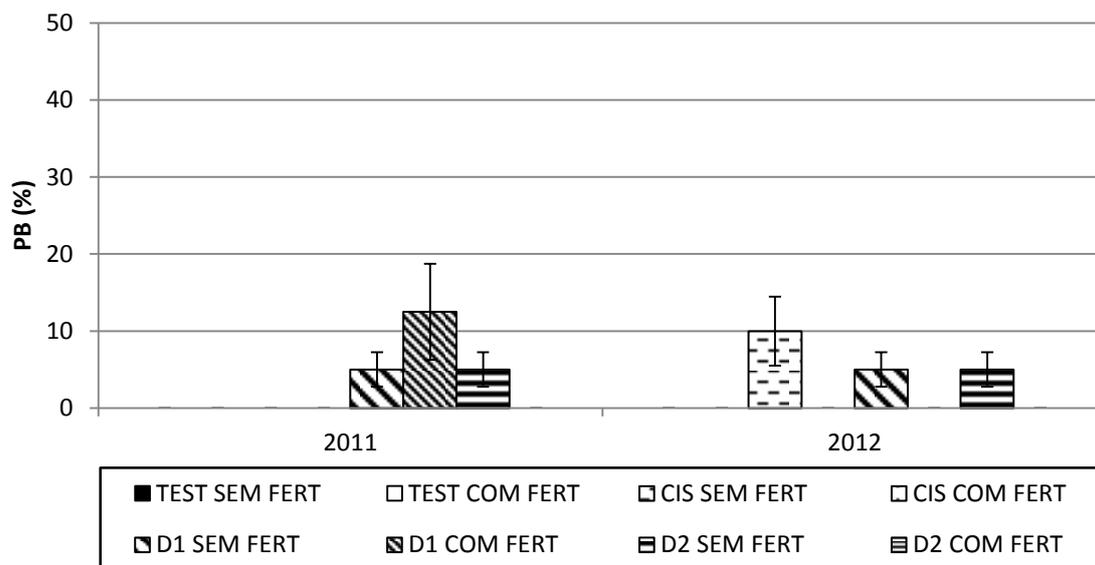


Figura 49. Percentagem de buracos ao nível dos cachos, 2011 e 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro padrão da média.

Os valores apresentados na figura 49 permitem constatar que, na maior parte dos casos, as PB registadas acima de 0% correspondem a modalidades sem fertilização ao solo.

Nível vegetativo

De seguida, apresentam-se, para a mesma parcela, os valores obtidos ao nível vegetativo.

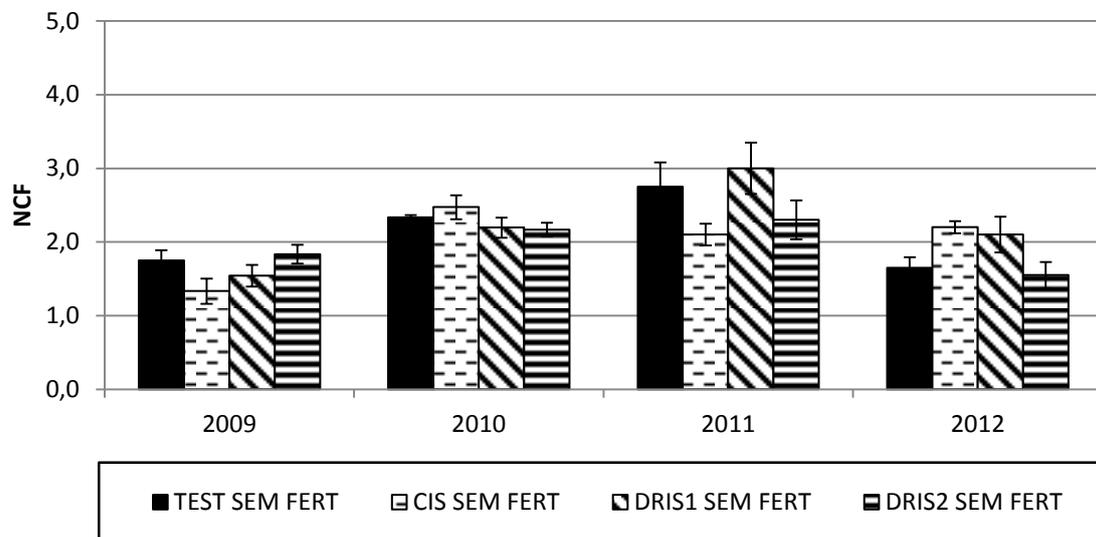


Figura 50. Número de camadas de folhas ao nível vegetativo, 2009 a 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro padrão da média.

Conforme se observa na figura 50, o NCF, ao nível vegetativo, foi semelhante ao dos cachos em 2011 e 2012, foi menor no ano de 2009, e superior em 2010, não se tendo verificado nenhuma tendência com respeito às modalidades estudadas. Em 2009, a marcada debilidade das videiras não permitiu uma grande expansão vegetativa, o que explica o menor NCF registado ao nível vegetativo. Pelo contrário, em 2010, os valores do NCF, ao nível vegetativo, são explicados pelo desenvolvimento de netas ocorrido a esse nível. No ano de 2011, o NCF foi ligeiramente superior, especialmente no que diz respeito às modalidades TEST e DRIS 1 e, em 2012, rondou o valor 2. De novo refira-se que o NCF deste ensaio apresenta um valor abaixo do expectável, segundo os estudos já referidos.

A nível vegetativo, a PFI (Figura 51) diminui ligeiramente, devendo-se esta ocorrência à existência de um menor preenchimento da sebe a este nível. Os valores encontrados estão em consonância com os avançados pelos trabalhos de Barbosa (2002), e de Queiroz (2002 b).

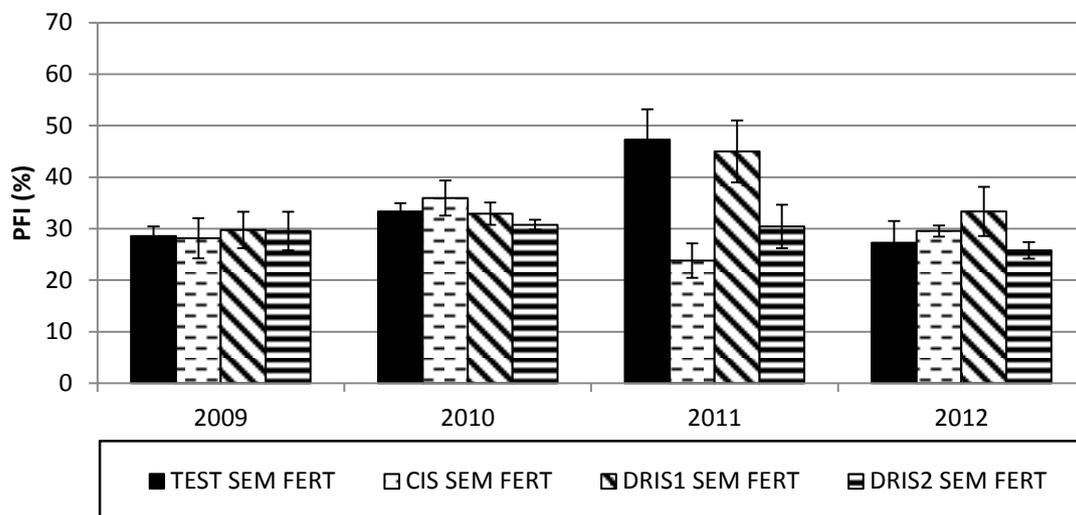


Figura 51. Percentagem de folhas interiores ao nível vegetativo, 2009 a 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro padrão da média.

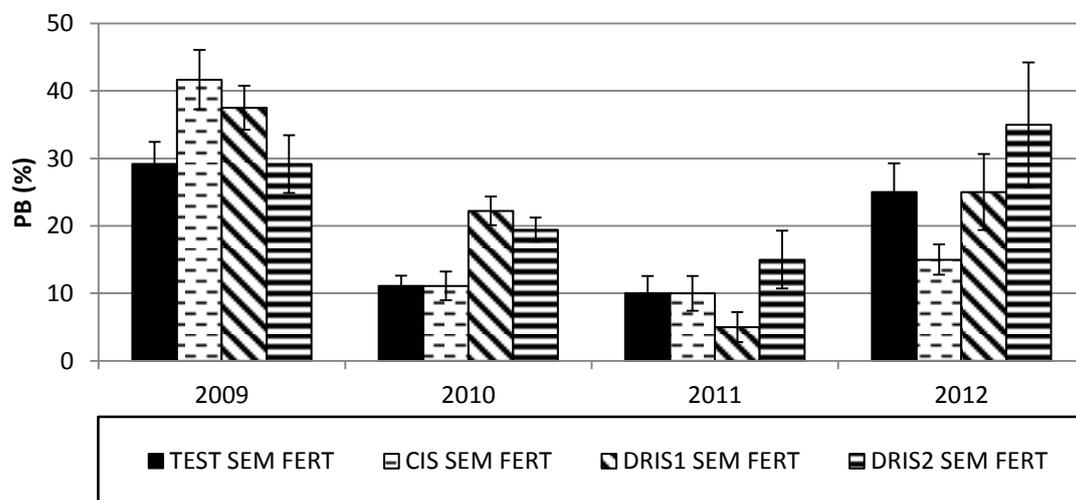


Figura 52. Percentagem de buracos ao nível vegetativo, 2009 a 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro padrão da média.

Quando comparada com o nível dos cachos, a PB (Figura 52) medida ao nível vegetativo é maior, dada a quebra de vigor verificada na vinha a partir do estado fenológico L (Cacho fechado), conjugada com o aumento de temperatura média registada e a redução da disponibilidade hídrica no solo, condicionando a emissão de novas netas. No terreno era ainda notório o aumento da PB com o avançar do número

do bloco, correspondente a um gradiente de inclinação superior e a um decréscimo de profundidade e de fertilidade do solo.

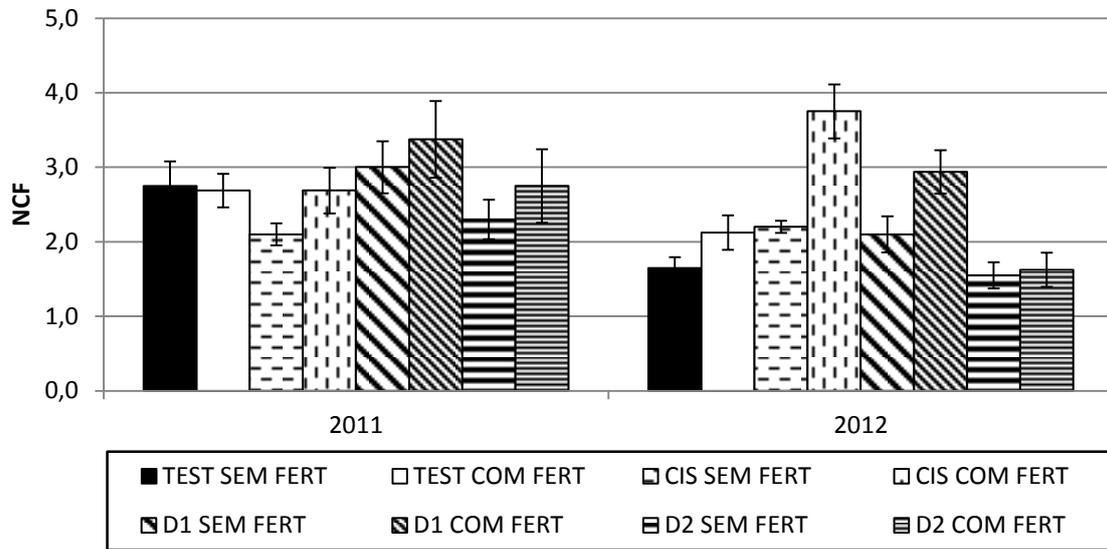


Figura 53. Número de camadas de folhas ao nível vegetativo, 2011 e 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro padrão da média.

Ainda a nível vegetativo, o NCF (Figura 53) é superior, no caso das submodalidades com fertilização ao solo, especialmente em 2012, onde as diferenças são mesmo estatisticamente significativas, com exceção do DRIS 2. Destaca-se ainda o valor do CIS COM FERT em 2012, que apresenta um valor de NCF próximo de 4, cerca do dobro da média das restantes modalidades.

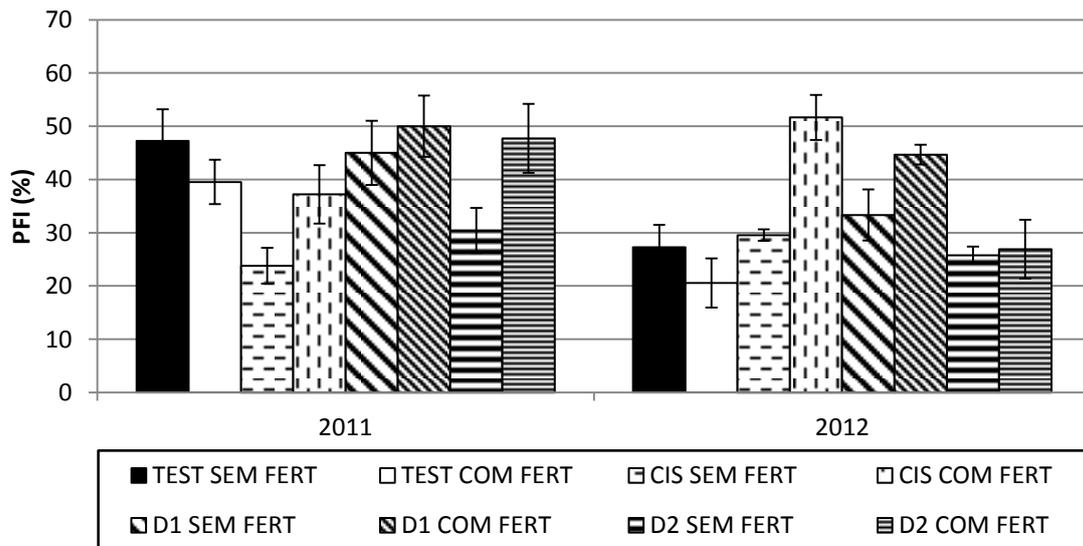


Figura 54. Percentagem de folhas interiores ao nível vegetativo, 2011 e 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro padrão da média.

De um modo similar à figura 53, ao nível vegetativo, os valores da PFI (Figura 54) diferem conforme a sub-modalidade considerada. Constitui exceção a modalidade TEST.

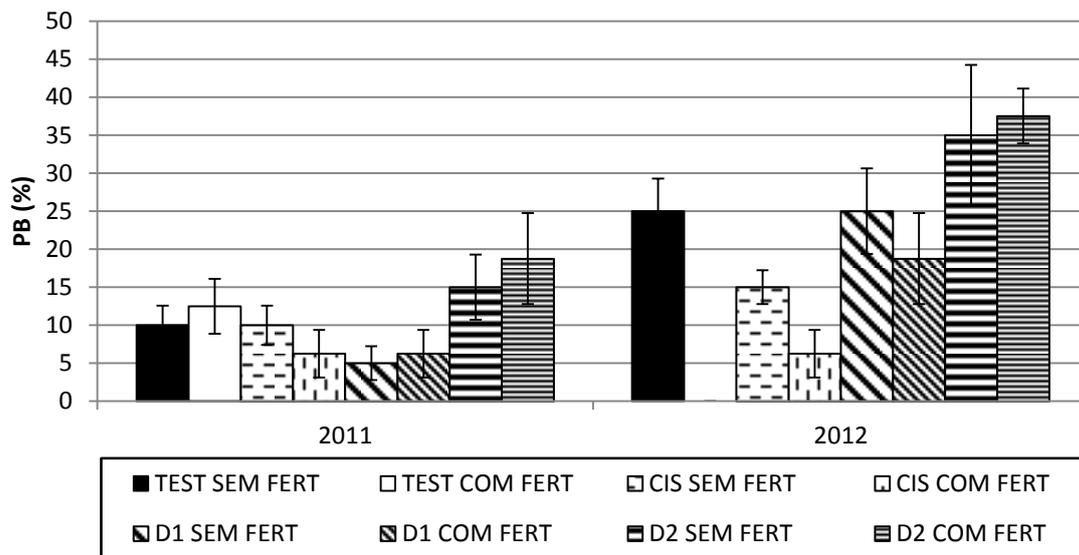


Figura 55. Percentagem de buracos ao nível vegetativo, 2011 e 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro padrão da média.

Mais uma vez, a PB (Figura 55) sobe consideravelmente quando contabilizada ao nível vegetativo, resultado da fraca expansão vegetativa observada.

A análise geral dos parâmetros expostos permite classificar as sebes da parcela de Touriga Nacional em S. Luiz como pouco compactas. O reduzido NCF e a PB registados conferem uma elevada porosidade, a qual contribui para a melhoria do microclima a nível do coberto vegetal, refletindo, por outro lado, a falta de vigor das plantas em estudo. Acrescente-se que o ano de 2010 foi aquele que apresentou o menor valor dos índices NCF, PFI, PCI e o maior valor de PB, resultado da combinação de algumas variáveis climáticas já referidas, que conduziram a uma marcada desfolha das videiras ao nível dos cachos. Os valores observados são superiores aos publicados por Smart & Robinson (1991), e assumidos como desejáveis em regiões de clima ameno, não sendo adequados a condições de temperaturas e irradiâncias muito elevadas, como a RDD (Queiroz, 2002 b). Apesar de Carbonneau (1997), defender que, em zonas temperadas para produções de

qualidade deverá existir um equilíbrio microclimático folha/fruto, responsável por assegurar uma exposição da folhagem de média a forte, acompanhado de uma exposição dos cachos média, poderia considerar-se que neste ensaio, à semelhança do que conclui Queiroz (2002 b), estamos perante cobertos demasiado densos. Todavia, convém ter igualmente presente que, de acordo com Oliveira (1996), a ocorrência de elevadas percentagens de cachos murchos ou secos, por escaldão, pode existir sempre que o NCF for inferior a 2 ou a PB ultrapasse os 10%, facto comprovado neste trabalho, pelo que entendemos que as sebes têm cobertos adaptados às condições da RDD.

4. Componentes do rendimento

De seguida, para cada uma das parcelas selecionadas apresentam-se os índices de fertilidade potencial, o peso do vindimado por videira, o peso médio do cacho, bem como alguns índices de produção locais, regionais e nacionais.

4.1. Índice de fertilidade potencial

4.1.1. A Estação Vitivinícola Amândio Galhano – EVAG

Os valores médios do índice de fertilidade potencial (IFP) na EVAG encontram-se sumarizados nas tabelas 49 e 50. O IFP (Tabela 49) manteve-se entre 1,0 e 1,4, sendo os anos de 2011 e de 2012 aqueles em que foi significativamente mais elevado. Verifica-se, porém, a ocorrência de IFP superiores nos tratamentos DRIS 1 e DRIS 2, os quais se refletem no valor da média apresentada não sendo, porém, diferentes do ponto de vista estatístico. Como critério de comparação com IFP, determinados noutros trabalhos, apresentam-se os valores de 0,94 e de 1,04, obtidos na mesma parcela em 2010 e 2012 (Machado, 2011; Rosinhas, 2012 a). No que diz respeito aos anos de 2011 e de 2012 não se verificaram diferenças estatisticamente significativas em relação ao IFP (Tabela 50).

Tabela 49. Índice de fertilidade potencial para a sub-modalidade sem fertilização ao solo, 2009 a 2012, Loureiro. Valor médio e erro-padrão da média.

Parâmetros e Estatística	IFP	
<u>Tratamentos</u>		
TEST	1,16 ± 0,03	
CIS	1,19 ± 0,03	
DRIS 1	1,26 ± 0,03	
DRIS 2	1,23 ± 0,02	
<i>Teste f</i>	0,408	
<u>Anos</u>		
2009	1,17 ± 0,02	B
2010	1,10 ± 0,02	A
2011	1,34 ± 0,03	C
2012	1,39 ± 0,03	C
<i>Teste f</i>	0,000	
<u>Interação</u>		
<u>Tratamentos vs. Ano</u>		
<i>Teste f</i>	0,820	

Nota: Valores com, pelo menos, uma letra em comum não diferem significativamente ($p > 0,05$), segundo o teste de Duncan.

Tabela 50. Índice de fertilidade potencial para os respetivos tratamentos e sub-modalidades com e sem fertilização ao solo, 2011 e 2012, Loureiro. Valor médio e erro-padrão da média.

Parâmetros e Estatística	IFP	
<u>Tratamentos</u>		
TEST	1,3 ± 0,0	
CIS	1,4 ± 0,0	
DRIS 1	1,4 ± 0,0	
DRIS 2	1,4 ± 0,0	
<i>Teste f</i>	0,604	
<u>Fertilização solo</u>		
SEM FERT	1,4 ± 0,0	
COM FERT	1,4 ± 0,0	
<i>Teste f</i>	0,791	
<u>Anos</u>		
2011	1,3 ± 0,0	
2012	1,4 ± 0,0	
<i>Teste f</i>	0,135	
<u>Interação</u>		
<u>Tratamentos vs. Fertilização solo</u>		
<i>Teste f</i>	0,907	

Nota: Valores com, pelo menos, uma letra em comum não diferem significativamente ($p > 0,05$), segundo o teste de Duncan.

4.1.2. A Quinta de S. Luiz

As tabelas 51 e 52 apresentam os valores do IFP obtidos na Quinta de S. Luiz.

Tabela 51. Índice de fertilidade potencial para a sub-modalidade sem fertilização ao solo, 2009 a 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro-padrão da média.

Parâmetros e Estatística	IFP	
<u>Tratamentos</u>		
TEST	1,15 ± 0,04	
CIS	1,12 ± 0,03	
DRIS 1	1,15 ± 0,04	
DRIS 2	1,14 ± 0,04	
<i>Teste f</i>	<i>0,845</i>	
<u>Anos</u>		
2009	0,97 ± 0,02	B
2010	0,66 ± 0,02	A
2011	1,60 ± 0,02	C
2012	1,67 ± 0,02	D
<i>Teste f</i>	<i>0,000</i>	
<u>Interação</u>		
<u>Tratamentos vs. Ano</u>		
<i>Teste f</i>	<i>0,201</i>	

Nota; Valores com, pelo menos, uma letra em comum não diferem significativamente ($p > 0,05$), segundo o teste de Duncan.

Pela apreciação das tabelas precedentes, verifica-se que os IFP não apresentaram diferenças estatisticamente significativas no que respeita aos tratamentos ou à interação destes com os anos em que decorreu o ensaio. Contudo, considerando os anos, para a casta Touriga Nacional os valores de IFP situam-se entre 0,6 e 1,0 nos primeiros dois anos de ensaio e próximos de 1,6 nos seguintes. Os anos vitícolas de 2009 e de 2010 apresentam um IFP consideravelmente inferior aos restantes, confirmando uma situação de debilidade do campo experimental, já testemunhada pela análise de outros fatores produtivos. Infelizmente esta situação de debilidade foi comprovada apenas na primavera de 2009, após o crescimento e desenvolvimento dos pâmpanos. Todavia, porque a parcela de Touriga Nacional na Quinta de S. Luiz foi selecionada durante a época de inverno, altura em que apresentava uma estrutura permanente aparentemente normal e também perante o potencial qualitativo referenciado como interessante pelos técnicos de viticultura da Quinta, optou-se por continuar a desenvolver o trabalho nesta parcela, apesar dos

Tabela 52. Índice de fertilidade potencial para os respetivos tratamentos e sub-modalidades com e sem fertilização ao solo, 2011 e 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro-padrão da média.

Parâmetros e Estatística	IFP
<u>Tratamentos</u>	
TEST	1,61 ± 0,02
CIS	1,58 ± 0,03
DRIS 1	1,64 ± 0,02
DRIS 2	1,68 ± 0,02
<i>Teste f</i>	0,307
<u>Fertilização solo</u>	
SEM FERT	1,63 ± 0,01
COM FERT	1,62 ± 0,02
<i>Teste f</i>	0,610
<u>Anos</u>	
2011	1,60 ± 0,02
2012	1,65 ± 0,02
<i>Teste f</i>	0,086
<u>Interação</u>	
<u>Tratamentos vs.</u>	
<u>Fertilização solo</u>	
<i>Teste f</i>	0,286

Nota: Valores com, pelo menos, uma letra em comum não diferem significativamente ($p > 0,05$), segundo o teste de Duncan.

resultados obtidos. Aliás, tal situação de fragilidade deveria, segundo o nosso parecer, permitir até que os efeitos testados neste trabalho se revelassem mais visíveis. Por sua vez, a análise estatística para 2011 e 2012 revela que estes números são próximos dos valores de 1,6 encontrados por Queiroz (1996) para a mesma casta na RDD, mas bem diferentes de 2,1, a média registada por Queiroz (2002 b) em anos posteriores. De todo o modo, não é visível qualquer diferença em relação ao IFP que possa ser diretamente causada pela presença ou ausência de adubação, no que diz respeito às modalidades, às sub-modalidades, aos anos ou à própria conjugação das modalidades com os tratamentos de fertilização ao solo.

Faz-se notar que este índice não reflete com exatidão a relação entre o número final de cachos e de varas, principalmente devido à quebra de alguns pâmpanos, provocada pelo vento ou pela passagem de máquinas, pelo eventual aborto de inflorescências, ocorrido à Floração, ou a não contabilização de cachos provenientes de gomos da coroa, cujo abrolhamento tenha sido mais tardio, ou ainda devido a erros experimentais (Lopes, 1994; Barbosa, 2002).

4.2. Registos dos componentes do rendimento à vindima

4.2.1. A Estação Vitivinícola Amândio Galhano – EVAG

Seguidamente apresentam-se os pesos médios do vindimado por videira bem como o peso médio dos cachos do ensaio da EVAG.

Tabela 53. Peso vindimado por videira (kg) e peso médio do cacho (g) para a sub-modalidade sem fertilização ao solo, 2009 a 2012, Loureiro. Valor médio e erro-padrão da média.

Parâmetros e Estatística	Peso Vindimado/Videira (kg)		Peso médio do cacho (g)	
<u>Tratamentos</u>				
TEST	9,03 ± 0,33		295,2 ± 7,2	
CIS	8,89 ± 0,33		293,9 ± 6,7	
DRIS 1	8,96 ± 0,36		286,9 ± 7,5	
DRIS 2	9,00 ± 0,32		293,9 ± 6,3	
<i>Teste f</i>	0,996		0,976	
<u>Anos</u>				
2009	9,65 ± 0,28	C	323,6 ± 4,8	B
2010	7,37 ± 0,28	A	255,8 ± 5,7	A
2011	11,05 ± 0,41	D	352,4 ± 7,3	C
2012	8,73 ± 0,29	B	244,7 ± 4,4	A
<i>Teste f</i>	0,000		0,000	
<u>Interação</u>				
<u>Tratamentos vs.</u>				
<u>Ano</u>				
<i>Teste f</i>	0,771		0,860	

Nota: Valores com, pelo menos, uma letra em comum não diferem significativamente ($p > 0,05$), segundo o teste de Duncan.

Na EVAG, o peso do vindimado por videira (Tabela 53) não revelou ser estatisticamente diferente para qualquer uma das modalidades consideradas. Todavia, o ano de 2010 é, notoriamente, o menos produtivo (média de 7,37 kg/videira) e o de 2011 o mais produtivo (média de 11,05 kg/cepa, o que equivale a 17,68 t/ha). A produtividade contabilizada ao longo do ensaio encontra-se aquém do valor do peso médio do vindimado por videira encontrado por Pacheco (1999), em 1995/1996, o 6.º ano de instalação desta mesma vinha, o qual se situa próximo dos 17,0 kg (27,20 t/ha). Tal diferença poderá ser justificada pelos 22 anos que separam estas duas medições, um delas obtida numa vinha jovem, de máxima produção, e num ano extremamente fértil e produtivo, e outra na fase adulta. De referir igualmente que a existência de esca nas videiras do ensaio, ainda que tido efeitos notórios apenas no ano de 2012, pode também ser responsável por quebras a nível produtivo inclusive em

anos anteriores. No seu estudo sobre o rendimento e qualidade na casta Loureiro, em cordão simples retombante, realizado entre 1991 e 1995, Mota *et al.* (1996), referem valores médios de produção próximos de 10,2 kg por videira para o mesmo porta-enxerto. Também Garrido *et al.* (1998), ao estudarem a aplicação sistema CAR-LYS, uma cortina ascendente e retombante considerada como a precursora do LYS, em cepas da casta Loureiro com uma carga de 50 000 gomos/ha, obtiveram um rendimento médio por cepa de 12,8 kg. Por sua vez, a produtividade média de cada cepa na publicação de Rosinhas (2012 a), para a mesma parcela deste ensaio, na vindima de 2012, situa-se na ordem dos 8,5 kg/videira (13,60 t/ha), um valor muito próximo dos publicados na tabela anterior, contrariamente aos de Machado (2011), que refere uma produtividade média de 5,0 kg/videira (isto é, 8,0 t/ha), valor este deveras inferior ao registado. De novo não se verifica qualquer interação entre o ano e o tratamento. No caso das sub-modalidades com fertilização ao solo (Tabela 54), além de não se registarem efeitos significativos entre os tratamentos estudados, também não se verifica uma resposta produtiva das videiras em relação à adubação do solo ou ainda referente à interação do tratamento com a fertilização ao solo. Mencione-se, contudo, a superioridade do ano 2011, confirmada pela análise estatística.

Tabela 54. Peso vindimado por videira (kg) e peso médio do cacho (g) para os respetivos tratamentos e sub-modalidades com e sem fertilização ao solo, 2011 e 2012, Loureiro. Valor médio e erro-padrão da média.

Parâmetros e Estatística	Peso Vindimado/Videira (kg)	Peso médio do cacho (g)
<u>Tratamentos</u>		
TEST	9,92 ± 0,39	305,9 ± 8,9
CIS	9,67 ± 0,37	304,3 ± 9,3
DRIS 1	10,18 ± 0,39	298,5 ± 7,9
DRIS 2	9,73 ± 0,30	298,5 ± 9,0
<i>Teste f</i>	0,884	0,938
<u>Fertilização solo</u>		
SEM FERT	9,91 ± 0,27	298,5 ± 6,1
COM FERT	9,84 ± 0,28	305,0 ± 6,4
<i>Teste f</i>	0,861	0,339
<u>Anos</u>		
2011	11,06 ± 0,31	357,3 ± 5,1
2012	8,66 ± 0,19	247,0 ± 3,6
<i>Teste f</i>	0,000	0,000
<u>Interação</u>		
<u>Tratamentos vs.</u>		
<u>Fertilização solo</u>		
<i>Teste f</i>	0,711	0,851

Nota: Valores com, pelo menos, uma letra em comum não diferem significativamente ($p > 0,05$), segundo o teste de Duncan.

No que respeita ao peso médio do cacho (Tabela 53), este revela ser estatisticamente inferior nos anos de 2010 e de 2012 (cerca de 250 gramas), sendo semelhante à média de 241 gramas assinalada por Machado (2011), e ligeiramente superior aos 211 gramas encontrados por Rosinhas (2012 a). Segue-se-lhes o ano 2009, em que o peso ronda os 324 gramas e, por fim, 2011 destaca-se como o ano vitícola em que o peso médio é o mais elevado, com uma média de 354 gramas por cacho. Não são evidenciadas diferenças entre modalidades ou outras decorrentes da combinação entre o tratamento e o ano. À semelhança dos resultados sem fertilização ao solo, a introdução da sub-modalidade adubada (Tabela 54) não revelou qualquer resposta estatisticamente distinta, quanto aos fatores estudados.

Por fim, como critério de comparação, na tabela 55 podem observar-se alguns índices de produtividade vitícola, a nível nacional e regional.

Tabela 55. Valores das produções local, regional e nacional registadas entre 2009 e 2012, tendo como referência a parcela da EVAG.

Índices de Produtividade	2009	2010	2011	2012	Médias
Produtividade média do ensaio (t/ha)	15,5	11,8	17,7	13,8	14,7
Produção total Quinta (t/ha) (Garrido, 2012)	7,11	8,87	11,34	7,69	8,75
Produção vinho (milhares de hl) / Sub-Região do Lima (CVRVV, 2013)	68	77	84	102	83
Produção Total (milhares de hl) / RDVV (IVV, 2014)	784	867	912	823	847
Produtividade média nacional hl/ha (INE, 2013)	32	39	31	35	34
Produtividade média nacional t/ha (INE, 2013)	4,36	5,32	4,23	4,77	4,67

A tabela permite identificar que, neste ensaio, 2010 foi o ano menos produtivo (11,8 t/ha) e 2011 o melhor ano em termos produtivos (17,7 t/ha), coincidindo igualmente com uma antecipação importante da data da vindima. A média produtiva ronda as 14,7 t/ha. Ao nível dos dados estatísticas da Quinta ou mesmo regionais, 2011 revela-se como o melhor ano do quadriénio, enquanto o menos favorável, segundo os dados facultados pela EVAG, a CVRVV e o IVV, foi o ano vitícola de 2009.

Por oposição, os índices apresentados pelo Instituto Nacional de Estatística não refletem a realidade vitícola na parcela ou região entre os anos de 2009 e 2012.

4.2.2. A Quinta de S. Luiz

No caso da Quinta de S. Luiz, o registo dos componentes à vindima encontra-se apresentado nas tabelas 56 e 57.

Tabela 56. Peso vindimado por videira (kg) e peso médio do cacho (g) para a sub-modalidade sem fertilização ao solo, 2009 a 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro-padrão da média.

Parâmetros e Estatística	Peso Vindimado/Videira (kg)		Peso médio do cacho (g)	
<u>Tratamentos</u>				
TEST	0,95 ± 0,04		65,4 ± 2,1	
CIS	0,89 ± 0,06		63,2 ± 2,8	
DRIS 1	0,98 ± 0,06		65,4 ± 2,8	
DRIS 2	0,87 ± 0,06		60,2 ± 2,8	
Teste f	0,885		0,891	
<u>Anos</u>				
2009	0,50 ± 0,20	A	35,6 ± 1,0	A
2010	0,75 ± 0,04	B	82,1 ± 2,9	C
2011	1,41 ± 0,06	C	77,3 ± 2,1	C
2012	1,32 ± 0,06	C	64,1 ± 2,2	B
Teste f	0,000		0,000	
<u>Interação</u>				
<u>Tratamentos vs. Ano</u>				
Teste f	0,044		0,088	

Nota: Valores com, pelo menos, uma letra em comum não diferem significativamente ($p > 0,05$), segundo o teste de Duncan.

Na RDD, para as modalidades sem fertilização ao solo, o peso do vindimado por videira apresentou alguma variabilidade inter-anual (Tabela 56). Todavia, é notório o aumento gradual da produtividade média de cada videira. Além disso, apesar de não serem estatisticamente diferentes, a média das produções foi superior nas modalidades DRIS 1 (0,98 kg por videira, ou seja, 5,16 t/ha) e TEST (0,95 kg por videira, isto é, 5,00 t/ha), em contraste com as modalidades CIS (0,89 kg por videira ou 4,69 t/ha) e DRIS 2 (0,87 kg, o que equivale a 4,58 t/ha). A combinação do efeito ano com o tratamento (Tabela 57) revela-se significativa ($p=0,044$), evidenciando que o tratamento DRIS 1 se encontra a par do DRIS 2 no ano de 2011 ou da TEST e do DRIS 1, em 2012. Considerando apenas o ano de 2012, constata-se que a TEST é superior às restantes modalidades. O peso do vindimado por videira é inferior ao publicado por Queiroz *et al.* (1999), cuja grandeza se situa, em anos considerados comuns, entre 1,7 e 2,8 kg/cepa, variando de acordo com o tipo de intervenção em

verde efetuado, ou por Barbosa (2002), cuja média foi de 1,7 kg/videira, especialmente em 2009, dado o vigor reduzido das videiras, e em 2010, ano em que as condições climáticas adversas levaram à secura e ao escaldão de uma grande percentagem de cachos. Já Sousa *et al.* (1999), em trabalhos efetuados entre 1972 e 1981, apresentam um peso de 1,2 kg de uvas por videiras, para a casta Touriga Nacional enxertada em 1103P, enquanto Pedroso *et al.* (1999), referem valores de 2,2 a 2,7 kg/cepa obtidos num ensaio em Touriga Nacional em cordão, na região do Dão.

Tabela 57. Peso vindimado por videira (kg) referente à interação entre o Tratamento e o Ano para a sub-modalidade sem fertilização ao solo, 2009 a 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro-padrão da média.

Anos	Tratamentos ($\bar{x} \pm S.E.$)				Teste f
	TEST	CIS	DRIS 1	DRIS 2	
2009	0,55 $\pm 0,04$ A	0,50 $\pm 0,04$ A	0,53 $\pm 0,05$ A	0,43 $\pm 0,04$ A	0,117
2010	0,73 $\pm 0,06$ BCD	0,79 $\pm 0,10$ D	0,73 $\pm 0,09$ BCD	0,76 $\pm 0,10$ CD	0,869
2011	1,35 $\pm 0,07$ EF	1,32 $\pm 0,14$ EF	1,59 $\pm 0,14$ G	1,38 $\pm 0,13$ EFG	0,202
2012	1,51 $\pm 0,10$ FG	1,18 $\pm 0,08$ E	1,43 $\pm 0,13$ FG	1,17 $\pm 0,14$ E	0,049
Soma	4,1	3,8	4,3	3,7	

Nota: Letras minúsculas referem-se a diferenças estatísticas entre tratamentos num mesmo ano. Letras maiúsculas mostram diferenças estatísticas em relação à interação do ano com o tratamento. Valores com, pelo menos, uma letra em comum não diferem significativamente ($p>0,05$), segundo o teste de Duncan.

Na análise da tabela 58, não se observa qualquer diferença resultante da inclusão da modalidade com adubação ao solo.

Ao debruçarmo-nos sobre o peso médio dos cachos (Tabela 56), vemos que este não acompanha o mesmo comportamento do peso do vindimado por videira, o que sugere que o aumento da produtividade não ficou a dever-se ao acréscimo de peso de cada cacho mas antes ao aumento do número de cachos, conforme se constata nos IFP já apresentados. O ano de 2009 revela-se particularmente pouco produtivo, indicando uma situação de debilidade e de fraca produtividade da parcela de vinha considerada, que se reflete nas produções médias, as quais representam quebras iguais ou superiores a 50% quando comparadas com os restantes anos. Refira-se, todavia, que Queiroz (2002 b), também se deparou com flutuações importantes nos registos do peso médio do cacho. O autor refere o ano de 1998, em que os cachos de Touriga Nacional pesavam entre 28 e 34 gramas, e o ano anterior

que havia registado pesos compreendidos entre os 100 e os 127 gramas. Ainda em 1995, no trabalho de Queiroz *et al.* (1997), os valores deste parâmetro rondaram os 60 a 70 gramas, números estes bastante próximos dos obtidos neste ensaio entre 2010 e 2012 e semelhantes aos de Barbosa (2002). Estes números são, porém, algo inferiores aos apresentados por Böhm (2007). Os tratamentos e interações não se mostram estatisticamente significativos. Pela avaliação da introdução de uma nova sub-modalidade nos anos de 2011 e de 2012 (Tabela 58), o DRIS 1, à semelhança dos resultados do peso do vindimado por videira, mostra a sua superioridade na medida em que apresenta um peso do cacho superior. Contudo, os resultados não diferem estatisticamente. Na avaliação deste parâmetro quantitativo é notório o efeito dos anos, sendo que os valores mais elevados, verificados em 2011, poderão ser explicados pela precipitação de 26 mm, registada em setembro, a qual permitiu que os cachos ainda nas videiras vissem o seu peso aumentar. A fertilização ao solo exerce também o seu efeito, na medida em que as modalidades com adubação geram cachos com pesos superiores. Não se verifica qualquer interação entre a fertilização ao solo e as modalidades estudadas.

Tabela 58. Peso vindimado por videira (kg) e peso médio do cacho (g) para os respetivos tratamentos e sub-modalidades com e sem fertilização ao solo, 2011 e 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro-padrão da média.

Parâmetros e Estatística	Peso Vindimado/Videira (kg)	Peso médio do cacho (g)
<u>Tratamentos</u>		
TEST	1,44 ± 0,05	75,0 ± 2,0
CIS	1,35 ± 0,07	72,6 ± 2,6
DRIS 1	1,59 ± 0,08	78,2 ± 2,8
DRIS 2	1,40 ± 0,08	69,8 ± 2,7
<i>Teste f</i>	0,836	0,898
<u>Fertilização solo</u>		
SEM FERT	1,37 ± 0,04	70,7 ± 1,6
COM FERT	1,60 ± 0,06	80,2 ± 2,2
<i>Teste f</i>	0,057	0,046
<u>Anos</u>		
2011	1,34 ± 0,05	77,7 ± 1,8
2012	1,46 ± 0,05	70,1 ± 1,8
<i>Teste f</i>	0,172	0,016
<u>Interação</u>		
<u>Tratamentos vs.</u>		
<u>Fertilização solo</u>		
<i>Teste f</i>	0,738	0,721

Nota: Valores com, pelo menos, uma letra em comum não diferem significativamente ($p > 0,05$), segundo o teste de Duncan.

Seguidamente, apresenta-se uma tabela síntese com alguns índices de produtividade, para que se possa estabelecer uma comparação real entre a produtividade média do ensaio e a de outros indicadores locais, regionais e nacionais.

Tabela 59. Produções local, regional e nacional registadas entre 2009 e 2012, tendo como referência a parcela da Quinta de S. Luiz.

Índices de Produtividade	2009	2010	2011	2012	Médias
Produtividade média do ensaio (t/ha)	2,71	4,37	7,55	7,67	5,58
Produção total parcela Lobata (t/parcela) (Manso, 2013)	4,38	6,38	8,30	10,96	7,50
Produção total Quinta (%) (Manso, 2013)	100	164	117	108	122
Produção total (milhares de hl) / Região Douro (IVV, 2014)	1379	1352	1660	1329	1430
Produtividade média nacional (hl/ha) (INE, 2013)	32	39	31	35	34
Produtividade média nacional (t/ha) (INE, 2013)	4,36	5,32	4,23	4,77	4,67

Pela análise da tabela 59 observa-se o aumento progressivo da produtividade vitícola no ensaio, estabilizando no último ano. A parcela evidencia também um acréscimo anual. Contudo, esse aumento não é tão acelerado nem tão grande quanto o verificado no ensaio. Dos quatro anos, segundo os dados fornecidos pela Sogevinus Fine Wines S.A e as estatísticas publicadas pelo IVV e pelo Instituto Nacional de Estatística, constata-se que o ano de 2010 foi o mais produtivo quer a nível regional quer no plano nacional, não seguindo a mesma tendência que o ensaio ou a parcela.

5. Componentes do Vigor e da Expressão vegetativa

Através dos componentes do vigor é possível apreciar a resposta da videira em termos biológicos, a uma variável como a carga à poda, na medida em que estes definem não só o potencial produtivo, mas também o potencial vegetativo (Mota, 2005). Como tal, expõem-se, de seguida, para as duas parcelas, o peso da lenha da poda, o peso médio das varas e uma seleção de relações entre a frutificação e a vegetação.

5.1. Carga à poda e percentagem de abrolhamento

5.1.1. A Estação Vitivinícola Amândio Galhano – EVAG

Na parcela de vinha instalada na RDVV, o valor médio da carga à poda por hectare foi de 45 000 olhos, muito próximo do obtido por Machado (2011), 43 000 olhos/ha, mas inferior aos 56 000 olhos/ha contabilizados no trabalho de Rosinhas (2012 a). Por sua vez, a percentagem de abrolhamento, nos quatro anos de ensaio, foi de 86%. Este valor é semelhante ao de Rosinhas (2012 a), que apresenta percentagens situadas entre 80 e 85%, e de Machado (2011), que refere uma média de 84% de olhos abrolhados.

5.1.2. A Quinta de S. Luiz

Na RDD, a carga à poda deixada nos 4 anos do ensaio foi, em média, de 68 000 olhos/ha. Este valor é ligeiramente superior aos 56 358 olhos/ha referidos por Queiroz (1996) ou os 54 540 olhos/ha de Queiroz (2002). Já Barbosa (2002), estudou dois níveis de carga à poda na casta Touriga Nacional: 45 450 e 81 810 olhos/ha, tendo concluído que o segundo era demasiado excessivo, dado que o aumento do rendimento se fazia à custa de perdas importantes, do ponto de vista qualitativo. Em qualquer um dos casos eleitos para comparação, deve ter-se em consideração que o compasso de plantação foi 2,0 por 1,1 metros e que a vinha estava instalada em patamares. Por sua vez, a percentagem de olhos abrolhados contabilizada neste trabalho, foi de 92%. Comparando este valor com os referidos noutras publicações, verifica-se que é semelhante ao encontrado por Queiroz (1996), de 96,2%, ou por Queiroz (2002), que assinala uma percentagem média de 93,6% entre os anos de 1995 a 1999, para a mesma casta. Por seu turno, Barbosa (2002), apresenta valores deste índice na ordem dos 95%, no ano de 2002.

5.2. Peso da lenha de poda e peso médio das varas

5.2.1. A Estação Vitivinícola Amândio Galhano – EVAG

Na EVAG obtiveram-se os valores de peso de lenha de poda por videira e de peso médio da vara sumarizados nas tabelas 60 e 61.

Pela análise das tabelas seguintes conclui-se que não há diferenças significativas no que respeita ao peso da lenha da poda para as modalidades consideradas. No caso dos tratamentos sem fertilização ao solo (Tabela 60), o peso

médio da lenha da poda (kg), por videira, situa-se entre 1,30 e 1,60, valores estes próximos de 1,44 kg/cepa, referidos por Pacheco (1999), para a mesma vinha no ano de 1996, que corresponderá ao ano em que as plantas estariam em condições de expressar a sua máxima capacidade produtiva. Valores coincidentes com os de Garrido *et al.* (1998), mas inferiores ao peso médio de 1,88 kg referenciado por Rosinhas (2012 a), para o ano 2012. Cite-se ainda Mota *et al.* (1996), que apresentam valores de 1,13 kg/videira, se bem que estes digam respeito à casta Loureiro em cordão simples retombante. Neste ensaio destaca-se o ano de 2010 visto ser aquele cujo peso da lenha da poda foi menor, o que poderá ter impacto na diminuição da fertilidade e na poda do ano seguinte (CVRVV, 2002; Mota *et al.*, 2001). A criação da sub-modalidade com fertilização ao solo, a partir de 2011 (Tabela 61), não teve desempenho de destaque, havendo apenas a assinalar o efeito distintivo dos anos. São ainda evidentes os valores mais elevados do peso da lenha de poda, referentes aos tratamentos CIS e DRIS 2. Todavia, os resultados alcançados com este parâmetro não são estatisticamente diferentes ao nível de 5%.

Debruçando-nos sobre o peso médio das varas, os valores obtidos inserem-se no intervalo de 50 a 70 gramas por vara (Tabela 60), os quais estão de acordo com a

Tabela 60. Peso da lenha de poda por videira (kg) e peso médio da vara (g) para a sub-modalidade sem fertilização ao solo, 2009 a 2012, Loureiro. Valor médio e erro-padrão da média.

Parâmetros e Estatística	Peso Lenha Poda/Videira (kg)		Peso médio da vara (g)	
<u>Tratamentos</u>				
TEST	1,38 ± 0,05		58,9 ± 2,1	
CIS	1,47 ± 0,05		65,4 ± 2,5	
DRIS 1	1,46 ± 0,06		62,6 ± 2,3	
DRIS 2	1,44 ± 0,05		61,0 ± 1,7	
<i>Teste f</i>	0,913		0,663	
<u>Anos</u>				
2009	1,61 ± 0,05	C	70,9 ± 2,1	C
2010	1,26 ± 0,04	A	52,6 ± 1,8	A
2011	1,39 ± 0,05	AB	63,3 ± 1,8	B
2012	1,48 ± 0,06	B	61,2 ± 2,3	B
<i>Teste f</i>	0,000		0,000	
<u>Interação</u>				
<u>Tratamentos vs. Ano</u>				
<i>Teste f</i>	0,599		0,351	

Nota: Valores com, pelo menos, uma letra em comum não diferem significativamente ($p > 0,05$), segundo o teste de Duncan.

Tabela 61. Peso da lenha de poda por videira (kg) e peso médio da vara (g) para os respetivos tratamentos e sub-modalidades com e sem fertilização ao solo, 2011 e 2012, Loureiro. Valor médio e erro-padrão da média.

Parâmetros e Estatística	Peso Lenha Poda/Videira (kg)	Peso médio da vara (g)
<u>Tratamentos</u>		
TEST	1,45 ± 0,05	62,9 ± 2,2
CIS	1,52 ± 0,06	68,6 ± 2,4
DRIS 1	1,36 ± 0,06	58,4 ± 2,4
DRIS 2	1,52 ± 0,06	62,6 ± 2,7
Teste f	0,647	0,502
<u>Fertilização solo</u>		
SEM FERT	1,43 ± 0,04	62,2 ± 1,5
COM FERT	1,49 ± 0,05	64,0 ± 2,0
Teste f	0,425	0,587
<u>Anos</u>		
2011	1,40 ± 0,04	63,3 ± 1,6
2012	1,53 ± 0,05	62,9 ± 1,9
Teste f	0,011	0,869
<u>Interação</u>		
<u>Tratamentos vs.</u>		
<u>Fertilização solo</u>		
Teste f	0,309	0,706

Nota: Valores com, pelo menos, uma letra em comum não diferem significativamente ($p > 0,05$), segundo o teste de Duncan.

média de 53,9 gramas observada no trabalho de Garrido *et al.* (1998), ou de 67 gramas apontada por Rosinhas (2012 a). Estes são, no entanto, ligeiramente superiores aos registados no trabalho de Pacheco (1999), (48,6 gramas). Tais resultados, embora ligeiramente superiores aos referenciados por Smart & Robinson (1991) (cerca de 20 a 40 gramas por vara), são, segundo Queiroz *et al.* (2001), favoráveis em viticultura de sequeiro. O tratamento CIS é aquele que apresenta os valores mais elevados e, de acordo com outros indicadores já analisados, o ano de 2010 regista uma quebra de rendimento também neste parâmetro. A fertilização ao solo em 2011 e 2012 (Tabela 61) não foi suficiente para se verificarem diferenças ao nível do peso médio das varas. De novo, refira-se o CIS por apresentar valores mais elevados do que as restantes modalidades (68,6 gramas), embora não sejam estatisticamente significativos.

5.2.2. A Quinta de S. Luiz

Por sua vez, na Quinta de S. Luiz, os dados obtidos apresentam-se nas tabelas 62 e 63.

Tabela 62. Peso da lenha de poda por videira (kg) e peso médio da vara (g) para a sub-modalidade sem fertilização ao solo, 2009 a 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro-padrão da média.

Parâmetros e Estatística	Peso Lenha Poda/Videira (kg)		Peso médio da vara (g)	
<u>Tratamentos</u>				
TEST	0,41 ± 0,01		35,1 ± 1,2	
CIS	0,41 ± 0,02		35,9 ± 1,4	
DRIS 1	0,43 ± 0,02		38,1 ± 1,5	
DRIS 2	0,40 ± 0,02		34,5 ± 1,3	
<i>Teste f</i>	0,856		0,663	
<u>Anos</u>				
2009	0,22 ± 0,01	A	17,9 ± 0,5	A
2010	0,54 ± 0,01	C	45,7 ± 1,1	C
2011	0,52 ± 0,02	C	46,2 ± 1,4	C
2012	0,42 ± 0,01	B	37,9 ± 1,2	B
<i>Teste f</i>	0,000		0,000	
<u>Interação</u>				
<u>Tratamentos vs. Ano</u>				
<i>Teste f</i>	0,380		0,317	

Nota: Valores com, pelo menos, uma letra em comum não diferem significativamente ($p > 0,05$), segundo o teste de Duncan.

Tabela 63. Peso da lenha de poda por videira (kg) e peso médio da vara (g) para os respetivos tratamentos e sub-modalidades com e sem fertilização ao solo, 2011 e 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro-padrão da média.

Parâmetros e Estatística	Peso Lenha Poda/Videira (kg)		Peso médio da vara (g)	
<u>Tratamentos</u>				
TEST	0,49 ± 0,02		43,6 ± 1,4	
CIS	0,48 ± 0,02		43,3 ± 1,5	
DRIS 1	0,52 ± 0,02		45,7 ± 1,6	
DRIS 2	0,48 ± 0,02		40,3 ± 1,4	
<i>Teste f</i>	0,912		0,819	
<u>Fertilização solo</u>				
SEM FERT	0,47 ± 0,01		42,0 ± 0,9	
COM FERT	0,54 ± 0,02		45,7 ± 1,2	
<i>Teste f</i>	0,016		0,095	
<u>Anos</u>				
2011	0,53 ± 0,01		46,9 ± 1,1	
2012	0,45 ± 0,01		39,6 ± 1,0	
<i>Teste f</i>	0,000		0,000	
<u>Interação</u>				
<u>Tratamentos vs. Fertilização solo</u>				
<i>Teste f</i>	0,726		0,627	

Nota: Valores com, pelo menos, uma letra em comum não diferem significativamente ($p > 0,05$), segundo o teste de Duncan.

Em S. Luiz, o peso das varas ou da lenha de poda (Tabela 62) não apresenta diferenças de acordo com os tratamentos estudados ($p=0,856$) ou até considerando a interação entre os tratamentos e os anos em análise ($p=0,380$). Contudo, ao avaliarmos o comportamento inter-anual desta variável, verifica-se que o ano de 2009 foi significativamente diferente dos restantes, caracterizando-se por pesos anormalmente baixos, o que já era previsível dada a falta de vigor observada na vinha. De todo o modo, qualquer um dos valores registados é claramente menor do que os encontrados na bibliografia – normalmente metade quando comparado com os resultados de Queiroz *et al.* (1997), e de Queiroz (2002 b), cuja média se situava próxima de 1 kg/videira. Estes são mesmo inferiores aos referidos por Smart & Robinson (1991), indicando um desvigoramento importante das videiras, conforme o estudo de Queiroz *et al.* (2001). Todavia Pedroso *et al.* (1999), no seu trabalho na região do Dão, encontraram valores médios de 0,36 kg/cepa. Pela análise da tabela 63, na qual se representam as sub-modalidades com e sem fertilização ao solo, há a sinalizar a diferença estatisticamente significativa entre os anos, bem como a causada pela presença ou a ausência de fertilização ao solo.

Em relação ao peso médio da vara (Tabela 62), constatam-se, de novo, os baixos valores obtidos em 2009. Os anos de 2010 e de 2011 foram semelhantes entre si mas em 2012 verificou-se um pequeno decréscimo na grandeza dos valores observados. Como seria de esperar, pela análise do peso da lenha de poda, também o valor do peso médio das varas neste ensaio (cuja média ronda os 35 gramas por vara) é muito inferior aos publicados por Queiroz (2002 b), em que os resultados encontrados para a casta Touriga Nacional se situam entre 80 e 100 gramas por vara. No entanto, tal média está enquadrada no intervalo de 20 a 40 gramas definido por Smart & Robinson (1991), como ideal, acima do qual se classifica uma vinha com excessivo vigor. Os valores obtidos neste ensaio são superiores aos 30 gramas por vara de Pedroso *et al.* (1999), Apesar dos tratamentos diferenciados das modalidades, os valores obtidos assemelham-se. No caso das sub-modalidades com e sem fertilização ao solo (Tabela 63), os resultados revelam não ser estatisticamente diferentes. Mais uma vez se destaca a variabilidade inter-anual, sendo o ano de 2011 aquele que apresenta um vigor superior.

5.3. Relações entre a Frutificação e a Vegetação

Uma outra forma de quantificar o vigor e a expressão vegetativa de uma vinha reside no cálculo de relações que, normalmente, têm em conta as frações produtiva e a vegetativa. Como tal, seguidamente apresentam-se os Índices de Ravaz, a razão

SFE/Produção (m²/kg) e o quociente AF/Produção (cm²/g), para as parcelas consideradas.

5.3.1. A Estação Vitivinícola Amândio Galhano – EVAG

As relações de quantificação entre a frutificação e a vegetação, selecionadas como objeto de estudo deste ensaio, estão representadas nas tabelas 64 e 65.

Tabela 64. Índice de Ravaz, SFE/Produção (m²/kg) e AF/Produção (cm²/g) para a sub-modalidade sem fertilização ao solo, 2009 a 2012, Loureiro. Valor médio e erro-padrão da média.

Parâmetros e Estatística	Índice de Ravaz	SFE/Produção (m ² /kg)	AF/Produção (cm ² /g)
<u>Tratamentos</u>			
TEST	6,9 ± 0,3	0,80 ± 0,05	6,50 ± 0,54
CIS	6,2 ± 0,2	0,85 ± 0,05	7,10 ± 0,54
DRIS 1	6,6 ± 0,2	0,89 ± 0,08	8,01 ± 0,73
DRIS 2	6,6 ± 0,2	0,92 ± 0,08	7,07 ± 0,64
<i>Teste f</i>	0,545	0,685	0,467
<u>Anos</u>			
2009	6,4 ± 0,2	A 0,75 ± 0,03	A 5,78 ± 0,53
2010	6,3 ± 0,2	A 0,95 ± 0,07	B 8,31 ± 0,56
2011	8,0 ± 0,2	B 0,63 ± 0,03	A 5,92 ± 0,49
2012	6,3 ± 0,3	A 1,11 ± 0,06	C 8,67 ± 0,55
<i>Teste f</i>	0,000	0,000	0,000
<u>Interação</u>			
<u>Tratamentos vs. Ano</u>			
<i>Teste f</i>	0,745	0,511	0,680

Nota: Valores com, pelo menos, uma letra em comum não diferem significativamente (p>0,05), segundo o teste de Duncan.

Para a casta Loureiro, nos anos em análise, os valores médios do índice de Ravaz (Tabela 64) variam entre 6,0 e 8,0 e não existem diferenças significativas entre as modalidades estudadas, apesar do CIS ser o tratamento cujo valor foi menor. Considerando todo o período de ensaio, o ano vitícola de 2011 é o que apresenta um índice mais elevado, fruto da maior produção registada. A fertilização ao solo não revelou valores diferentes, havendo apenas a referir o efeito inter-anual, conforme se pode observar pela análise da tabela 65. Tem-se, como comparação, o valor do Índice de Ravaz, obtido na EVAG para a mesma vinha o qual, em 1996, atingiu os 12,1, pois este foi um ano altamente produtivo (Pacheco, 1999). Nos anos precedentes, ainda de formação e crescimento da vinha, o Índice de Ravaz foi de 6,7 em 1993, 5,4 em 1994 e 8,58 em 1995. Tais índices enquadram-se no intervalo de valores definidos como adequados pela bibliografia os quais consideram que o índice de Ravaz deverá situar-

se sempre acima de 5, e até um máximo de 10, asseverando um equilíbrio entre o rendimento e a produção vegetativa (Champagnol, 1984; Smart & Robinson, 1991; Lopes, 1994).

Outro indicador interessante que explica a eficácia dos sistemas em termos qualitativos é a SFE/Produção de uva na medida em que quantifica a relação folhas/frutos. Na bibliografia é frequentemente referida a existência de uma boa correlação entre a SFE/Produção de uva e o teor em açúcares. Para castas brancas, Magalhães (2008), aponta um intervalo de valores que vai desde 0,9 até relações superiores a 1,6 m²/kg, consoante o nível qualitativo do vinho seja mais baixo ou de excecional qualidade. Para a casta Loureiro, conduzida em sistema Lys, Mota (2005) apresenta valores de 0,9 m²/kg de uva no ano de 2000 enquanto em 2001, ano de elevada produção, a mesma autora lembra que o valor de SFE/Produção de uva é de apenas 0,57 m²/kg, apesar do teor alcoólico médio atingido. Também Renaud & Oustric (2001), confirmam a dependência do ano na variação da razão SFE/Produção, tendo a parcela por eles estudada atingido um bom nível de açúcares com 1,6 m²/kg, embora não conseguindo igualar tal qualidade no ano seguinte, visto que a SFE/Produção foi de 2,6 m²/kg. Por sua vez, para as castas Chasselas e Gamay, Murisier & Zufferey (1997), encontraram boas taxas de açúcares, com valores de SFE/Produção de 1,0 m²/kg, tendo concluído que a estabilização das taxas de açúcares se dá para valores compreendidos entre 1,1 e 1,2 m²/kg de uva. Cite-se ainda Murisier *et al.* (2001), que, no caso da casta Merlot, encontraram valores entre 0,8 e 1,0 m²/kg. Neste ensaio (Tabela 64), a SFE/Produção é de 0,63 m²/kg em 2011, ano em que os valores de produtividade por videira foram os mais altos e de 0,75 m²/kg em 2009. Este índice aumenta, todavia, nos restantes anos estudados (para valores mais próximos de 1,00). As modalidades DRIS 1 e DRIS 2 apresentam um valor superior embora sem diferença estatisticamente significativa. A fertilização ao solo (Tabela 65) parece não ter efeito no cálculo deste índice, sendo os tratamentos, as sub-modalidades e mesmo a interação tratamento vs. fertilização ao solo, semelhantes entre si.

Por último, uma definição aceite entre o equilíbrio da produção e o do crescimento vegetativo assenta na área foliar requerida para maximizar a maturação. Este equilíbrio varia, segundo diferentes referências, entre os 7 cm²/g e os 14cm²/g (Howell, 2001), e entre os 8 cm²/g e os 12 cm²/g (Smart & Robinson, 1991; Kliewer & Dokoozlian, 2005). Todavia, uma vez que esta relação está dependente da variedade e do ambiente, considera-se que no caso de vinhas com reduzido vigor, este valor se possa situar abaixo de 5 e para extremo vigor, acima de 20 (Smart & Robinson, 1991).

Em resultado dos trabalhos desenvolvidos na casta Loureiro, refira-se que os valores médios desta razão obtidos no ensaio de Mota (2005), variam entre os 9,6 e os 14,6 cm²/g, tendo porém presente que estes foram determinados no sistema Lys. Em relação à análise da tabela 64, verifica-se que na Região dos Vinhos Verdes, os anos de 2009 e de 2011 são semelhantes, retratando, segundo a bibliografia, um baixo vigor (valores próximos de 6,0 cm²/g). Já os anos de 2010 e de 2012 revelam semelhanças, aproximando-se dos valores mínimos de referência de AF/Produção característicos de uma vinha com vigor moderado. Há a constatar um valor superior do tratamento DRIS 1, embora esta diferença não se revele estatisticamente significativa. A fertilização ao solo apresentou resultados significativamente diferentes quando considerado o efeito decorrente da variabilidade dos anos, conforme se pode visualizar na tabela 65.

Tabela 65. Índice de Ravaz, SFE/Produção (m²/kg) e AF/Produção (cm²/g) para os respetivos tratamentos e sub-modalidades com e sem fertilização ao solo, 2011 e 2012, Loureiro. Valor médio e erro-padrão da média.

Parâmetros e Estatística	Índice de Ravaz	SFE/Produção (m ² /kg)	AF/Produção (cm ² /g)
<u>Tratamentos</u>			
TEST	7,0 ± 0,3	0,82 ± 0,06	6,55 ± 0,43
CIS	6,5 ± 0,2	0,92 ± 0,08	7,18 ± 0,57
DRIS 1	8,0 ± 0,3	0,84 ± 0,07	7,72 ± 0,68
DRIS 2	7,1 ± 0,3	0,91 ± 0,09	7,24 ± 0,66
<i>Teste f</i>	0,073	0,339	0,636
<u>Fertilização solo</u>			
SEM FERT	7,1 ± 0,2	0,85 ± 0,05	7,30 ± 0,44
COM FERT	7,2 ± 0,2	0,90 ± 0,06	7,05 ± 0,40
<i>Teste f</i>	0,896	0,268	0,668
<u>Anos</u>			
2011	8,1 ± 0,2	0,64 ± 0,02	5,85 ± 0,34
2012	6,2 ± 0,2	1,10 ± 0,04	8,50 ± 0,35
<i>Teste f</i>	0,000	0,000	0,000
<u>Interação</u>			
<u>Tratamentos vs. Fertilização solo</u>			
<i>Teste f</i>	0,188	0,295	0,723

Nota: Valores com, pelo menos, uma letra em comum não diferem significativamente (p>0,05), segundo o teste de Duncan.

É interessante constatar que, em qualquer uma das relações aqui consideradas para a frutificação e para a vegetação, os anos foram, efetivamente, o único fator causador de variabilidade.

5.3.2. A Quinta de S. Luiz

No caso da casta Touriga Nacional, as relações encontradas entre a frutificação e a vegetação estão expressas nas tabelas 66 a 68.

Tabela 66. Índice de Ravaz, SFE/Produção (m²/kg) e AF/Produção (cm²/g) para a sub-modalidade sem fertilização ao solo, 2009 a 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro-padrão da média.

Parâmetros e Estatística	Índice de Ravaz	SFE/Produção (m ² /kg)	AF/Produção (cm ² /g)			
Tratamentos						
TEST	2,5 ± 0,1	2,74 ± 0,36	14,56 ± 1,97			
CIS	2,2 ± 0,1	3,31 ± 0,48	16,25 ± 2,41			
DRIS 1	2,2 ± 0,1	3,25 ± 0,62	17,85 ± 2,39			
DRIS 2	2,1 ± 0,1	3,67 ± 0,65	16,07 ± 2,02			
Teste f	0,436	0,301	0,412			
Anos						
2009	2,2 ± 0,1	B	4,04 ± 0,41	B	25,26 ± 1,43	D
2010	1,4 ± 0,1	A	4,80 ± 0,76	B	17,86 ± 2,41	C
2011	2,7 ± 0,1	C	2,14 ± 0,19	A	8,34 ± 0,63	A
2012	3,2 ± 0,1	D	1,98 ± 0,16	A	13,43 ± 1,27	B
Teste f	0,000	0,000	0,000			
Interação						
Tratamentos vs. Ano						
Teste f	0,006	0,964	0,630			

Nota: Valores com, pelo menos, uma letra em comum não diferem significativamente (p>0,05), segundo o teste de Duncan.

Tabela 67. Índice de Ravaz referente à interação entre o Tratamento e o Ano para a sub-modalidade sem fertilização ao solo, 2009 a 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro-padrão da média.

Anos	Tratamentos ($\bar{x} \pm S.E.$)				Teste f
	TEST	CIS	DRIS 1	DRIS 2	
2009	2,5 ^c ± 0,1 ^{CD}	2,2 ^{bc} ± 0,1 ^{BC}	2,2 ^{ab} ± 0,1 ^{BC}	1,9 ^a ± 0,1 ^B	0,001
2010	1,3 ^A ± 0,1	1,4 ^A ± 0,1	1,3 ^A ± 0,1	1,4 ^A ± 0,2	0,781
2011	2,7 ^{DE} ± 0,1	2,7 ^D ± 0,2	2,7± 0,2 ^{DE}	2,6 ^D ± 0,1	0,950
2012	3,7 ^b ± 0,2 ^G	2,9 ^a ± 0,2 ^{DEF}	3,1 ^a ± 0,2 ^F	3,1 ^a ± 0,2 ^{EF}	0,008
Soma	10,3	9,1	9,3	9,0	

Nota: Letras minúsculas referem-se a diferenças estatísticas entre tratamentos num mesmo ano. Letras maiúsculas mostram diferenças estatísticas em relação à interação do ano com o tratamento. Valores com, pelo menos, uma letra em comum não diferem significativamente (p>0,05), segundo o teste de Duncan.

Tabela 68. Índice de Ravaz, SFE/Produção (m²/kg) e AF/Produção (cm²/g) para os respetivos tratamentos e sub-modalidades com e sem fertilização ao solo, 2011 e 2012, Touriga Nacional. Valor médio e erro-padrão da média.

Parâmetros e Estatística	Índice de Ravaz	SFE/Produção (m ² /kg)	AF/Produção (cm ² /g)
<u>Tratamentos</u>			
TEST	3,1 ± 0,1	1,95 ± 0,17	12,24 ± 1,54
CIS	2,7 ± 0,1	2,31 ± 0,25	13,54 ± 1,67
DRIS 1	3,0 ± 0,1	1,97 ± 0,22	11,05 ± 0,77
DRIS 2	3,0 ± 0,1	1,93 ± 0,17	10,91 ± 1,46
Teste f	0,341	0,502	0,429
<u>Fertilização solo</u>			
SEM FERT	2,9 ± 0,1	2,06 ± 0,12	10,96 ± 0,87
COM FERT	3,0 ± 0,1	2,02 ± 0,17	12,92 ± 1,08
Teste f	0,905	0,799	0,049
<u>Anos</u>			
2011	2,6 ± 0,1	2,22 ± 0,17	9,36 ± 0,83
2012	3,3 ± 0,1	1,86 ± 0,11	14,52 ± 0,94
Teste f	0,000	0,012	0,000
<u>Interação</u>			
<u>Tratamentos vs. Fertilização solo</u>			
Teste f	0,373	0,473	0,058

Nota: Valores com, pelo menos, uma letra em comum não diferem significativamente ($p > 0,05$), segundo o teste de Duncan.

A nível estatístico, o índice de Ravaz, não apresenta diferenças para as modalidades consideradas (Tabela 66). O ano de 2010, em que a produção de uvas foi inferior pelas razões anteriormente explicadas, caracteriza-se por apresentar valores deste índice inferiores a 2, à semelhança dos calculados por Queiroz (1996, 2002 b), para a RDD. No restante período de ensaio, este índice, que mede a razão entre o peso do rendimento e o peso da lenha da poda, apresenta, normalmente, valores entre 2 e 3. O efeito da combinação entre o ano e o tratamento revela-se significativo, sendo possível observar na tabela 67 a flutuação dos valores, em função do ano considerado. Verifica-se que a TEST e o DRIS 1 em 2011 não são estatisticamente diferentes dos tratamentos CIS e DRIS 2, em 2012. Por oposição às referências encontradas para a Touriga Nacional na região, outros autores tais como Champagnol (1984), Smart & Robinson (1991), Lopes (1994), ou Pereira (1997), consideram que o índice de Ravaz deverá situar-se sempre acima de 5, até um máximo de 10, valor este bastante superior aos que foram encontrados neste trabalho. Refira-se ainda que Pedroso *et al.* (1999), obtiveram um índice de Ravaz situado entre 7,4 e 8,1, para a região do Dão. Como tal, pode dizer-se que a parcela em estudo se caracteriza por um desequilíbrio entre o rendimento e a expressão vegetativa, em

favor da última. A inclusão de sub-modalidades com adubação ao solo (Tabela 68) não teve efeito sobre o índice de Ravaz, excetuando a diferença verificada entre os anos de 2011 e de 2012.

A razão SFE/Produção, para a casta Touriga Nacional (Tabela 66), é bastante superior em 2009 e 2010 (valores situados entre 4,00 e 5,00 m²/kg), descendo para grandezas próximas de 2,00 m²/kg nos anos subsequentes. Apesar de não existirem diferenças entre os tratamentos, a modalidade TEST apresenta índices mais baixos do que os restantes. Mais uma vez, não se verifica qualquer tendência de aumento ou diminuição do quociente SFE/Produção com a introdução de uma sub-modalidade fertilizada (Tabela 68), a não ser o decorrente da própria variação inter-anual. Citando Magalhães (2008), o resultado deste índice deve enquadrar-se entre 1 m²/kg, para vinhos tintos de entrada de gama, e valores iguais ou superiores a 1,8 m²/kg, para vinhos de qualidade excecional. Deste modo, pela análise das tabelas anteriores pode dizer-se que as videiras provenientes da parcela de Touriga Nacional apresentarão uvas com elevado potencial para a produção de vinho. Cite-se ainda Pedroso *et al.* (1999), que, para a mesma casta apresenta índices entre 0,9 e 1,4 m²/kg.

Em relação aos valores de AF/Produção (Tabela 66), na parcela de Touriga Nacional, estes encontram-se substancialmente acima dos limites máximos definidos pela bibliografia, para os anos de 2009 e 2010, demonstrando que a AFT é muito superior à produção obtida, havendo portanto um desequilíbrio entre os dois parâmetros. No ano vitícola de 2011, a média ronda os 8,34 cm²/g, correspondendo ao limite mínimo deste índice, e em 2012 aproxima-se do limite superior do intervalo definido. Regra geral, a modalidade DRIS 1 apresenta valores superiores, mas não estatisticamente diferentes. Além disso, não se encontram efeitos visíveis resultantes da conjugação entre o ano e o tratamento. A sub-modalidade com adubação (Tabela 68) apresenta, em geral, valores mais elevados da relação AF/Produção, o que demonstra que as plantas consideradas apresentam um vigor mais elevado. Atente-se ainda no impacto dos anos 2011 e 2012 sobre esta relação. Mais uma vez, se apresentam os valores de Pedroso *et al.* (1999), que se situam entre 17,4 e 23,1 cm²/g, de acordo com diferentes modalidades de carga aplicada a cada videira.

À semelhança da EVAG, os anos exercem um efeito importante sobre as relações expostas, se considerarmos apenas a época do ensaio em que se introduziram as sub-modalidades fertilizadas. A estatística não mostra, em geral, diferenças entre os tratamentos, as sub-modalidades ou a interação do conjunto tratamento vs. fertilização solo. A única exceção é a razão AF/Produção, onde são evidentes os valores superiores apresentados pelas videiras adubadas ($p=0,049$).

6. Componentes da qualidade

6.1. Avaliação da evolução da maturação e da qualidade da vindima

Os resultados da avaliação de maturação realizados nas duas parcelas durante os quatro anos de ensaio estão representados nos gráficos que se seguem.

6.1.1. A Estação Vitivinícola Amândio Galhano – EVAG

6.1.1.1. Peso médio do bago

Na RDVV, em relação ao peso do bago regista-se uma tendência de aumento, de acordo com a quantidade de precipitação caída durante o período de maturação, bem como da média das temperaturas registadas. A evolução do peso médio do bago, no período de pré-vindima na parcela da EVAG, encontra-se descrita nas figuras 56 a 59.

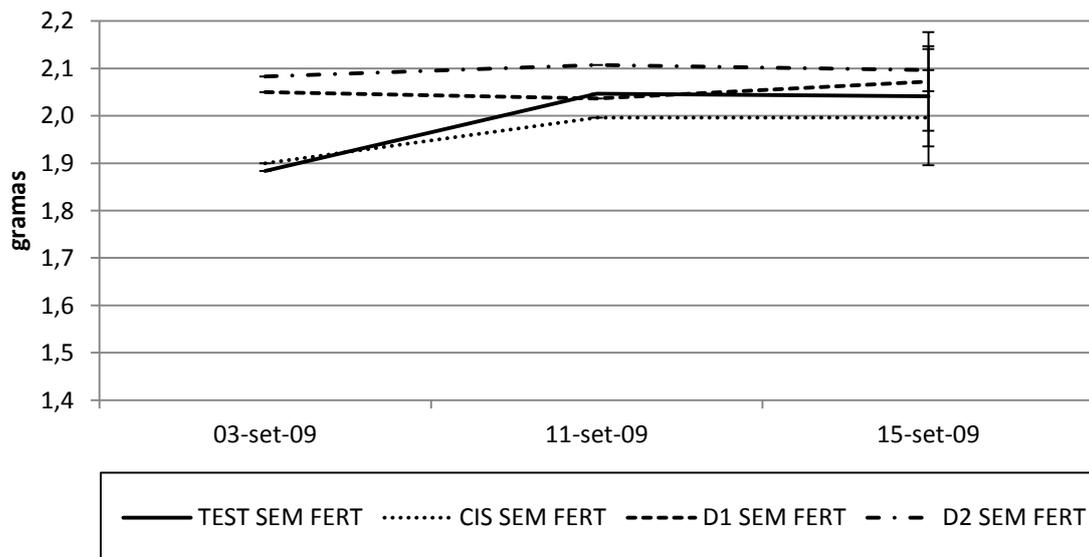


Figura 56. Peso de 1 bago (g), 2009, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.

No início do controlo de maturação, em 2009 (Figura 56), o peso do bago era notoriamente diferente entre as modalidades TEST e CIS (1,9 gramas) e o DRIS 1 e o DRIS 2 (2,1 gramas). No entanto, com o avançar da maturação, as modalidades com peso do bago inferior viram o seu peso aumentar notoriamente, de modo a que à vindima o peso médio do bago não apresentava diferenças significativas (valores compreendidos entre 2,0 e 2,1 gramas).

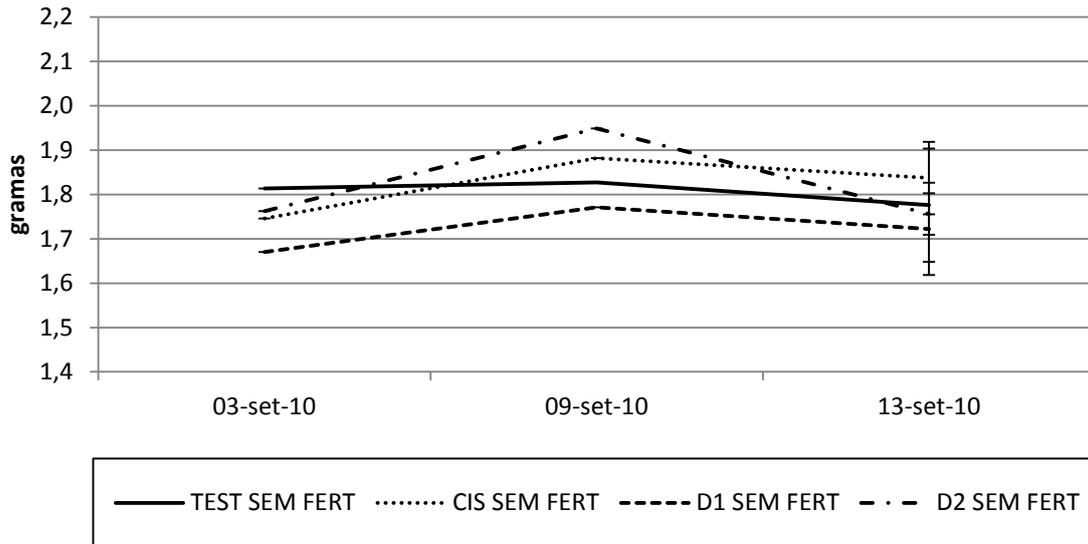


Figura 57. Peso de 1 bago (g), 2010, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.

Em 2010 (Figura 57), o bago apresentava, inicialmente, um valor médio compreendido entre 1,7 e 1,8 gramas, o qual registou uma tendência de subida até à segunda data de colheita de bagos mas diminuindo, posteriormente, resultado da falta de precipitação no período considerado e das temperaturas médias que rondaram os 20 °C, tendo provocado uma redução do peso do bago por desidratação.

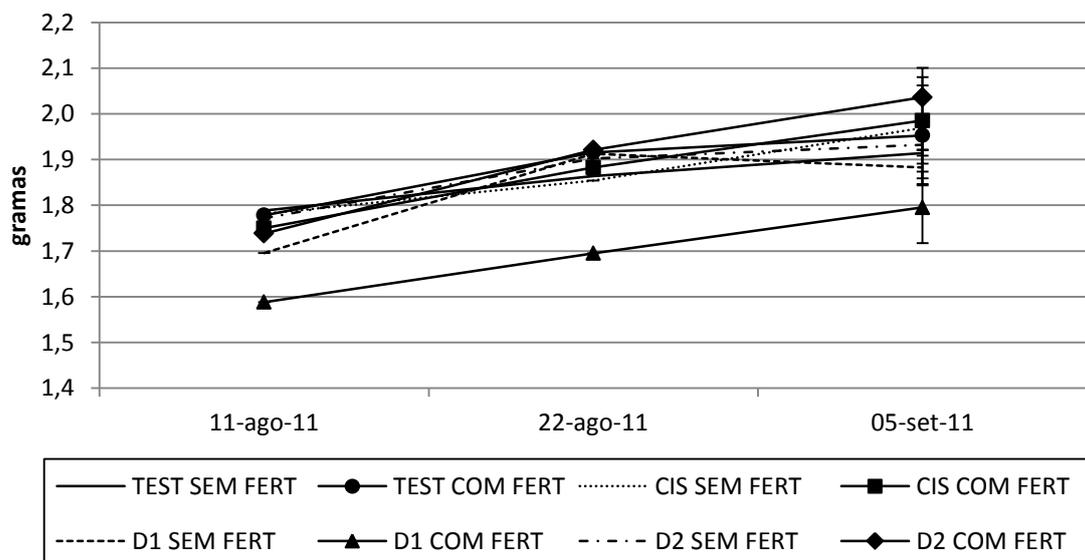


Figura 58. Peso de 1 bago (g), 2011, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.

Já no ano vitícola de 2011 (Figura 58), o peso médio do bago registou sempre uma tendência crescente até à data de vindima, atingindo pesos entre 1,8 e 2,0 gramas. De entre as modalidades e sub-modalidades estudadas, o DRIS 1 COM FERT foi o que apresentou valores consideravelmente mais baixos em relação aos restantes tratamentos.

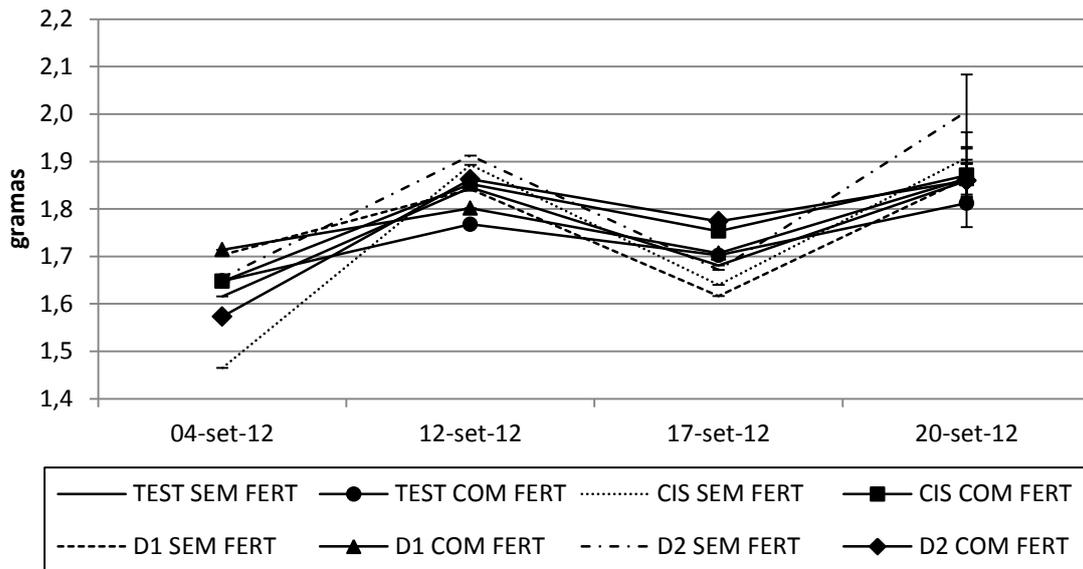


Figura 59. Peso de 1 bago (g), 2012, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.

Em 2012 (Figura 59), é notório o decréscimo do peso do bago entre as medições de 12 e de 17 de setembro, em consequência de fenómenos de desidratação por ausência de precipitação. Mais uma vez, na data de colheita não se verificam diferenças entre os tratamentos considerados, sendo o peso médio do bago de 1,8 gramas, valor muito semelhante ao mencionado por Rosinhas (2012 a).

Perante os valores referidos, constata-se que o peso médio do bago à vindima, para a casta Loureiro, se encontra um pouco acima dos 1,7 gramas, assinalados por Böhm (2007), ou dos 1,6 gramas, no trabalho de Machado (2011).

6.1.1.2. Teor em Açúcares

No que respeita ao ° Brix (Figuras 60 a 63), verifica-se, no geral, um aumento deste parâmetro em todos os anos estudados. À data de vindima as uvas apresentavam níveis elevados de açúcar, aproximando-se o seu valor médio de 20, o que está totalmente em consonância com registos de outros trabalhos que relatam ° Brix próximos, geralmente compreendidos entre 19 e 21 (Garrido *et al.*, 1998; Pacheco, 1999; Böhm, 2007; Machado, 2011; Rosinhas, 2012 a).

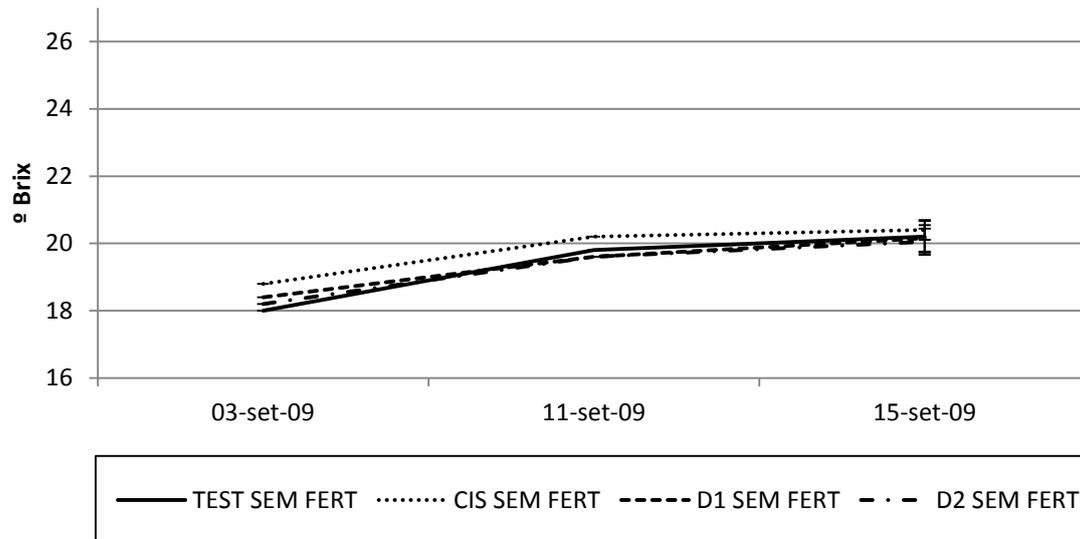


Figura 60. ° Brix, 2009, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.

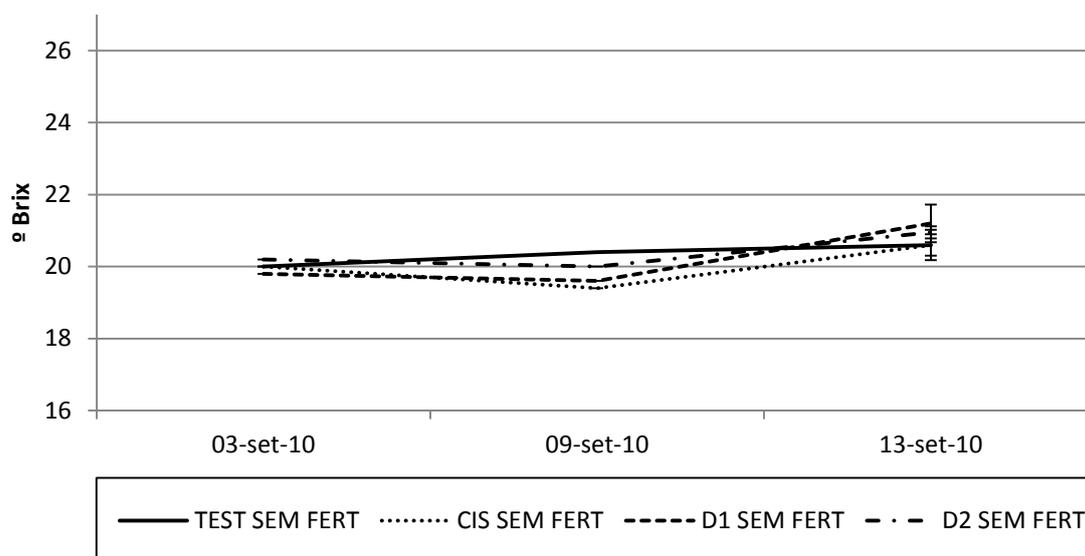


Figura 61. ° Brix, 2010, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.

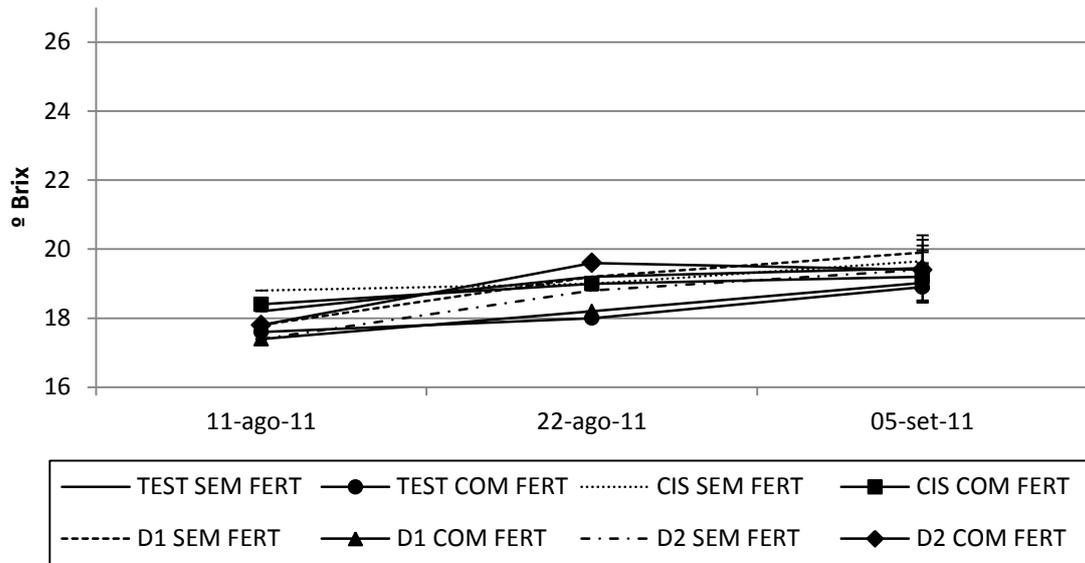


Figura 62. ° Brix, 2011, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.

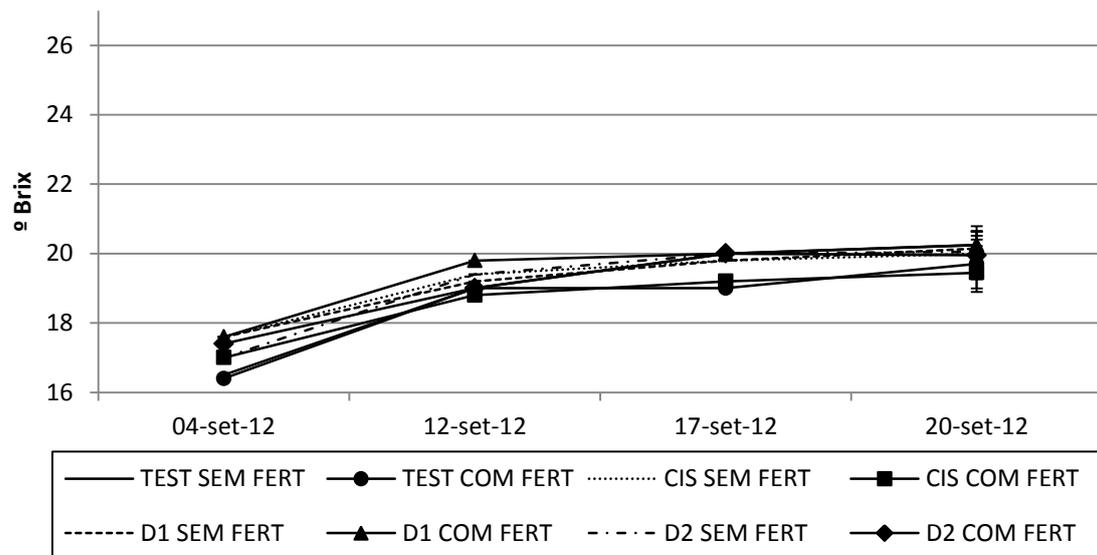


Figura 63. ° Brix, 2012, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.

Refira-se ainda que o ano de 2011 (Figura 62) apresenta teores de açúcares ligeiramente inferiores. Em relação aos diferentes tipos de fertilização (presença ou ausência de fertilização ao solo), não existem diferenças estatisticamente significativas a apontar.

Acrescente-se que, comparativamente a outros sistemas como o cordão simples retombante, o aumento da superfície foliar exposta, decorrente da condução das

cepas em cordão simples ascendente e retombante, é responsável por uma maior acumulação de açúcares (Mota *et al.*, 2001; CVRVV, 2002).

6.1.1.3. pH

Em relação ao pH, este tem tendência a aumentar atingindo, à vindima, valores próximos de 3,0 (Figuras 64 a 67).

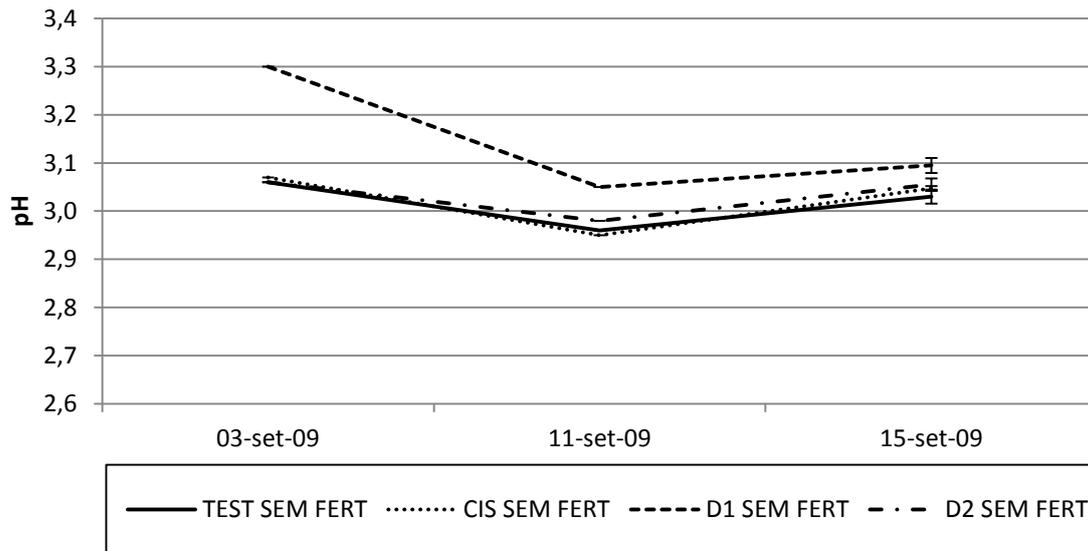


Figura 64. pH, 2009, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.

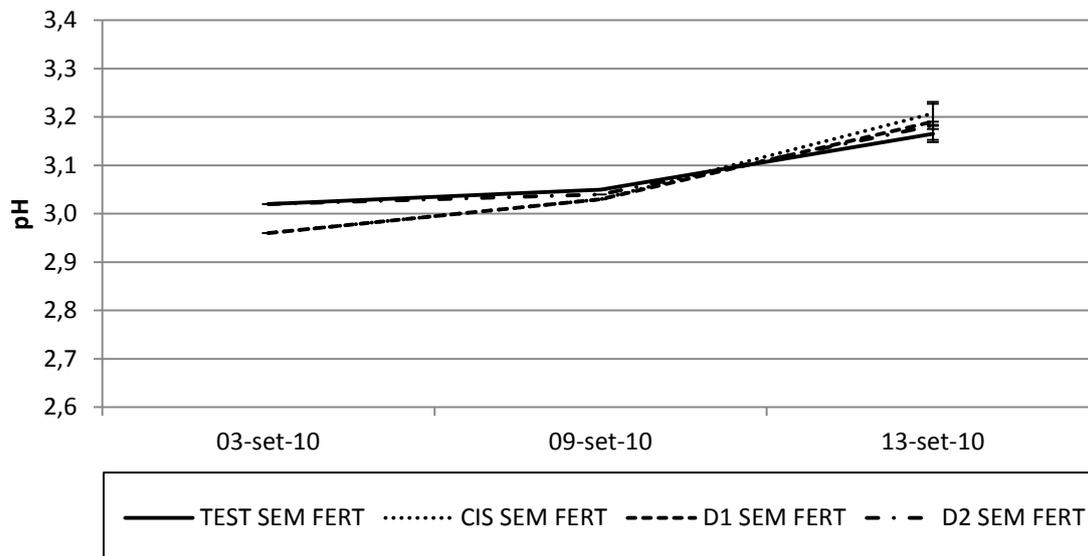


Figura 65. pH, 2010, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.

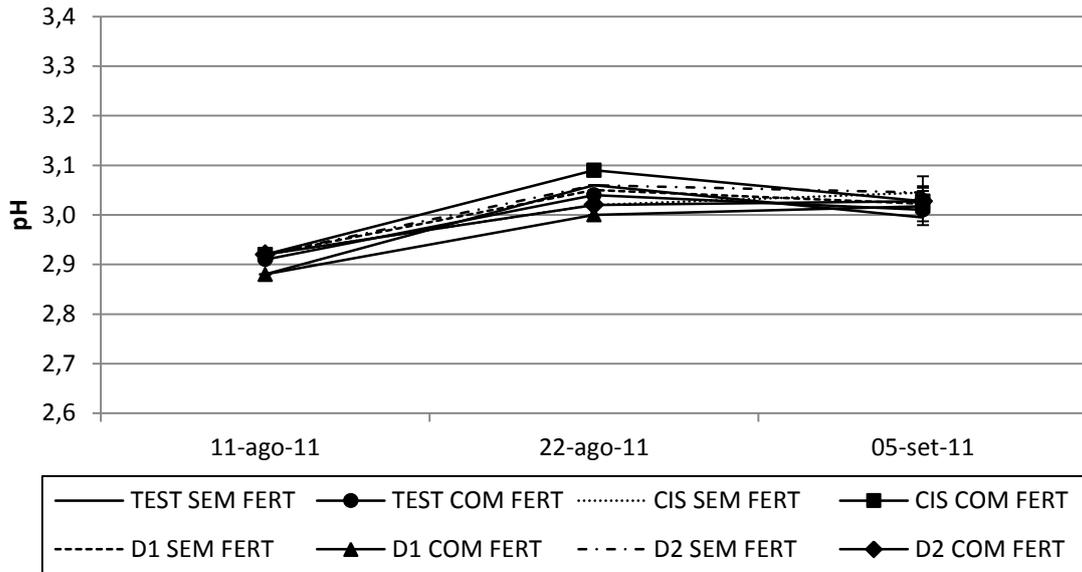


Figura 66. pH, 2011, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.

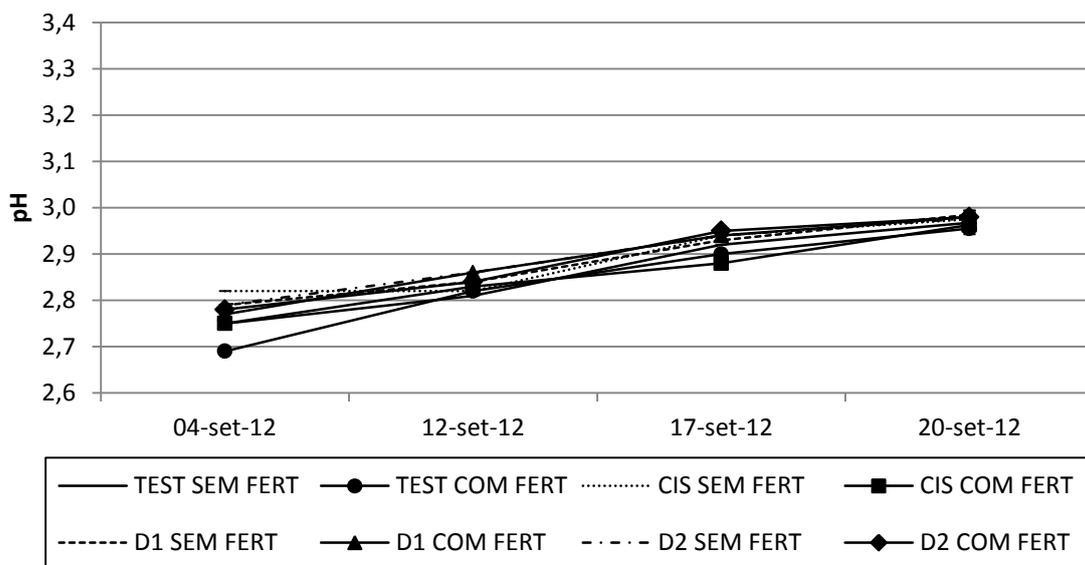


Figura 67. pH, 2012, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.

Constituem exceção à tendência referida, o período de 3 a 11 de setembro do ano de 2009 (Figura 64), e também a avaliação anterior à vindima de 2011 (Figura 66), onde se verifica um ligeiro decréscimo do pH em resultado do aumento do bago, decorrente dos valores de precipitação observados e da consequente diluição dos seus conteúdos. Como critério de comparação, cita-se Garrido *et al.* (1998), que encontrou, para a mesma casta, valores de 3,10 no ano de 1995 no sistema de condução CAR-LYS, ou Pacheco (1999), cujo valor de pH apurado à vindima, no ano de 1996, foi de 2,87.

6.1.1.4. Acidez Total

A respeito da acidez total, de um modo geral, o seu teor decresce com o avançar do período de maturação, conforme se pode observar nas figuras 68 a 71.

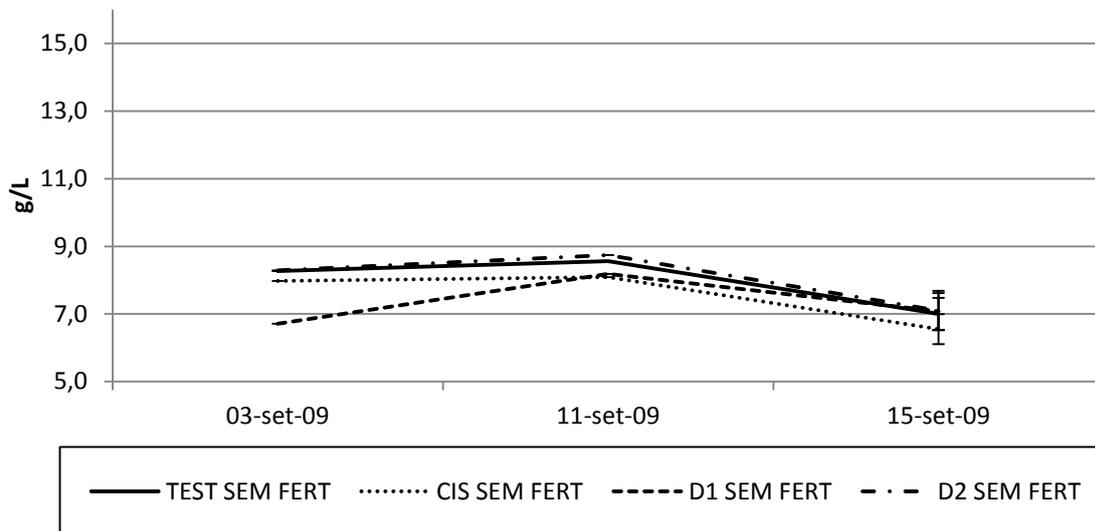


Figura 68. Acidez total (g/L), 2009, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.

De referir que, no ano de 2009 (Figura 68), o aumento da acidez total verificado no início do controlo de maturação é consistente com a descida de pH já relatada.

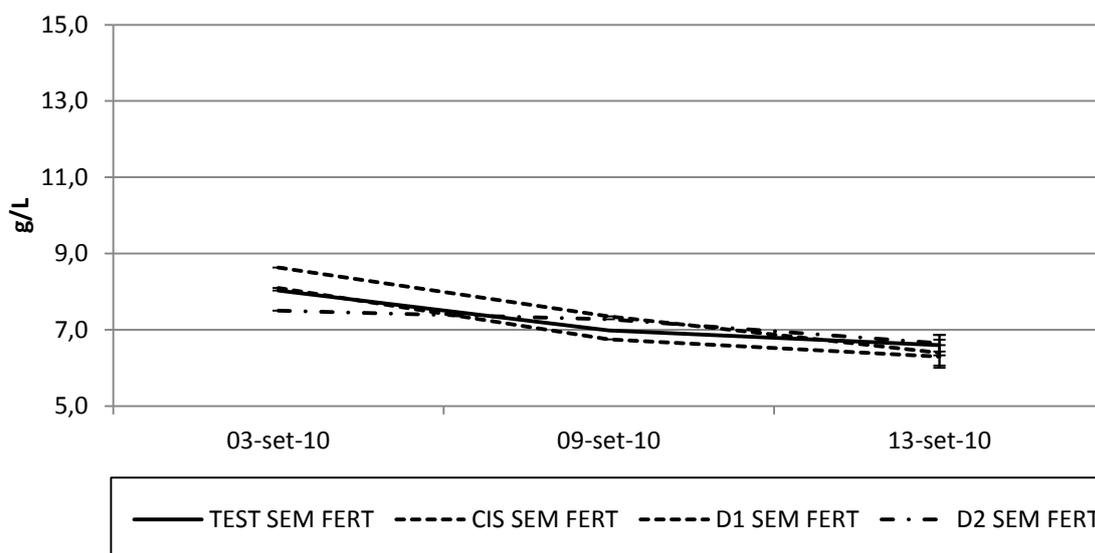


Figura 69. Acidez total (g/L), 2010, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.

Em 2010, a descida dos valores médios de acidez total fez-se de forma progressiva e gradual (Figura 69). A acidez total que, inicialmente, apresentava valores entre 7,0 e 9,0 g/L desceu, à vindima, para valores um pouco abaixo de 7,0 g/L.

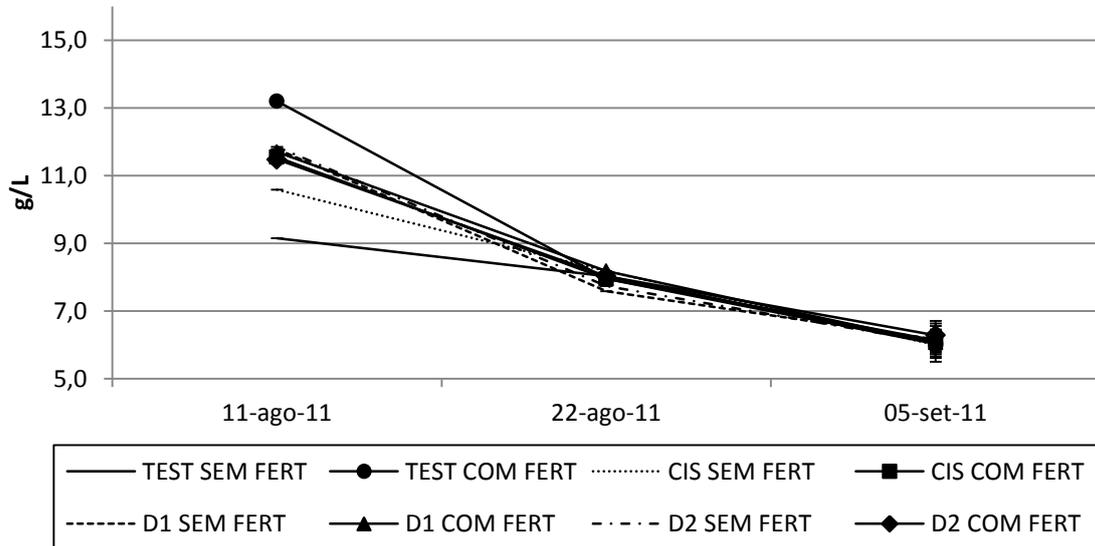


Figura 70. Acidez total (g/L), 2011, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.

Em 2011, o controlo de maturação iniciou-se mais cedo, daí a descida abrupta da acidez total verificada entre 11 de agosto e 22 de agosto. Na fase final de pré-vindima, os valores registados são semelhantes aos dos anos precedentes, conforme se pode avaliar pela análise da análise da figura 70.

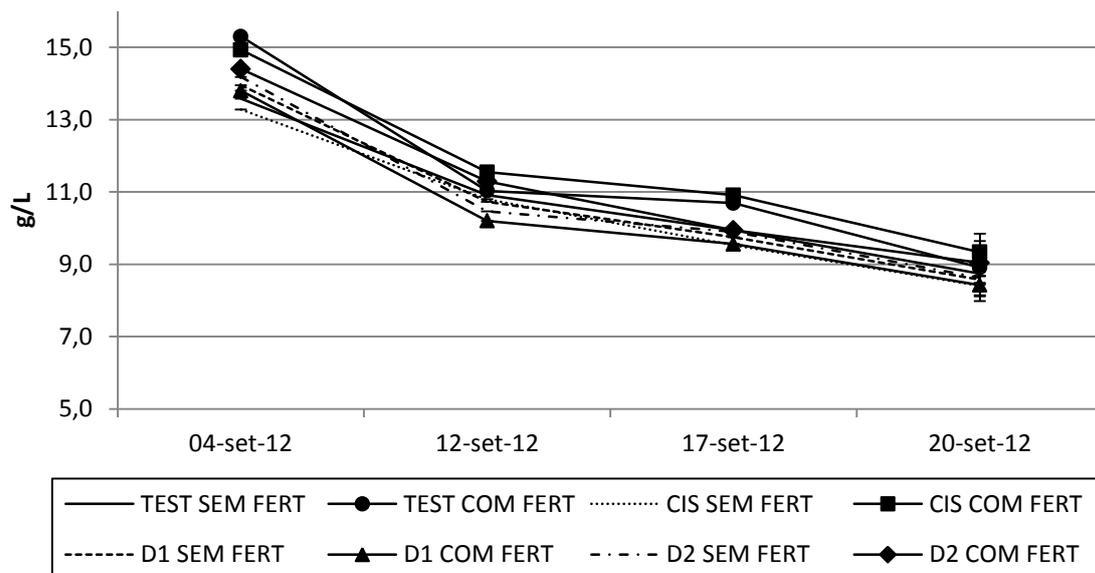


Figura 71. Acidez total (g/L), 2012, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.

O ano de 2012 (Figura 71) constitui exceção pois apresenta níveis de acidez mais elevados (9,0 gramas por litro), como resultado da grande heterogeneidade a nível da videira e da evolução irregular verificada em consequência de condições climáticas adversas.

À vindima, os mostos têm valores de acidez de cerca de 7,0 gramas por litro, a mesma grandeza de valores relatada por Machado (2011), um valor ligeiramente inferior aos 8,42 g/L apresentados por Mota *et al.* (1996), ou aos 8,85 g/L de Garrido *et al.* (1998). A título de exemplo, referem-se também os valores publicados por Böhm (2007), que afirma que a acidez natural da casta Loureiro é mediana a alta (cerca de 10,27 g/L) e os de Pacheco (1999), para o ano de 1995/1996, os quais rondaram os 11,30 g/L. Estes últimos teores de acidez total (nada comparáveis com os encontrados neste trabalho), devem-se segundo a autora, à conjugação dos níveis de produtividade obtidos com o *stress* hídrico verificado durante o período de maturação, a qual terá originado a queda de folhas, retardando a degradação dos ácidos orgânicos. Por seu turno, cita-se Rosinhas (2012 a) que, em 2012, encontrou nas uvas de Loureiro uma acidez total de 8,98 g/L, valor muito semelhante ao deste estudo. Constata-se ainda que as modalidades com fertilização ao solo apresentam valores de acidez total tendencialmente superiores.

6.1.1.5. Ácido tartárico

É certo que, durante a maturação da uva, o teor deste ácido baixa substancial e progressivamente devido essencialmente a fenómenos de combustão e de diluição (Curvelo-Garcia, 1988). Nas páginas seguintes podem observar-se as concentrações de ácido tartárico da casta Loureiro, registadas à data de vindima (Figuras 72 a 74).

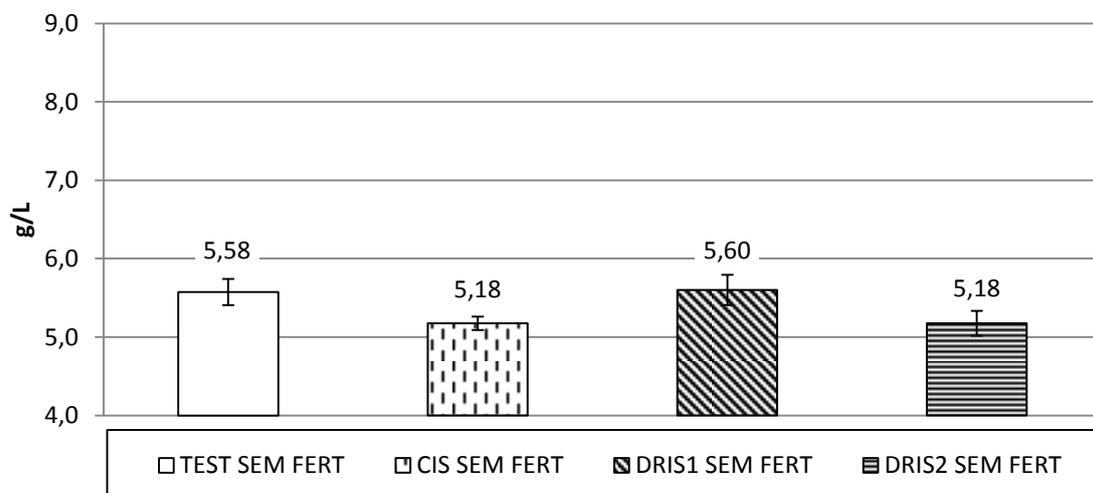


Figura 72. Ácido tartárico (g/L), 2009, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.

O ano de 2009 (Figura 72) caracteriza-se por concentrações de ácido tartárico entre 5,18 g/L (modalidades CIS e DRIS 2 SEM FERT) e 5,60 g/L (TEST e DRIS 1 SEM FERT), sendo as primeiras estatisticamente diferentes das segundas.

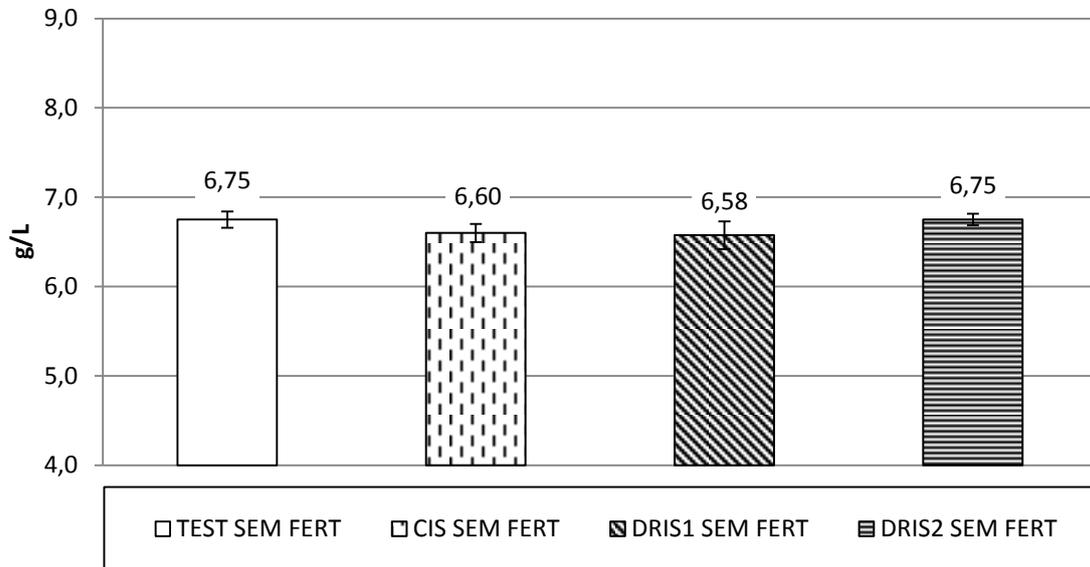


Figura 73. Ácido tartárico (g/L), 2010, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.

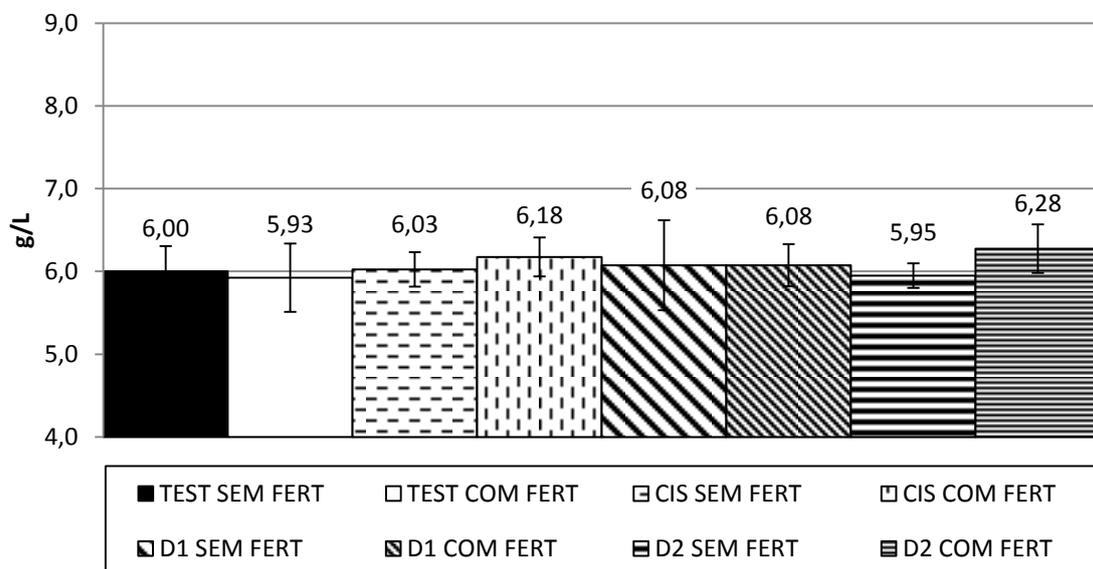


Figura 74. Ácido tartárico (g/L), 2011, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.

Em 2010 e 2011 (Figuras 73 e 74), regista-se um aumento desse mesmo ácido para valores próximos de, respetivamente, 6,6 g/L e de 6,0 g/L, estando estes números de acordo com os observados na mesma casta na RDVV (Mota *et al.*, 1996; Pacheco, 1999). Estes valores são, contudo superiores à média de 4,15 encontrada no trabalho de Garrido *et al.* (1998).

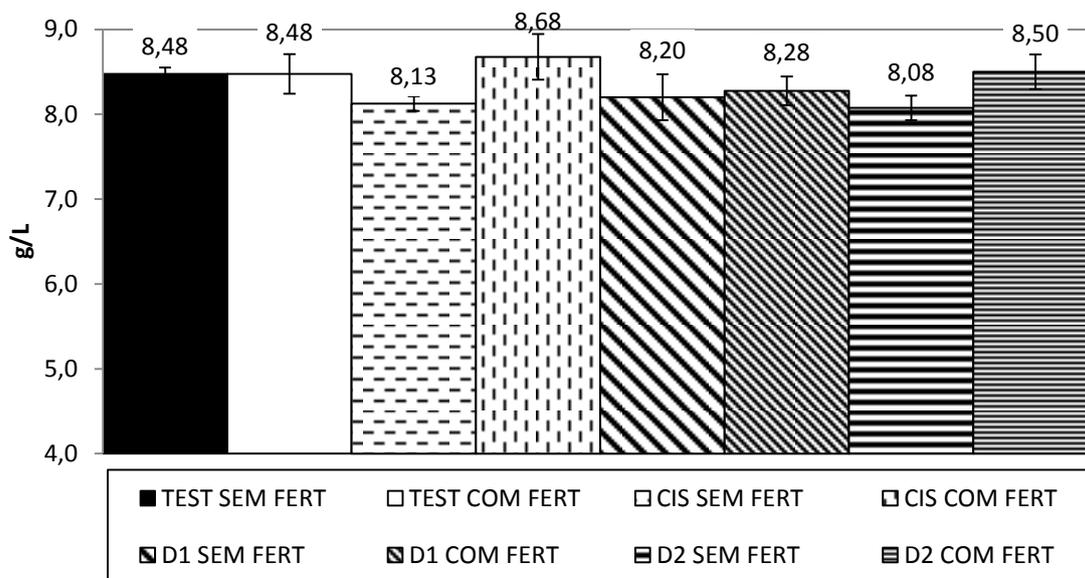


Figura 75. Ácido tartárico (g/L), 2012, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.

Os teores de ácido tartárico mensurados à vindima no ano de 2012 (Figura 75) são bastante superiores ao restantes, sendo o seu valor médio de 8,35 g/L, o que está de acordo com as concentrações mais elevadas deste constituinte, anteriormente assinaladas. Com exceção das situações relacionadas, não se verifica qualquer diferença entre os tratamentos e as sub-modalidades consideradas.

6.1.1.6. Ácido Málico

De acordo com Curvelo-Garcia (1988), durante a fase de maturação das uvas a diminuição do teor de ácido málico deve-se, essencialmente, a fenómenos de respiração celular, sendo este decréscimo ainda mais acentuado do que o verificado para o ácido tartárico.

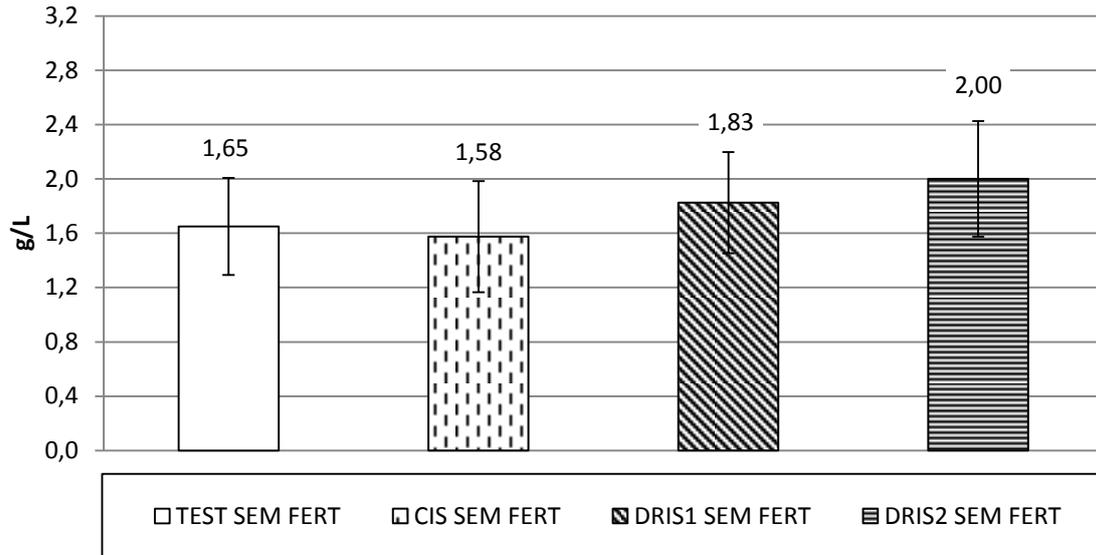


Figura 76. Ácido málico (g/L), 2009, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.

Analisando os teores de ácido málico à vindima constata-se que em 2009 (Figura 76), as uvas apresentavam baixos teores de ácido málico (entre 1,50 e 2,00 g/L), o que explica que a acidez total seja consideravelmente baixa nos mostos obtidos.

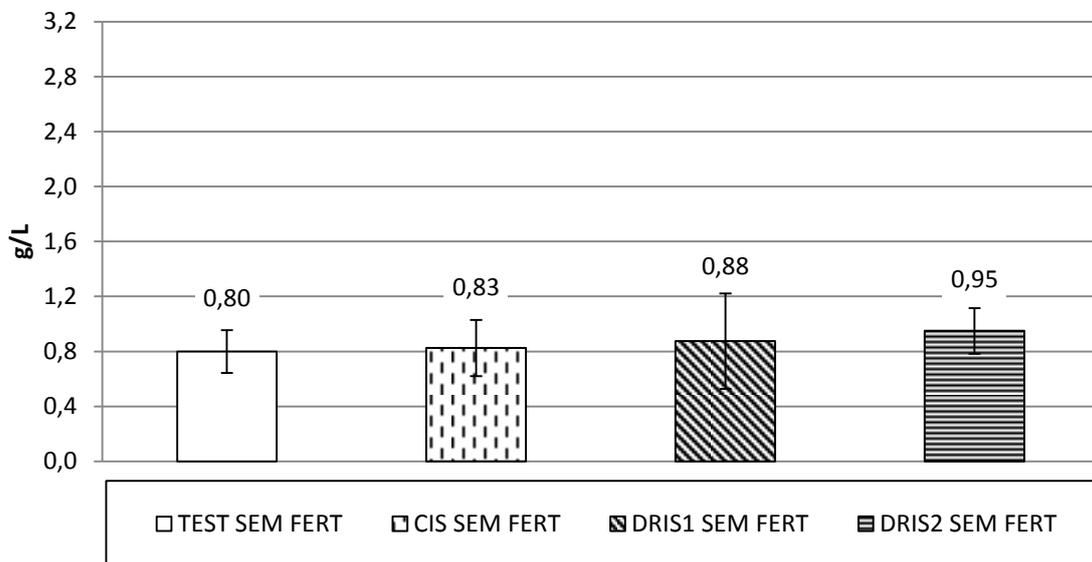


Figura 77. Ácido málico (g/L), 2010, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.

No ano de 2010, os valores são ainda mais baixos, em resultado do aumento das temperaturas médias (Figura 77).

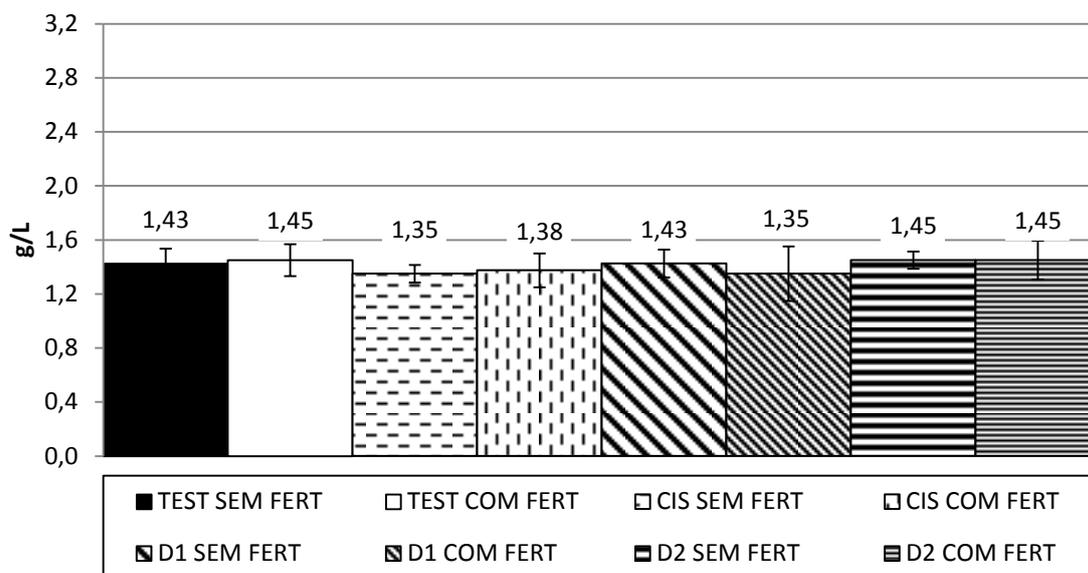


Figura 78. Ácido málico (g/L), 2011, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.

No ano vitícola de 2011 registaram-se concentrações de ácido málico superiores a 2010, compreendidas entre 1,35 e 1,45 g/L (Figura 78).

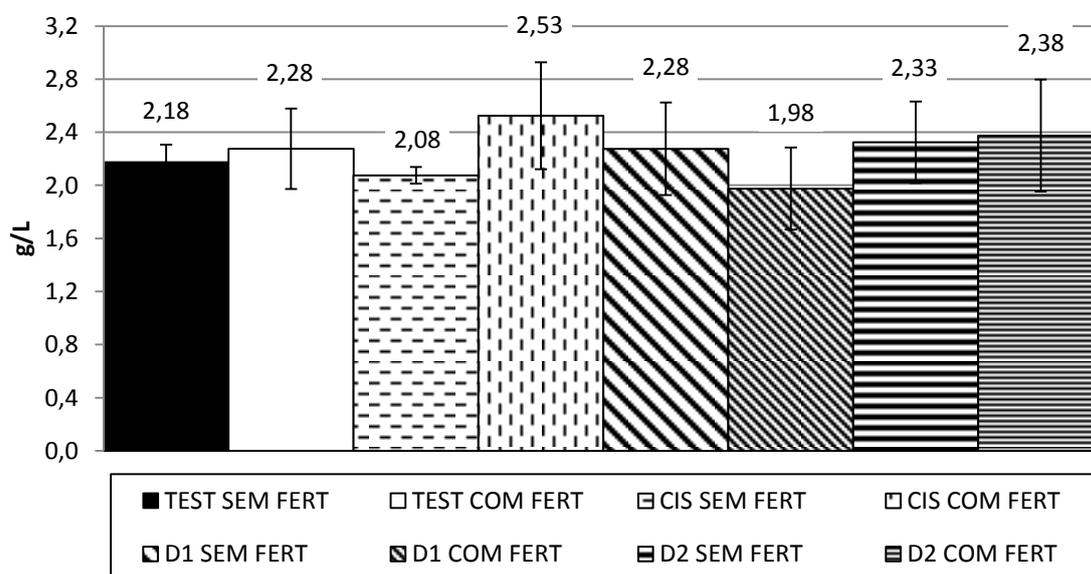


Figura 79. Ácido málico (g/L), 2012, Loureiro. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.

No último ano do ensaio, à semelhança do aumento da acidez total e do teor em ácido tartárico já referenciados, observa-se igualmente um acréscimo dos teores de ácido málico para valores na ordem dos 2,00 a 2,50 g/L (Figura 79). Acrescente-se que não se verificam diferenças estatisticamente significativas entre as diferentes modalidades em estudo. Refira-se também que os teores de ácido málico descritos

neste trabalho são significativamente inferiores aos 3,48 g/L medidos por Mota *et al.* (1996), e muito distantes dos 4,30 g/L de Garrido *et al.* (1998), ou dos 5,63 g/L medidos por Pacheco (1999).

6.1.2. A Quinta de S. Luiz

Seguidamente apresentam-se os resultados de evolução da maturação em S. Luiz. Refira-se que, em relação ao ano de 2012, dadas algumas contrariedades criadas aquando do processo de transição da Quinta de S. Luiz para novos proprietários, verificaram-se algumas dificuldades na obtenção de alguns parâmetros qualitativos. Por essa razão, para esse ano, no caso do pH e da Acidez Total apenas serão exibidos os registos efetuados à vindima.

6.1.2.1. Peso médio do bago

Os valores do peso médio de um bago, referentes à casta Touriga Nacional serão apresentados nas figuras seguintes.

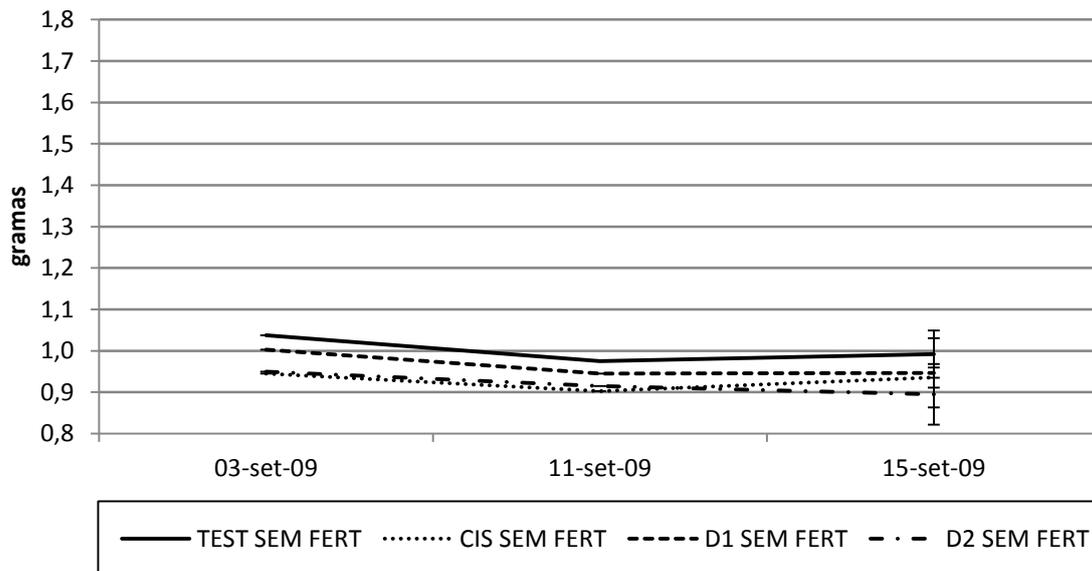


Figura 80. Peso de 1 bago (g), 2009, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.

Quanto ao ano de 2009 (Figura 80), o peso médio do bago registou valores próximos de 1 grama e uma tendência generalizada de diminuição de peso por desidratação, ao longo do período de maturação da uva, de um bago já por si pequeno. Esta evolução é justificada pela ausência de precipitação assim como pelas

temperaturas registadas. Nesse ano, à vindima, não foram detetadas diferenças estatísticas entre as modalidades.

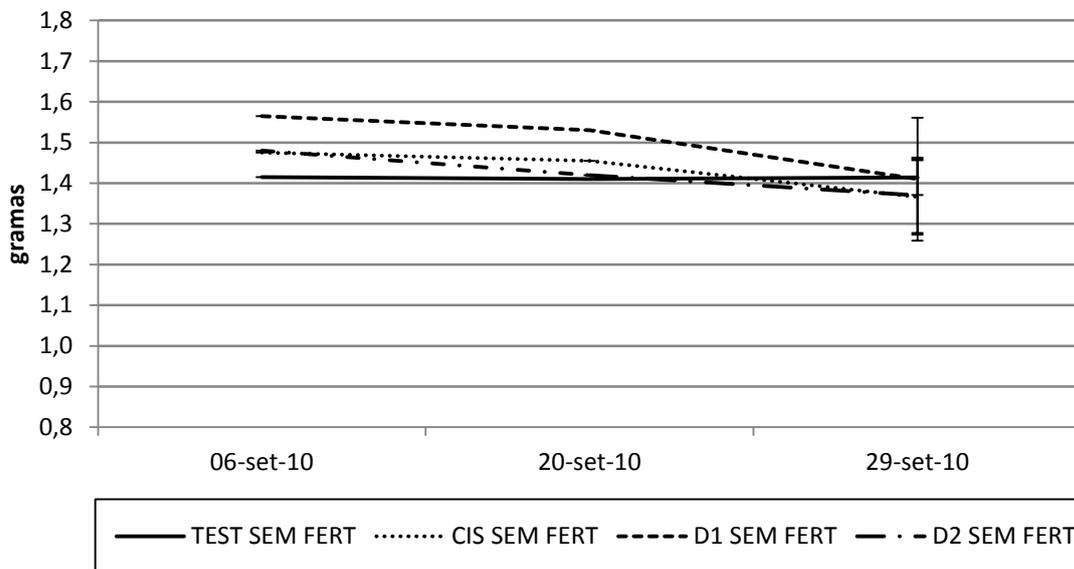


Figura 81. Peso de 1 bago (g), 2010, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.

Nos anos seguintes, o peso médio do bago foi superior, alcançando cerca de 1,4 gramas à vindima (Figuras 81 a 83). Refira-se que, nem o registo pluviométrico mais elevado registado em 2010, impediu a quebra do peso médio do bago no período de maturação.

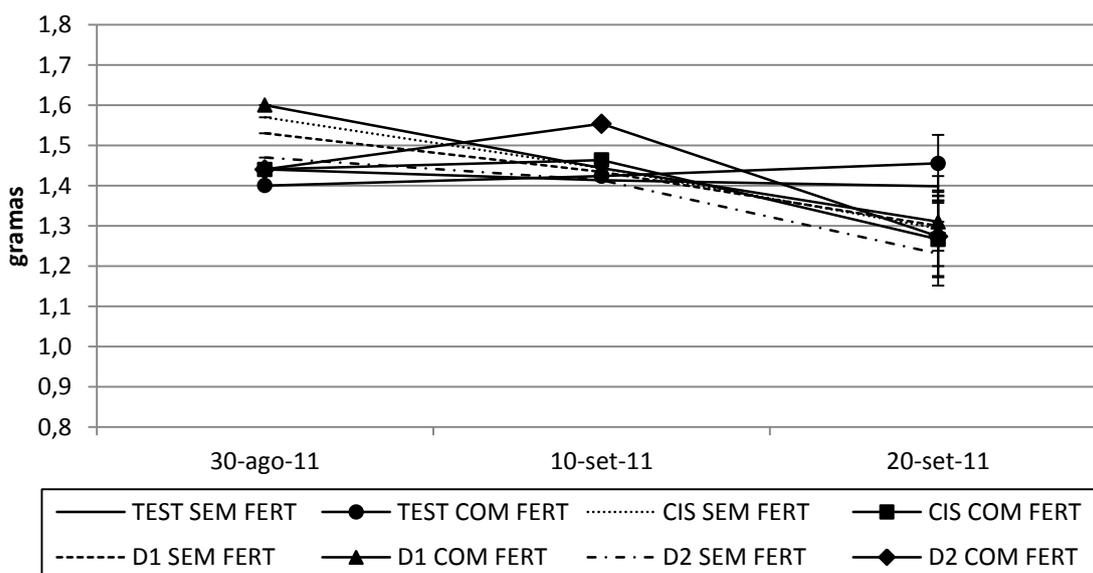


Figura 82. Peso de 1 bago (g), 2011, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.

Também no ano agrícola de 2011, o peso médio do bago situou-se entre 1,3 e 1,4 gramas. À vindima, as diferenças entre as modalidades são inexistentes.

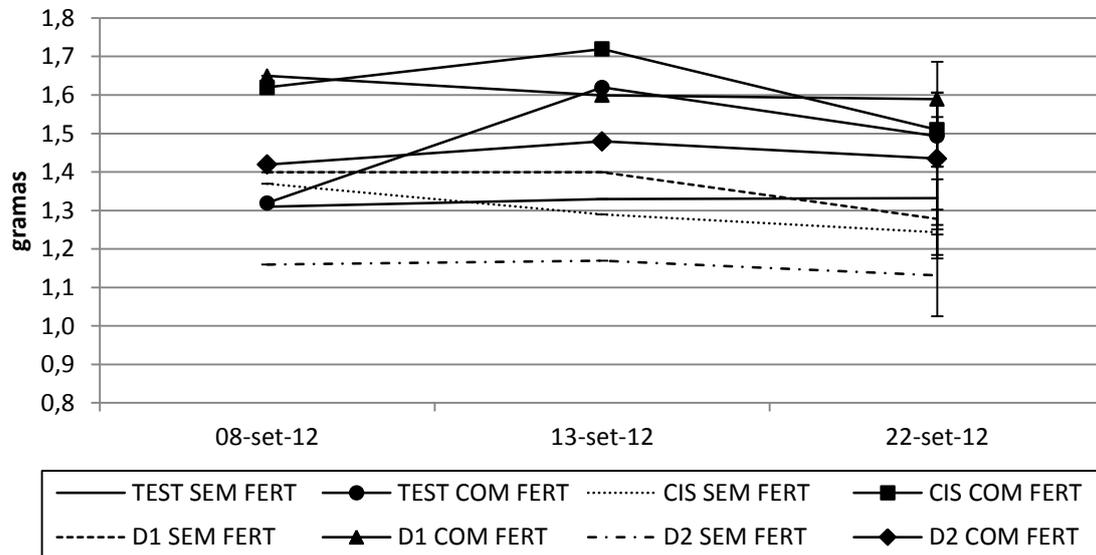


Figura 83. Peso de 1 bago (g), 2012, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.

Em 2012 (Figura 83), a precipitação verificada no início de setembro permitiu o aumento do peso médio do bago entre a primeira e a segunda amostragem. Até à vindima houve um pequeno decréscimo do seu peso mas, uma vez mais, não se observam diferenças entre as modalidades ou sub-modalidades. A rega, levada a cabo no final do ciclo vegetativo, não parece ter tido alguma consequência no peso médio do bago.

Constata-se que, apesar de não existirem diferenças entre tratamentos, as modalidades testemunha parecem ter sido as únicas que viram o seu peso aumentar ligeiramente. Os resultados apresentados são concordantes com os valores encontrados na bibliografia consultada: 0,9 a 1,8 gramas (Böhm, 2007); 1,1 gramas no início do controlo de maturação até 1,3 gramas à vindima (Barbosa, 2002) ou ainda 1,3 gramas e um máximo de 1,5 gramas obtidos por Queiroz *et al.* (1997), e Queiroz (2002 b).

6.1.2.2. Teor em Açúcares

A par da evolução da maturação, o teor de açúcares avaliado pelo ° Brix, tem tendência a subir, conforme se pode verificar pela análise das figuras 84 a 87.

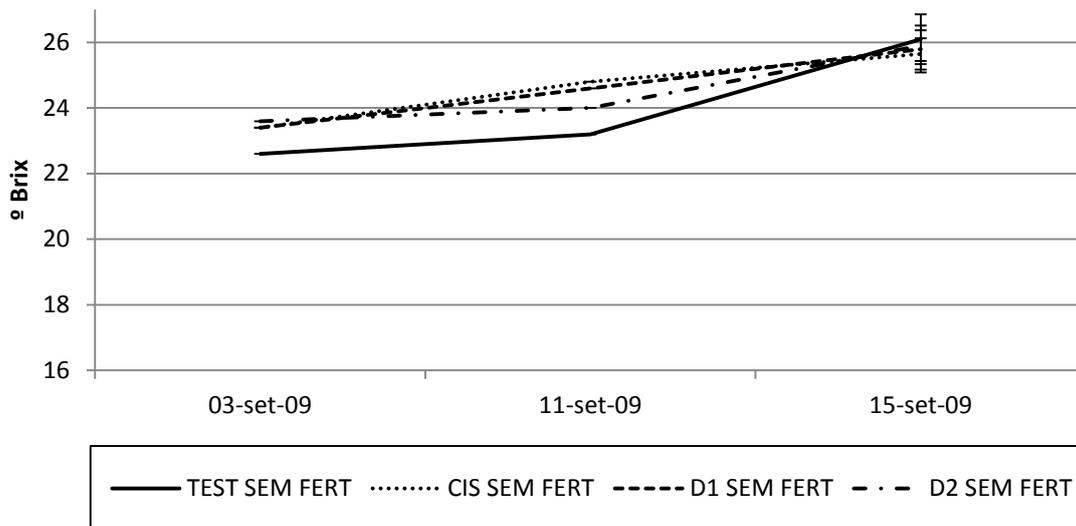


Figura 84. ° Brix, 2009, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.

Em 2009, o ° Brix apresentou um valor de 26, o mais elevado dos quatro anos de ensaio, com mostos a atingir os 266 gramas de açúcar por litro (ou 15,6 % v/v de álcool provável) (Figura 84).

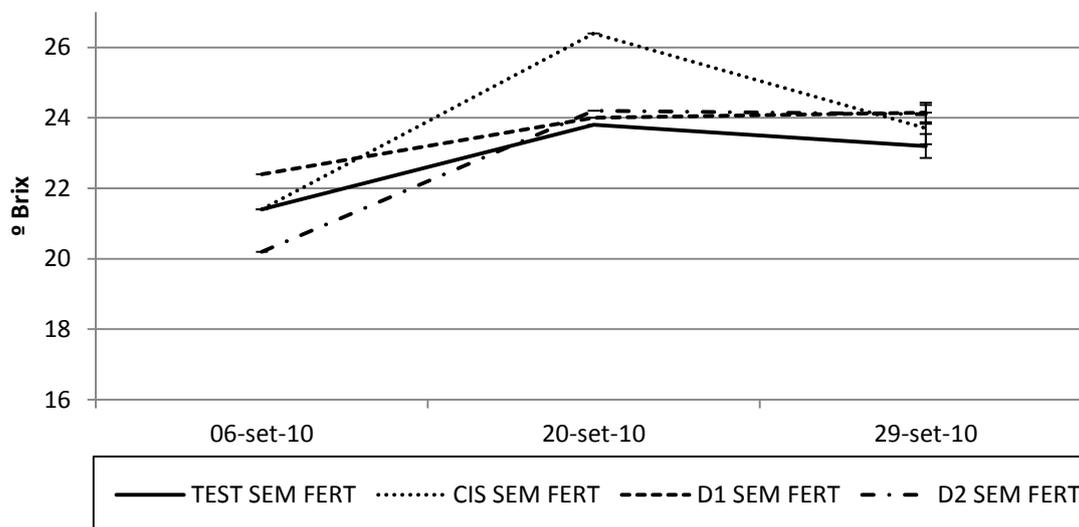


Figura 85. ° Brix, 2010, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.

Regista-se apenas uma ligeira descida do teor em açúcares no decorrer do ano de 2010 (Figura 85), provavelmente devido à queda de precipitação observada na

mesma altura, a qual levou ao aumento do tamanho do bago e à diluição dos conteúdos existentes no bago.

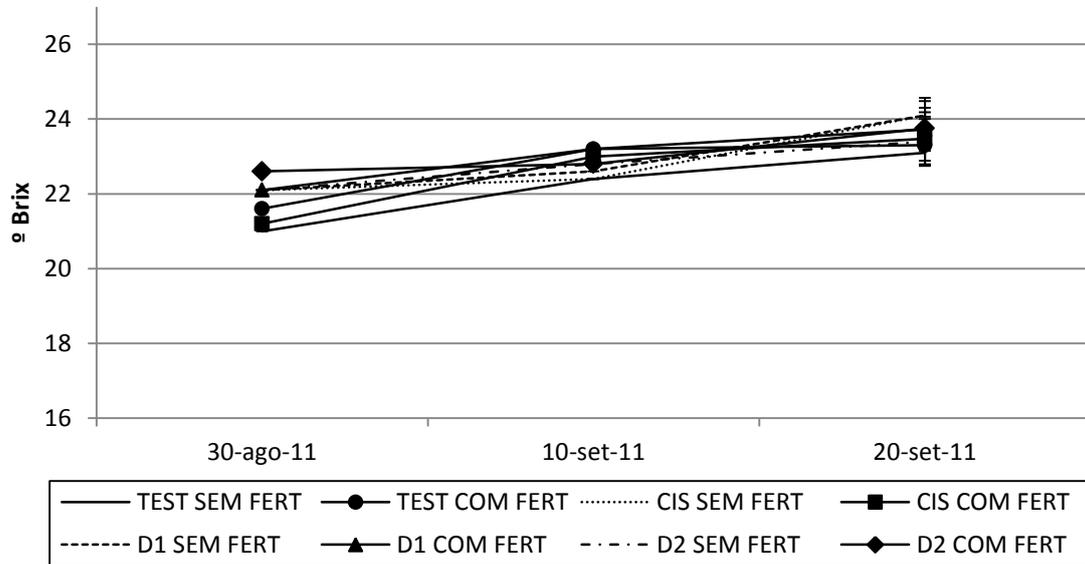


Figura 86. °Brix, 2011, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.

Em 2011 os valores de °Brix são superiores a 23 (Figura 86), sendo que não se verificam diferenças entre as modalidades consideradas.

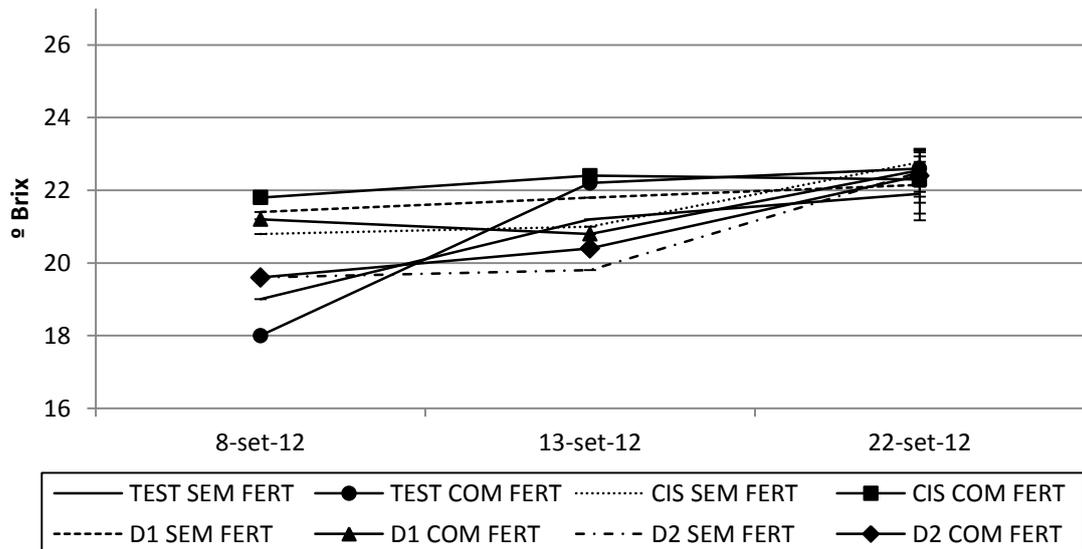


Figura 87. °Brix, 2012, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.

Em geral, no ano de 2012 (Figura 87), os valores mínimos de ° Brix rondam o valor de 22, o que corresponde a um teor de 191 gramas de açúcar por litro de mosto. Refira-se ainda que, à vindima, independentemente do ano, não se observam diferenças entre as modalidades consideradas. Os teores de açúcares avaliados sob a forma de ° Brix são superiores ao valor de 21,4 apontado por Sousa *et al.* (1999), mas, ainda assim semelhantes aos encontrados por outros autores nas mesmas condições (Queiroz, 1996).

6.1.2.3. pH

Seguidamente, para os anos em estudo, poderá consultar-se a evolução do pH ao longo do período de maturação da casta Touriga Nacional.

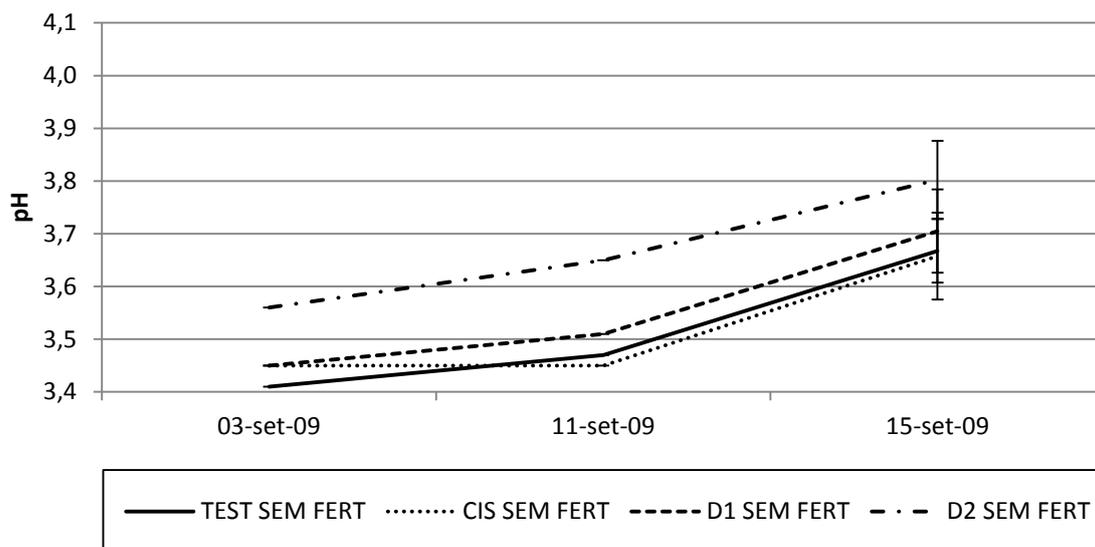


Figura 88. pH, 2009, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.

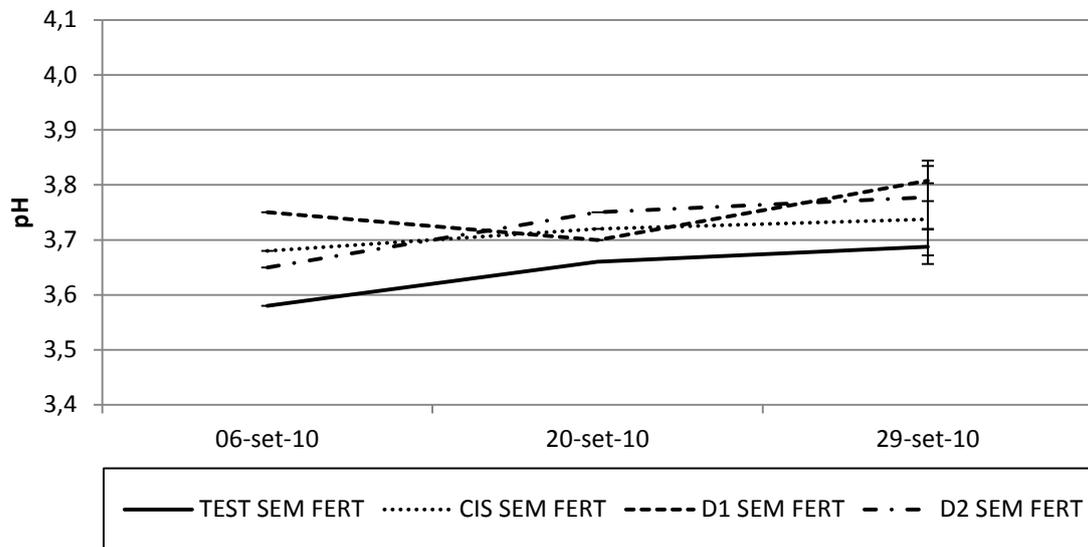


Figura 89. pH, 2010, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.

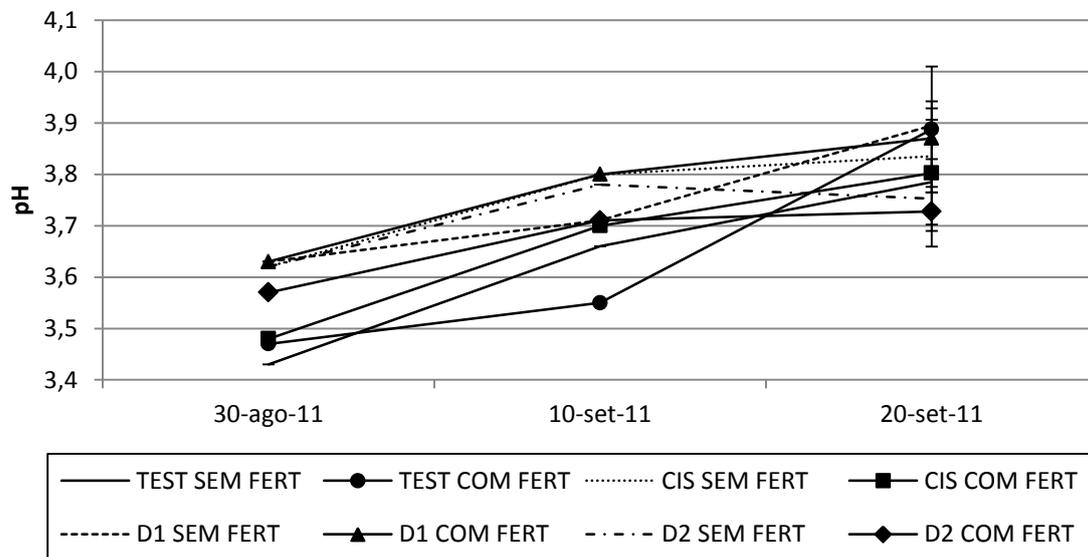


Figura 90. pH, 2011, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.

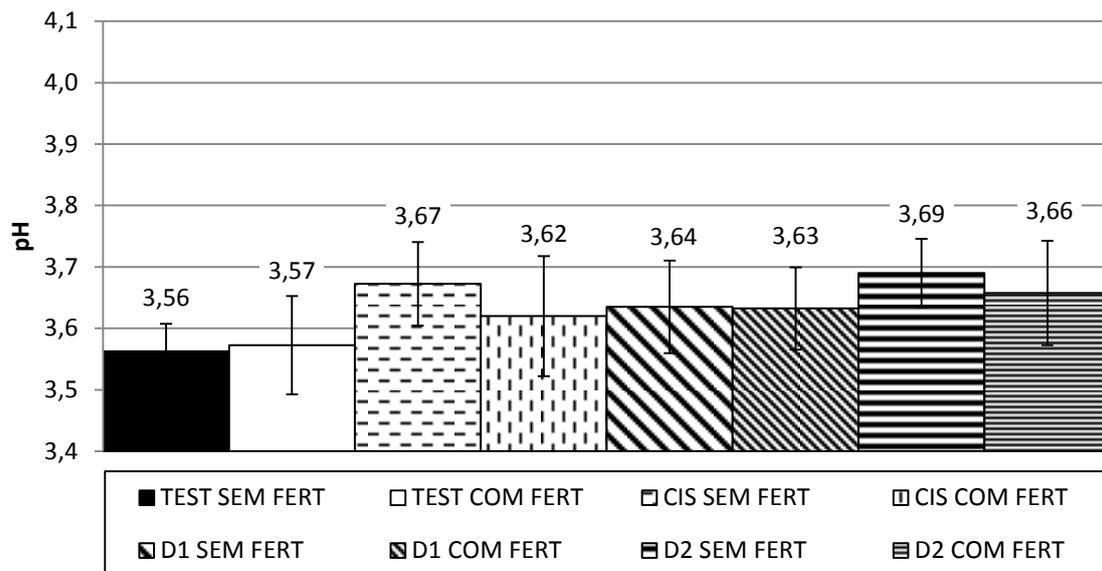


Figura 91. pH registado à vindima, 2012, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.

Pela análise dos gráficos anteriores (Figuras 88 a 91), verifica-se que, ao longo da fase de maturação das uvas, os valores de pH têm tendência a aumentar, sendo o pH mínimo cerca 3,4 e o máximo 3,8, valores estes próximos dos que são referenciados para a mesma casta (Queiroz *et al.* 1999; Costa-Rodrigues *et al.*, 2000; Barbosa, 2002; Queiroz, 2002 b; Silva, 2012). À data de vindima não são visíveis quaisquer diferenças estatísticas entre os tratamentos estudados.

6.1.2.4. Acidez Total

A evolução da acidez total medida está sumarizada nas figuras 92 a 95.

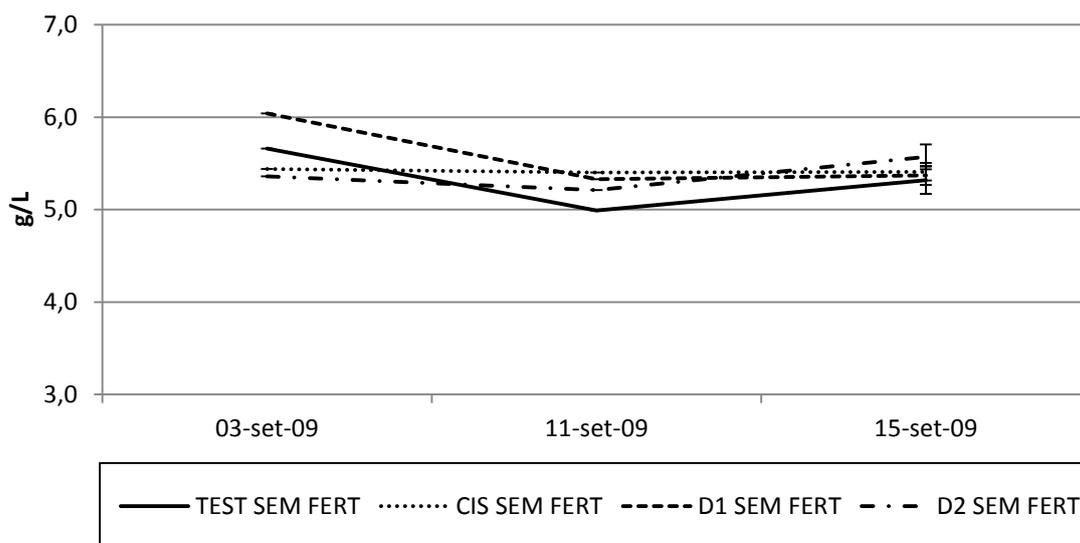


Figura 92. Acidez total (g/L), 2009, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.

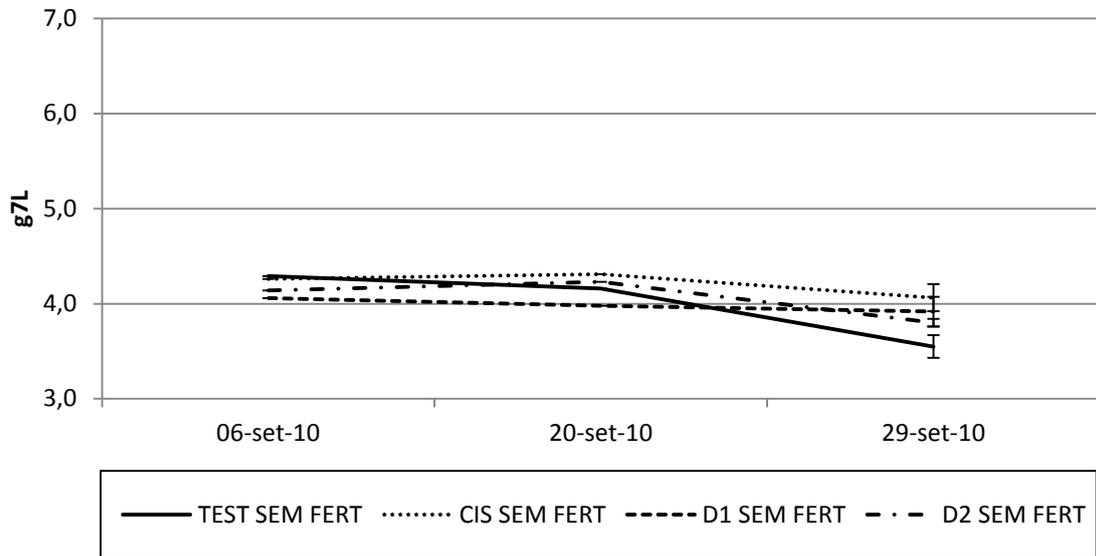


Figura 93. Acidez total (g/L), 2010, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.

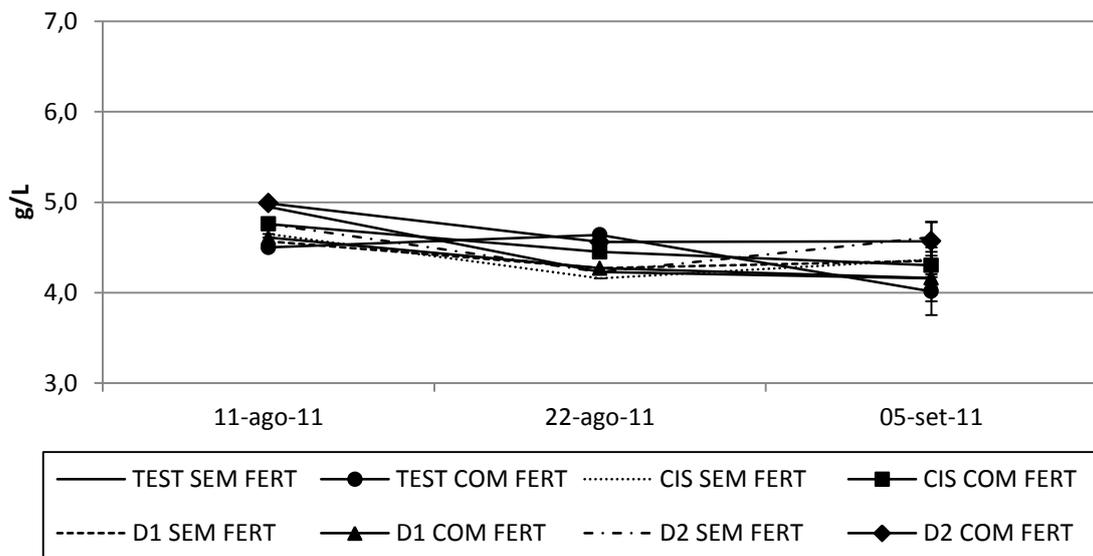


Figura 94. Acidez total (g/L), 2011, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.

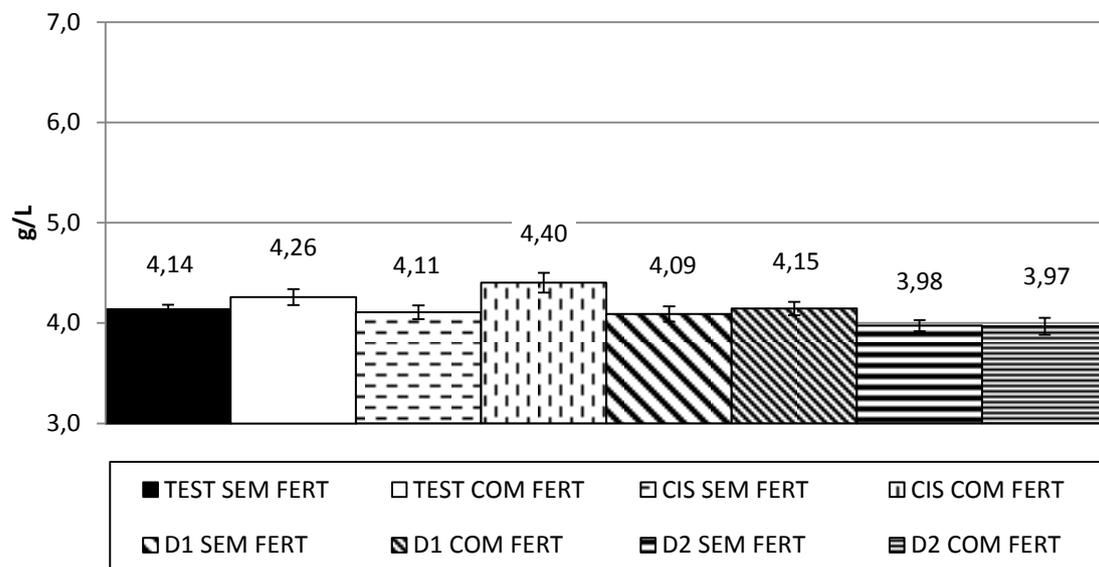


Figura 95. Acidez total (g/L) registada à vindima, 2012, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.

Após a análise das figuras anteriores, constata-se que os valores de acidez total, expressos em gramas de ácido tartárico por litro de mosto, são médios a altos e caem ao longo da maturação de uma forma inversa ao pH. À vindima, a acidez total, atinge valores na ordem dos 4,0, a mesma grandeza encontrada nos trabalhos de Barbosa (2002), de Queiroz (1996) e de (2002 b), ou (Böhm, 2007), e inferior aos 5,9 g/L apresentados por Sousa *et al.* (1999) para a mesma relação casta e porta-enxerto, na região do Cima Corgo. Excetua-se o ano de 2009 (Figura 92), no qual a acidez total à vindima atinge valores de cerca de 5,5 g/L. Todavia, em nenhum ano de ensaio se verifica qualquer diferença entre as modalidades estudadas, a não ser a ocorrência de valores ligeiramente superiores nas modalidades com fertilização ao solo.

6.1.2.5. Teor de Antocianinas Totais (mg/L)

As antocianinas, no caso particular da Touriga Nacional, encontram-se localizadas na película da uva, sendo a cor dos bagos dependente da natureza das antocianinas da película e das suas diversas concentrações relativas (Curvelo-Garcia, 1988). Nas figuras seguintes podem consultar-se os valores médios de antocianinas totais obtidos neste ensaio.

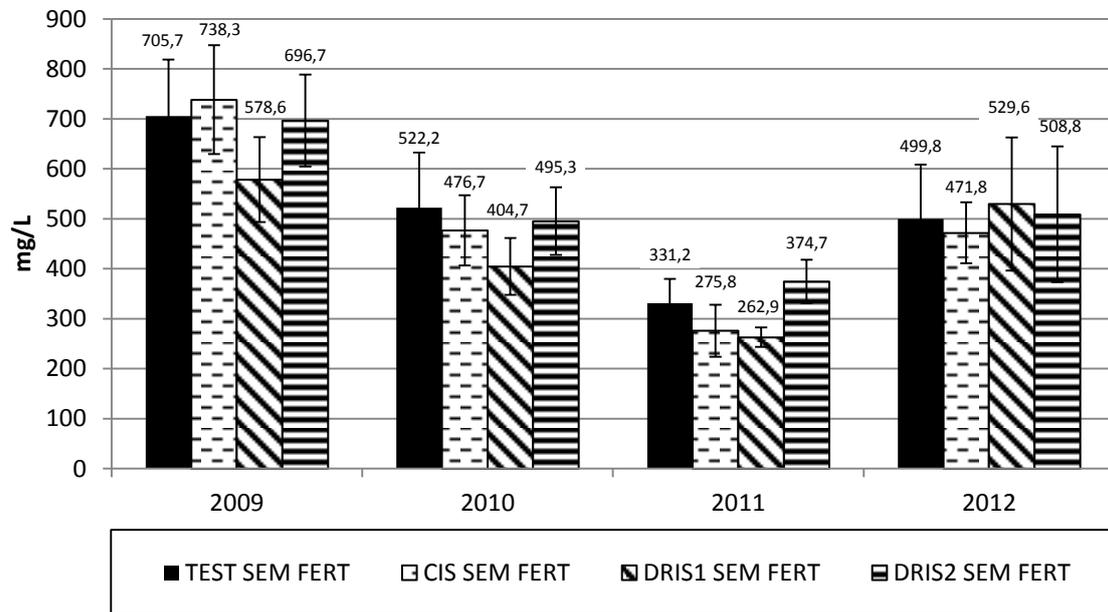


Figura 96. Teor de antocianinas totais (mg/L) nas modalidades sem fertilização ao solo, 2009 a 2012, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.

A análise da figura 96 permite constatar que a quantidade de antocianinas totais, à vindima, foi variável, em função dos anos estudados. De 2009 a 2011, nas amostras analisadas, verifica-se uma diminuição gradual do teor em antocianinas (apresentando, inicialmente, concentrações próximas de 700 mg/L passam, em 2011, para cerca de metade). Nestes três anos a modalidade DRIS 1 é sempre a que apresenta valores inferiores. No ano de 2012, há um acréscimo dos teores de antocianinas totais (próximas de 500 mg/L).

Os dados publicados por Costa-Rodrigues *et al.* (2010), apresentam valores de antocianinas totais determinadas à vindima entre 565 e 651 mg/L, próximos, portanto, dos teores referidos neste trabalho. Também Queiroz *et al.* (1999), nas diferentes modalidades de ensaio de Touriga Nacional, durante o ano de 1998, registaram valores de antocianinas entre 729 e 841 mg/L.

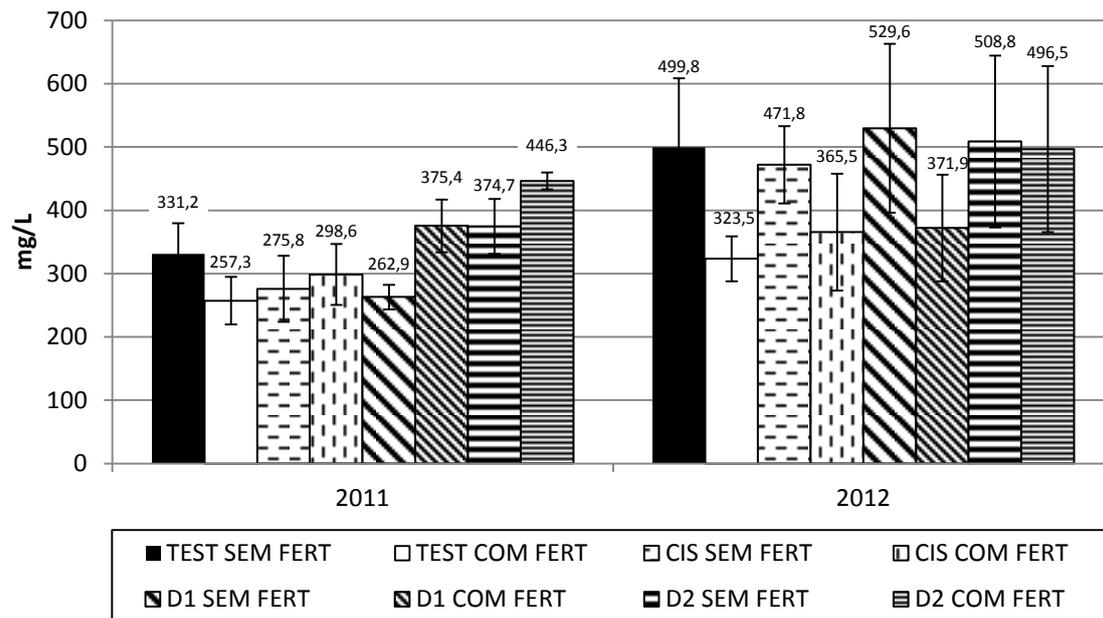


Figura 97. Teor de antocianinas totais (mg/L), 2011 e 2012, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.

No ano de 2012, em relação às sub-modalidades fertilizadas, verifica-se uma tendência para que estas apresentem valores inferiores, embora tais resultados não sejam significativamente diferentes do ponto de vista estatístico.

6.1.2.6. Índice de polifenóis totais

Os polifenóis são de extrema importância em enologia. Estes constituintes das uvas intervêm ao nível das características organoléticas dos vinhos de uma forma múltipla: na intensidade e na tonalidade da cor, nas características sápidas, na adstringência e na “dureza”, no aroma, na ocorrência de certos acidentes de estabilidade (tais como casses férricas em vinhos tintos e casses oxidásicas) e na evolução da maturação dos vinhos ao longo de envelhecimento (Curvelo-Garcia, 1988). Como tal, nas figuras 98 e 99, apresentam-se os índices de polifenóis totais (IPT), determinados para os diferentes tratamentos.

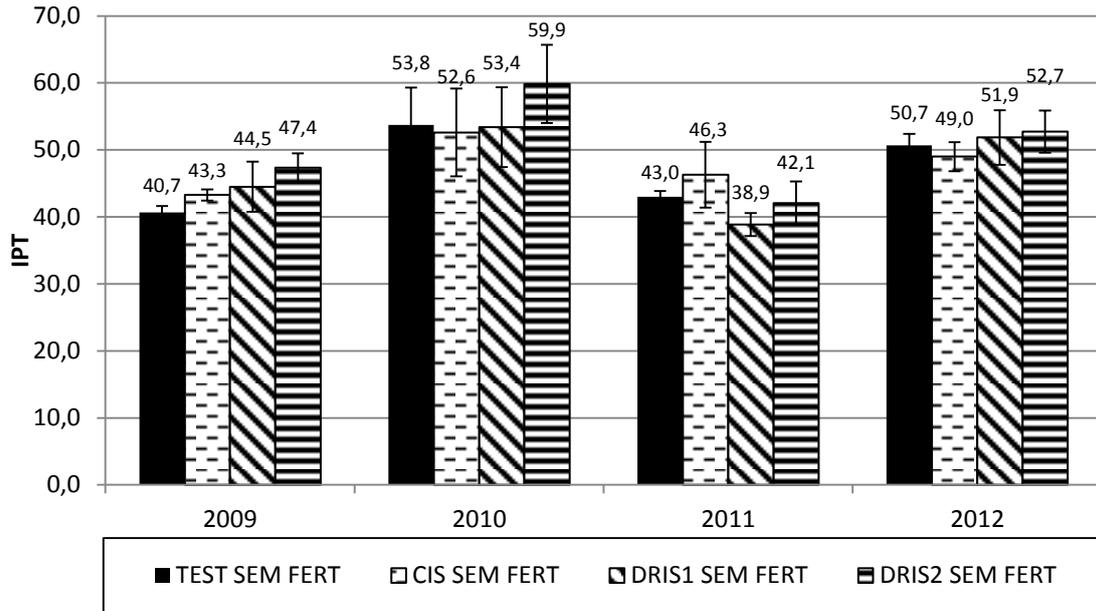


Figura 98. Índice de polifenóis totais nas modalidades sem fertilização ao solo, 2009 a 2012, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.

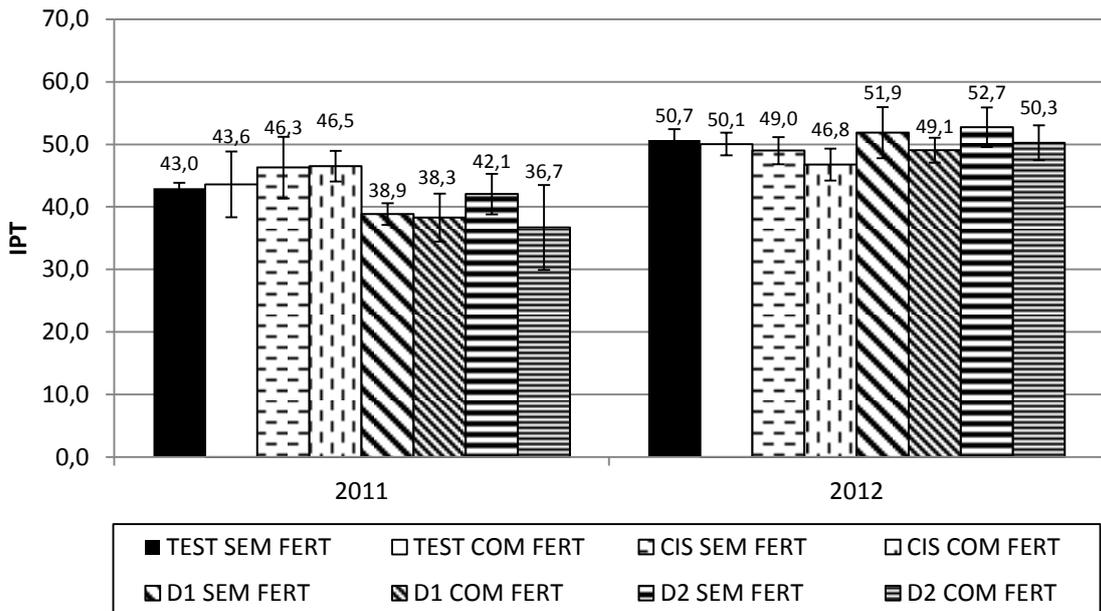


Figura 99. Índice de polifenóis totais, 2011 e 2012, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.

Pela análise dos gráficos anteriores, constata-se que o IPT, se situou entre os 40 e os 50, não se registando comportamentos que permitam distinguir as modalidades em estudo. Este índice encontra-se dentro do intervalo de 50 a 80, referido por Böhm (2007), e próximo dos valores de 45, mencionados por Barbosa (2002), no seu

trabalho. Já Queiroz *et al.* (1999), apresentam valores para este parâmetro um pouco inferiores aos obtidos neste trabalho, visto que a ordem de grandeza é próxima dos 30.

6.1.2.7. Teor de Taninos

Os taninos determinam a agressividade e a rudeza nos vinhos jovens mas, por outro lado, estabelecem a sua intensidade corante, desempenhando um papel fundamental na qualidade e durabilidade dos vinhos tintos (Magalhães, 2008). No caso da casta Touriga Nacional, Silva (2012), apresenta valores de taninos na ordem dos 7g/L, sendo este resultado referido pela própria autora como muito superior à concentração de 1 a 4 g/L encontrada na literatura para outras castas (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006; Chira *et al.*, 2012). Neste trabalho os teores situam-se entre 1 e 2 g/L sendo que não parecem existir diferenças motivadas pelos diferentes critérios de análise e fertilização, conforme se pode observar pelas figuras 100 e 101.

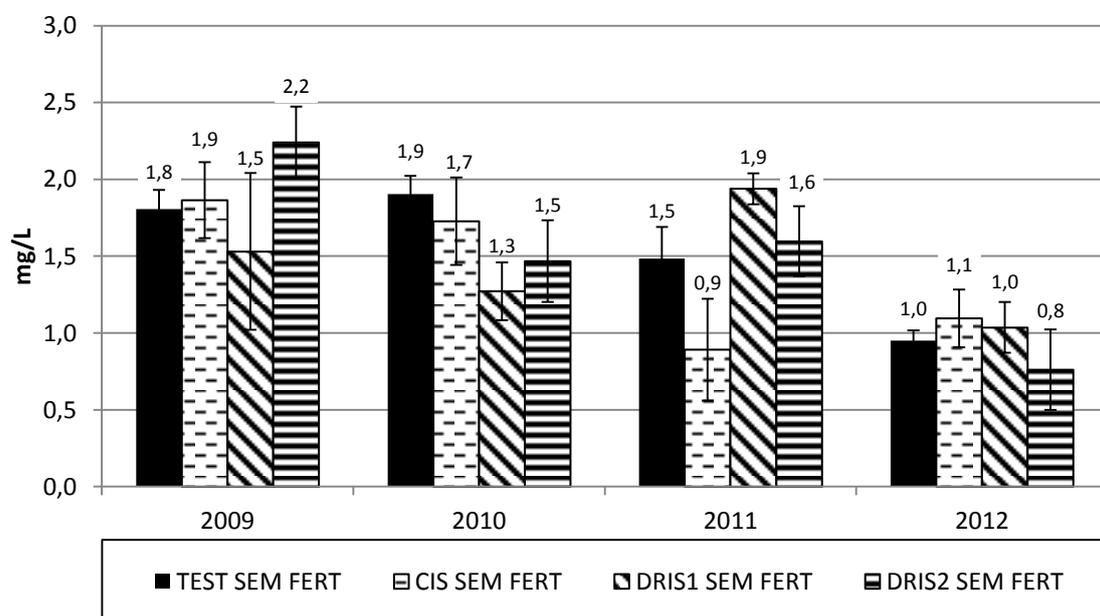


Figura 100. Teor de taninos (mg/L) nas modalidades sem fertilização ao solo, 2009 a 2012, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.

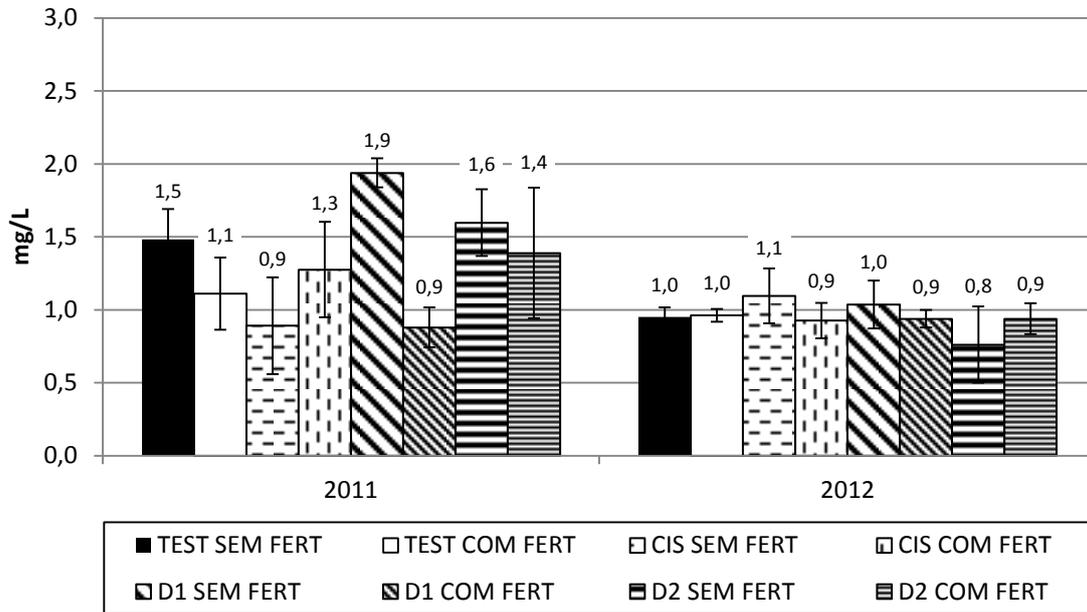


Figura 101. Teor de taninos (mg/L), 2011 e 2012, Touriga Nacional. Valor médio e respetivas barras de erro padrão da média.

IV.3. A nutrição vitícola avaliada através de técnicas de deteção remota com sensores de proximidade

1. Medições com espectrorradiómetro portátil

O espectrorradiómetro portátil permitiu a obtenção de valores de refletância de folhas de videiras selecionadas, entre os comprimentos de onda de 325 nm a 1075 nm do espectro eletromagnético. A sua representação gráfica é muito próxima do exemplo seguinte (Figura 102), registado a 22 de julho de 2011, na EVAG, no qual se encontram representadas as curvas de refletância da vegetação nas bandas do vermelho (RED) e do infravermelho próximo (NIR) para uma das folhas de videira consideradas. Cada linha corresponde a cada um dos ficheiros de refletância gravados pelo aparelho no ponto considerado.

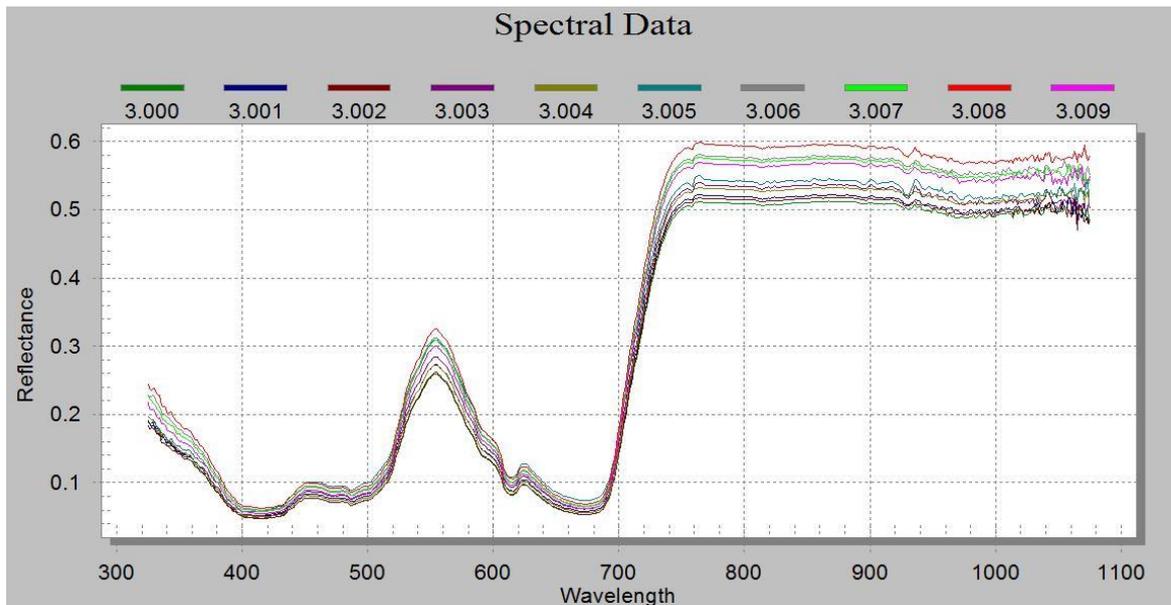


Figura 102. Exemplo do *output* gráfico resultante de medição de refletância de uma folha com recurso ao espectroradiómetro.

2. Cálculo de índices de vegetação aplicados às parcelas em análise

2.1. A Estação Vitivinícola Amândio Galhano

2.1.1. Ano 2011

No ano vitícola de 2011, a medição que teve por base o estabelecimento dos índices de vegetação para a parcela da EVAG realizou-se a 22 de julho. A partir desta, à semelhança de vários outros estudos como os de Govind *et al.* (2005), de Delalieux *et al.* (2007), de Smart *et al.* (2007), de Meggio *et al.* (2010), e de Zubilaga & Urricariet (2011), estabeleceram-se vários tipos de relações entre os referidos índices e os teores nutricionais, os resultados de potencial hídrico, o vigor e a qualidade. Todavia, de seguida apresentar-se-ão apenas os gráficos mais interessantes, os quais relacionam os índices NDVI, o GM_1 , o GM_2 e o Gitelson Chl_1 , com os valores de área foliar registados ao Pintor. Lembra-se que, no cálculo do NDVI se assume a média da refletância entre os 540 a 560 nm, como valor de infravermelho e, como infravermelho próximo, a média do comprimento de onda entre 780 a 900 nm. O índice GM_1 resulta do quociente entre as refletâncias lidas a 750 nm e a 550 nm, enquanto o GM_2 se baseia na divisão das refletâncias entre 750 nm e 700 nm. Por último o Gitelson Chl_1 é calculado a partir do produto entre o valor da refletância aos 746 nm e a subtração do inverso das refletâncias medidas aos 571 nm e 746 nm, respetivamente.

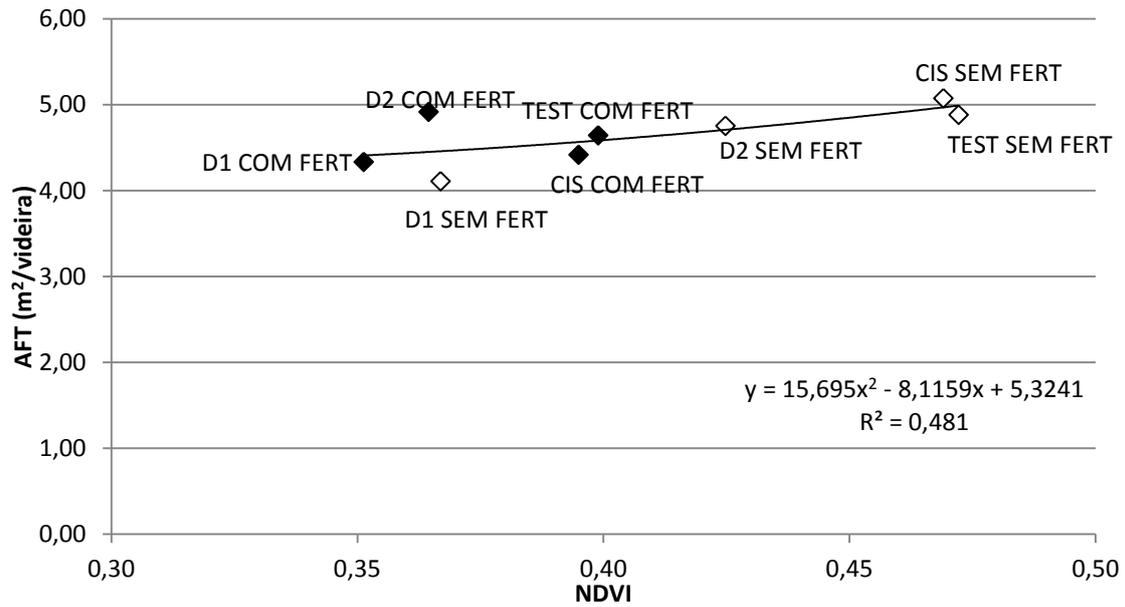


Figura 103. Relação entre os valores de NDVI e o valor de área foliar total (m²/videira), 22 de julho de 2011, Loureiro.

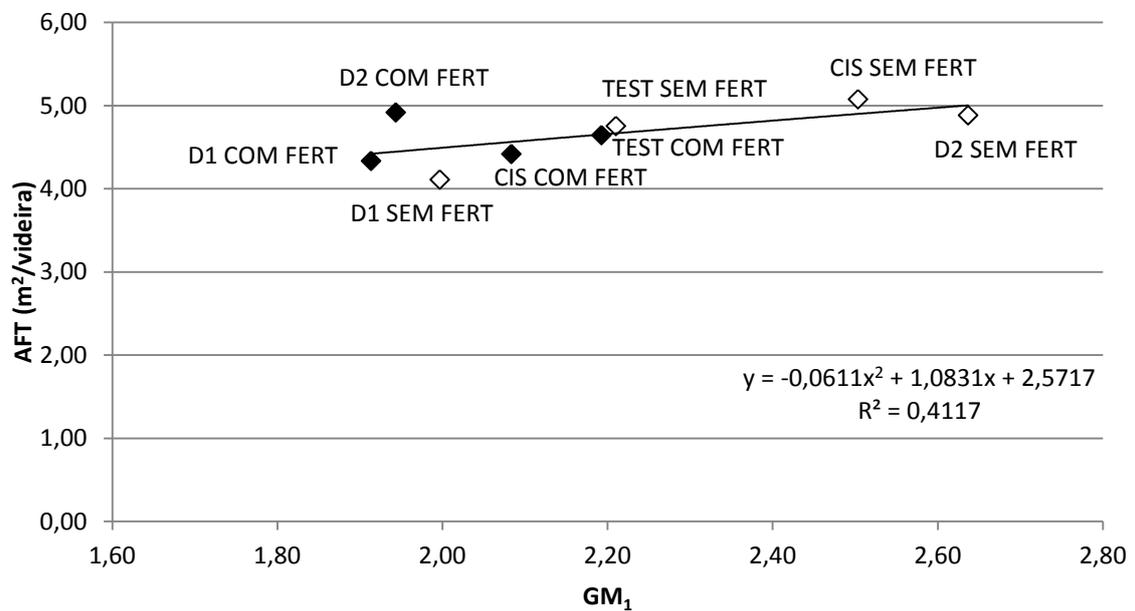


Figura 104. Relação entre os valores de GM₁ e o valor de área foliar total (m²/videira), 22 de julho de 2011, Loureiro.

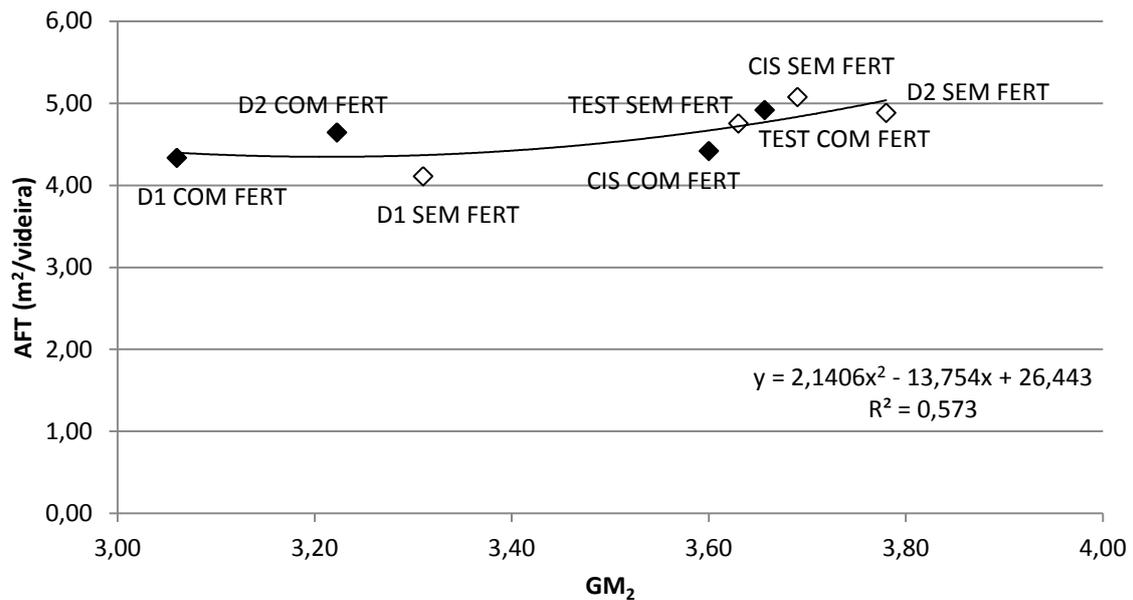


Figura 105. Relação entre os valores de GM₂ e o valor de área foliar total (m²/videira), 22 de julho de 2011, Loureiro.

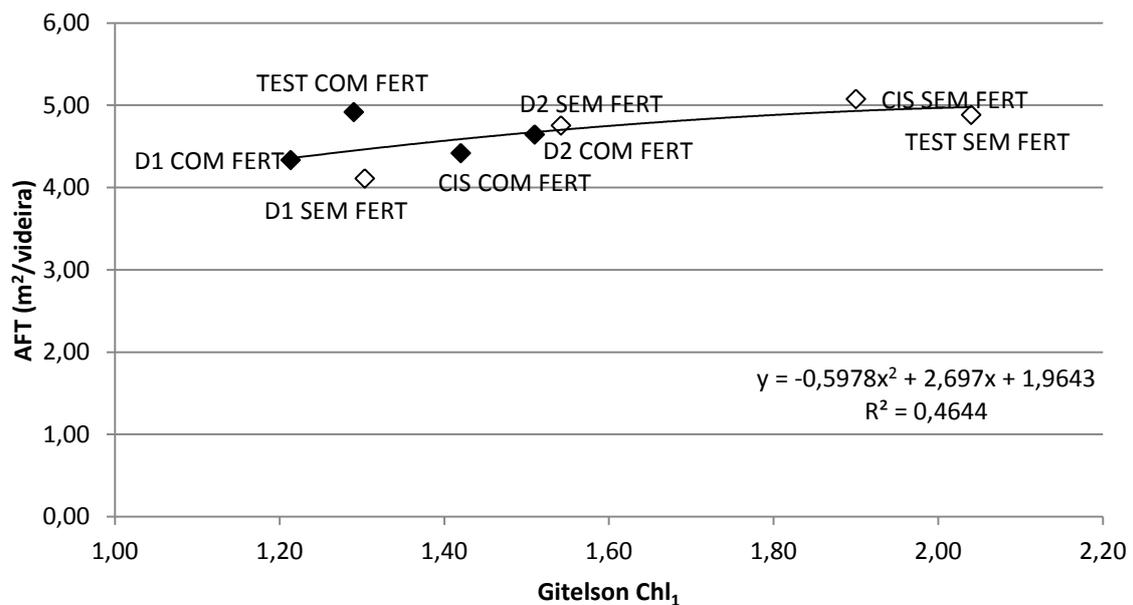


Figura 106. Relação entre os valores de Gitelson Chl₁ e o valor de área foliar total (m²/videira), 22 de julho de 2011, Loureiro.

De entre os gráficos aqui apresentados, salienta-se aquele que relaciona o NDVI com a área foliar (Figura 103), sendo este índice um dos mais difundidos bem como a sua ligação com parâmetros estruturais da sebe (Meggio *et al.*, 2010). Ainda assim, o trabalho de Haboudane *et al.* (2004), é aquele que mais se assemelha a esta análise, uma vez que faz uso de índices de vegetação (entre os quais, o NDVI), para estudar a predição do índice de área foliar em culturas como o milho, o trigo, ou a soja. De igual

modo, Dobrowski *et al.* (2002), estudaram o NDVI aplicando-o a parâmetros de densidade da sebe de vinhas.

Analisando a distribuição espacial das modalidades estudadas, em qualquer um dos gráficos acima apresentados, referentes ao ano de 2011, é notório o posicionamento do tratamento DRIS 1 SEM FERT entre os tratamentos com fertilização ao solo. Tal facto sugere que o modelo de Beaufils (1973), é superior a todas as outras modalidades, desde que se considerem apenas os tratamentos sem fertilização adicional ao solo. Se, pelo contrário, for ponderada essa adubação (caso das modalidades COM FERT), o DRIS 1 COM FERT surge como o melhor tratamento. Além disso, constata-se que, para qualquer um dos índices de vegetação considerados, às áreas foliares das modalidades tidas como nutricionalmente mais equilibradas parecem corresponder valores menores desses mesmos índices, sugerindo a possibilidade do uso de índices de vegetação como forma de determinar a área foliar de videiras.

2.1.2. Ano 2012

Em 2012, na EVAG, as medições do espectrorradiómetro foram efetuadas a 11 de julho, anteriores em cerca de um mês ao período do Pintor. Talvez por isso, os resultados obtidos para os mesmos índices selecionados no ano vitícola de 2011 não se tenham mostrado tão interessantes.

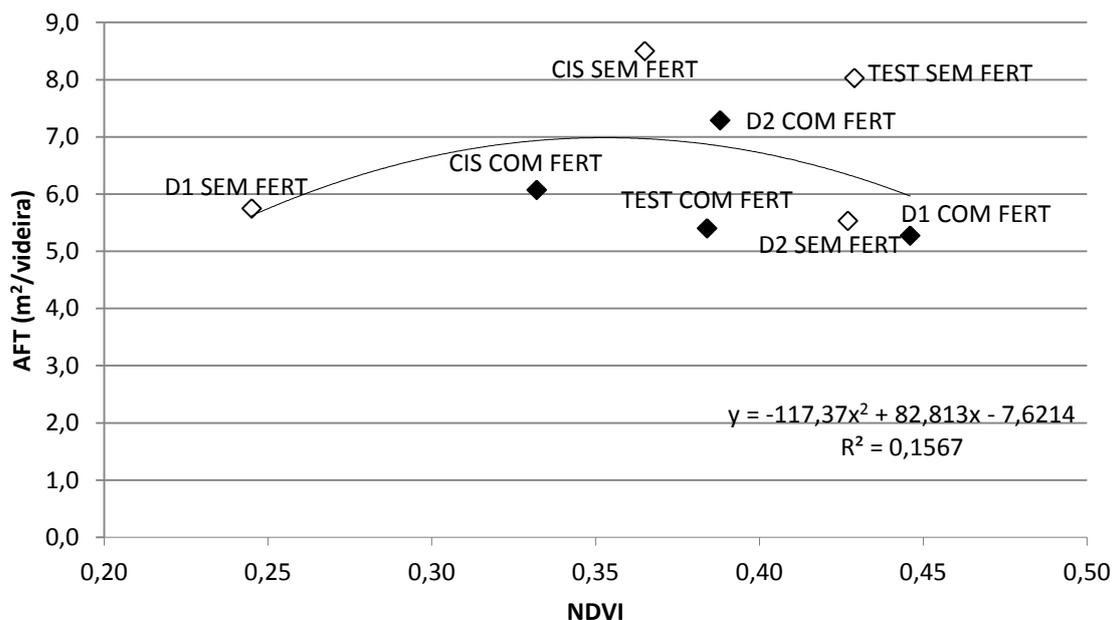


Figura 107. Relação entre os valores de NDVI e o valor de área foliar total (m²/videira), 11 de julho de 2012, Loureiro.

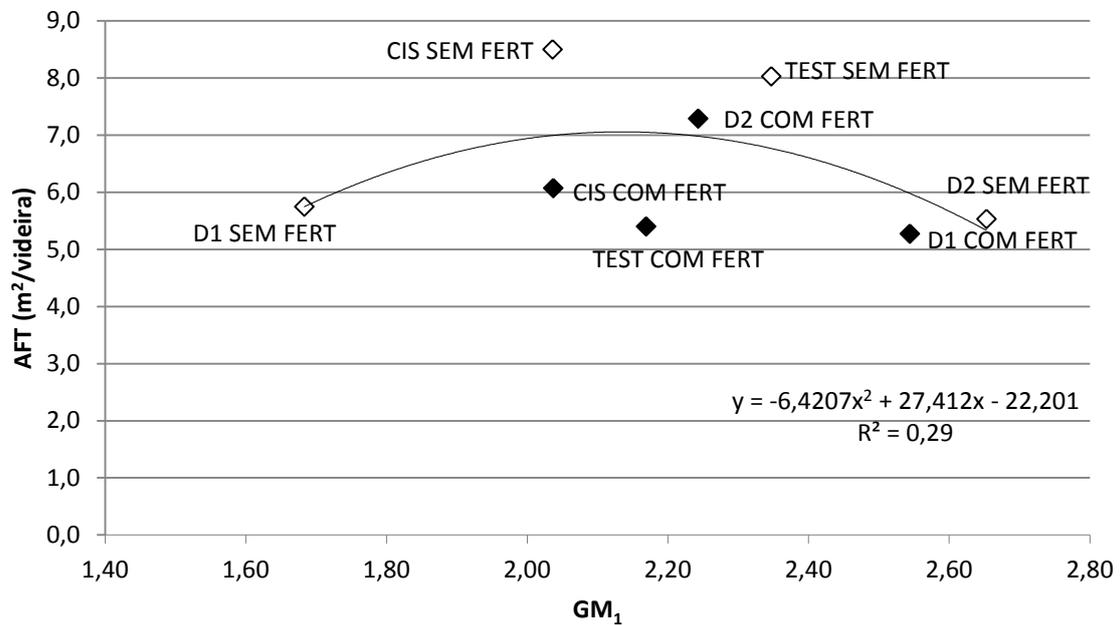


Figura 108. Relação entre os valores de GM_1 e o valor de área foliar total ($m^2/videira$), 11 de julho de 2012, Loureiro.

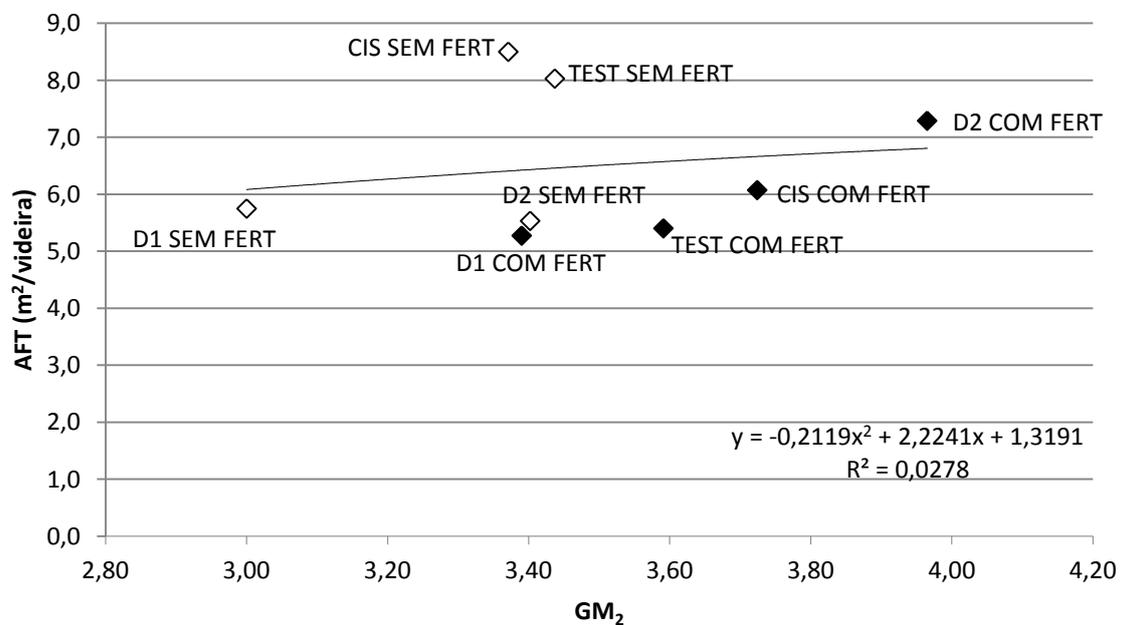


Figura 109. Relação entre os valores de GM_2 e o valor de área foliar total ($m^2/videira$), 11 de julho de 2012, Loureiro.

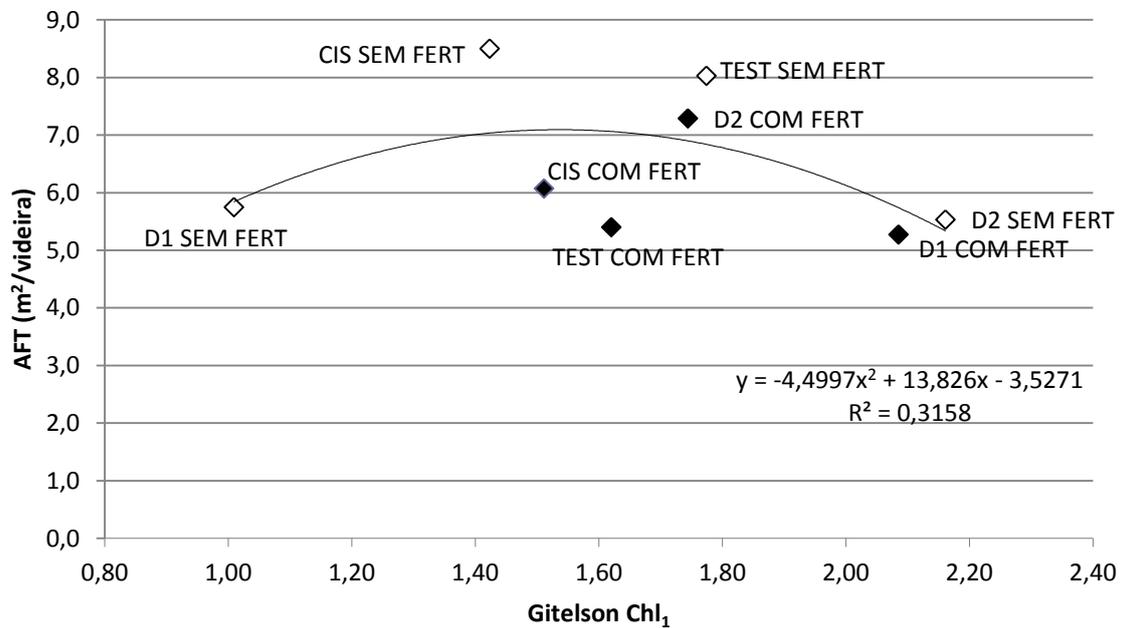


Figura 110. Relação entre os valores de Gitelson Chl₁ o valor de área foliar total (m²/videira), 11 de julho de 2012, Loureiro.

Conforme referido previamente, os gráficos apresentados nas figuras 107 a 110, não evidenciam qualquer comportamento tipo das modalidades observadas. A juntar a isso, mencionam-se os reduzidos índices de determinação (R^2) encontrados. Tal facto poderá ser explicado pelo desfasamento de um mês entre as duas colheitas de dados realizadas (área foliar e deteção remota), o que impossibilitou qualquer comparação válida entre as duas variáveis. Todavia, sublinha-se que, lamentavelmente, devido a condições meteorológicas adversas e ainda à falta de ajudantes de campo, nem sempre foi possível realizar, sempre que necessário, a colheita de dados com o espectrorradiómetro.

2.2. A Quinta de São Luiz

2.2.1. Ano 2011

No ano de 2011, na parcela de Touriga Nacional, as medições com o espectrorradiómetro foram realizadas a 22 de junho, coincidindo com a colheita de folhas realizada 20 dias após a fertilização foliar. Seguidamente, apresentam-se alguns dos gráficos mais interessantes, que relacionam os índices de vegetação com os teores em fósforo (%) encontrados nas folhas. Salienta-se ainda que, no caso da Quinta de S. Luiz, em substituição do índice de vegetação GM_2 , apresenta-se o GVI, cujo valor resulta do quociente entre as refletâncias lidas aos 554 nm e aos 677 nm. A decisão das comparações selecionadas teve a sua origem essencialmente nos trabalhos de Govind *et al.* (2005), os quais estabeleceram relações entre os teores de azoto do trigo e certos índices de vegetação, e de Smart *et al.* (2007), que relacionaram a concentração em potássio de folhas de videira com o NDVI, ou ainda de Delalieux *et al.* (2007), ao compararem os índices de árvores deficientes em ferro com os respetivos valores de clorofila.

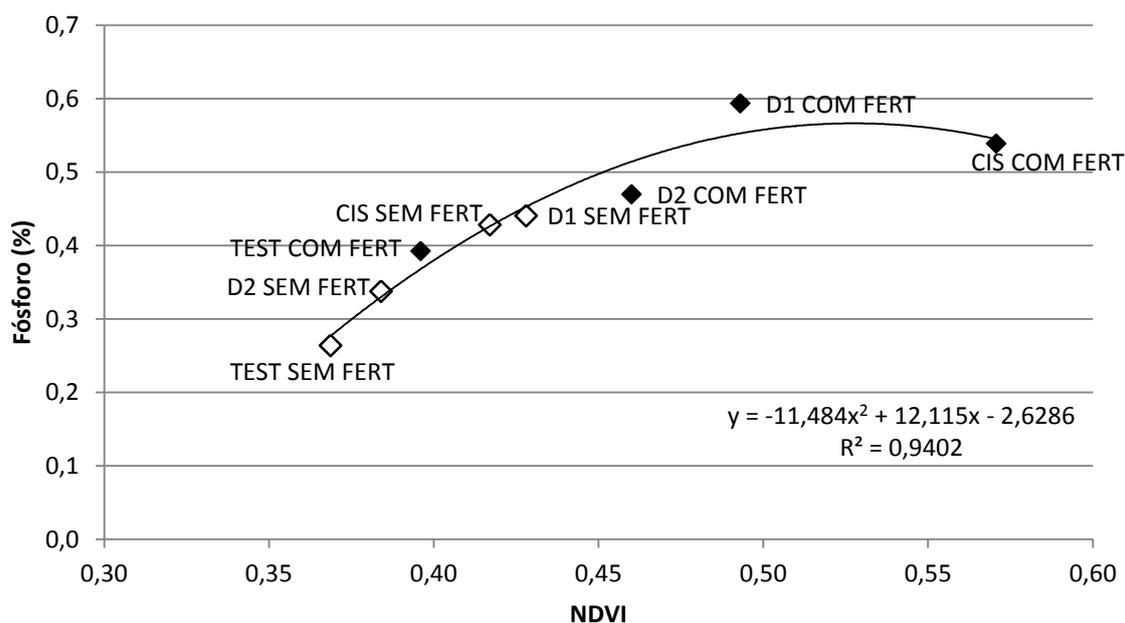


Figura 111. Relação entre os valores de NDVI e o teor em fósforo (%), 22 de junho de 2011, Touriga Nacional.

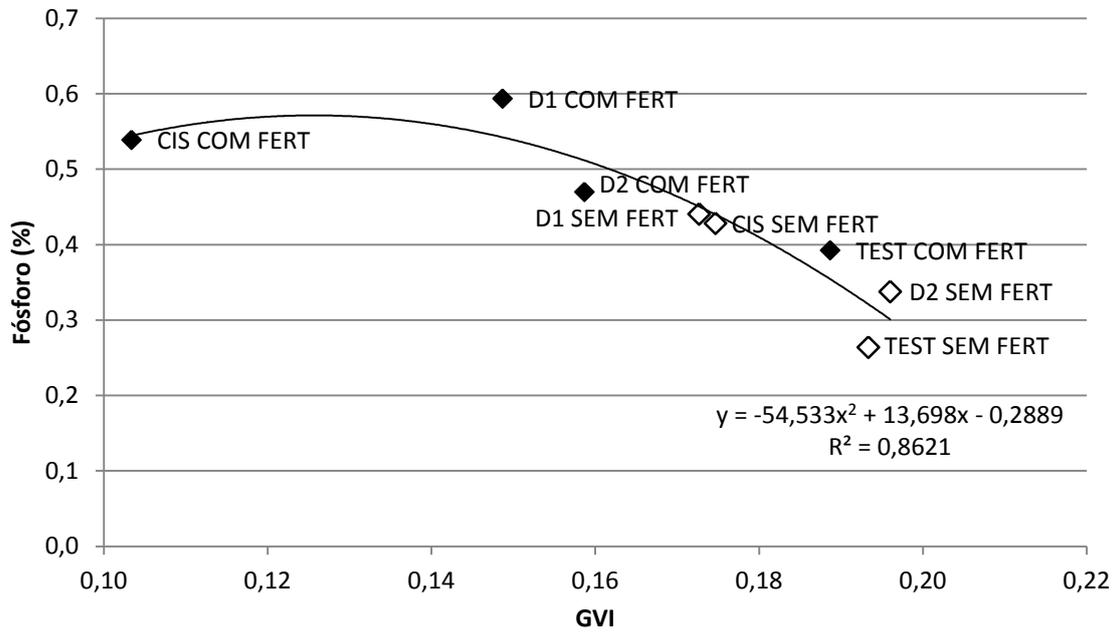


Figura 112. Relação entre os valores de GVI e o teor em fósforo (%), 22 de junho de 2011, Touriga Nacional.

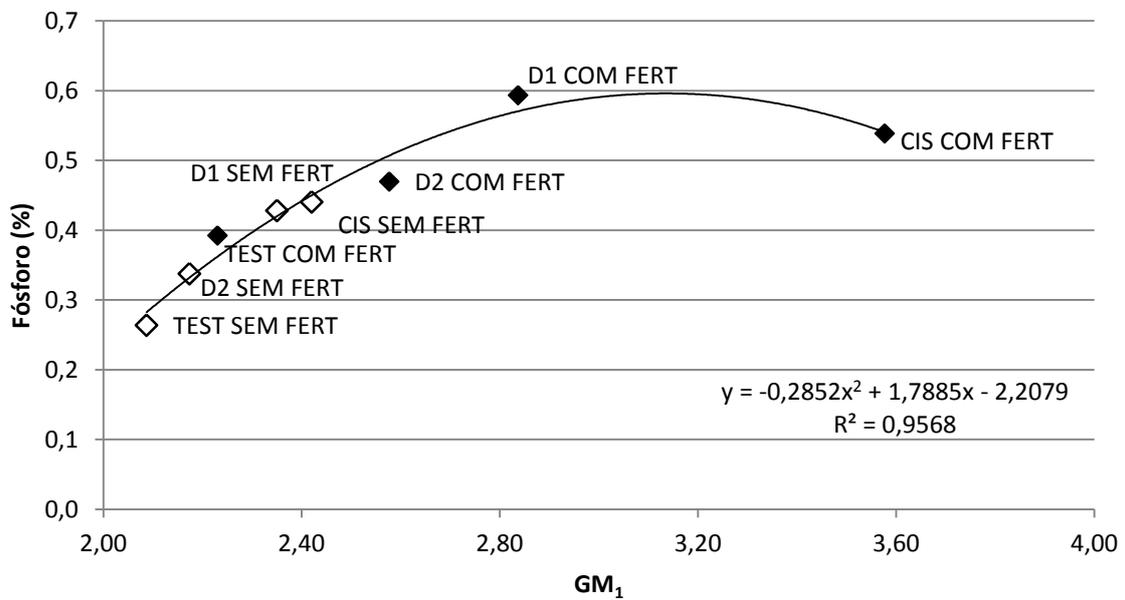


Figura 113. Relação entre os valores de GM₁ e o teor em fósforo (%), 22 de junho de 2011, Touriga Nacional.

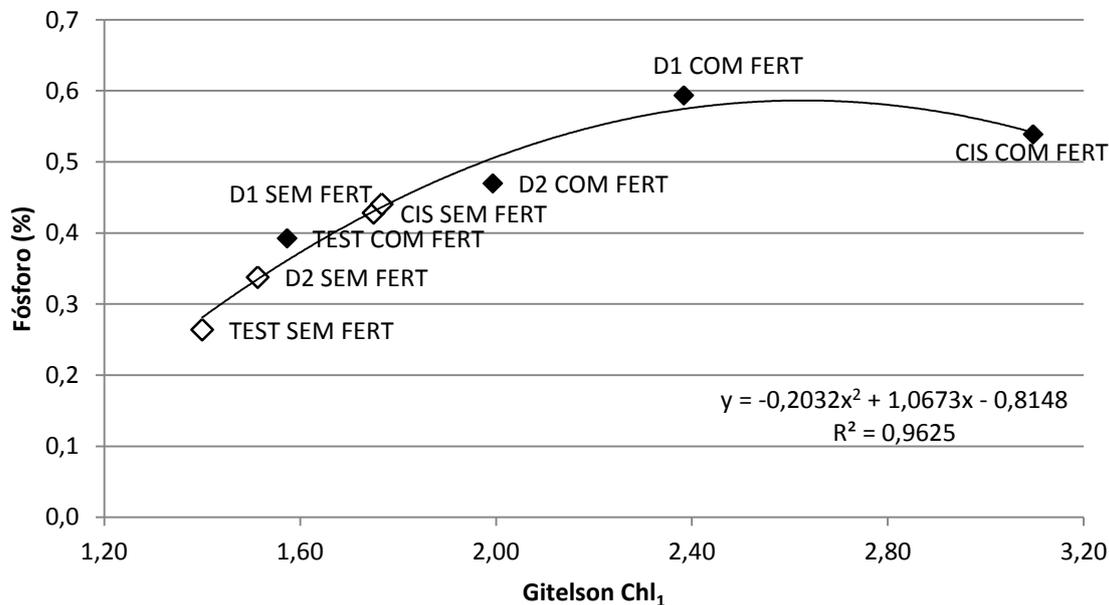


Figura 114. Relação entre os valores de Gitelson Chl₁ e o teor em fósforo (%), 22 de junho de 2011, Touriga Nacional.

Nos gráficos anteriores observa-se uma elevada associação entre os teores de fósforo e os valores de refletância obtidos para os índices apresentados. Em todos eles se verifica que a TEST SEM FERT é o tratamento com valor mais baixo e o D1 COM FERT o mais alto, havendo, geralmente, um ponto de inflexão no gráfico a partir do qual surge o CIS COM FERT. Consta-se igualmente que a TEST COM FERT se posiciona entre as modalidades sem fertilização ao solo, sugerindo que a adubação ao solo não é suficiente para destacar esta modalidade em relação aos tratamentos sem fertilização ao solo. Os resultados sugerem ainda que a percentagem de fósforo encontrada nas análises foliares é diretamente proporcional ao aumento do valor de índices como o NDVI, o GM₁ ou o Gitelson Chl₁, constituindo exceção o GVI, cuja tendência é inversa. Todavia, verifica-se a existência de um ponto de inflexão, a partir do qual o teor de fósforo diminui, ainda que o índice de vegetação continue a aumentar. A confirmar-se tal relação entre o teor em fósforo e o padrão de refletância das videiras, estes índices poderão, futuramente, ser aplicados como uma forma expedita e não destrutiva, de deteção precoce de eventuais desequilíbrios nutricionais atribuídos a este elemento.

2.2.2. Ano 2012

Em 2012, a colheita de dados com o espectrorradiómetro foi realizada a 30 de Maio, altura da Floração, o que explica que, para os mesmos índices seleccionados em 2011, não se encontre nem o mesmo padrão comportamental nem semelhantes valores de coeficientes de determinação, conforme se poderá constatar pela análise dos gráficos a seguir representados nas figuras 115 a 118.

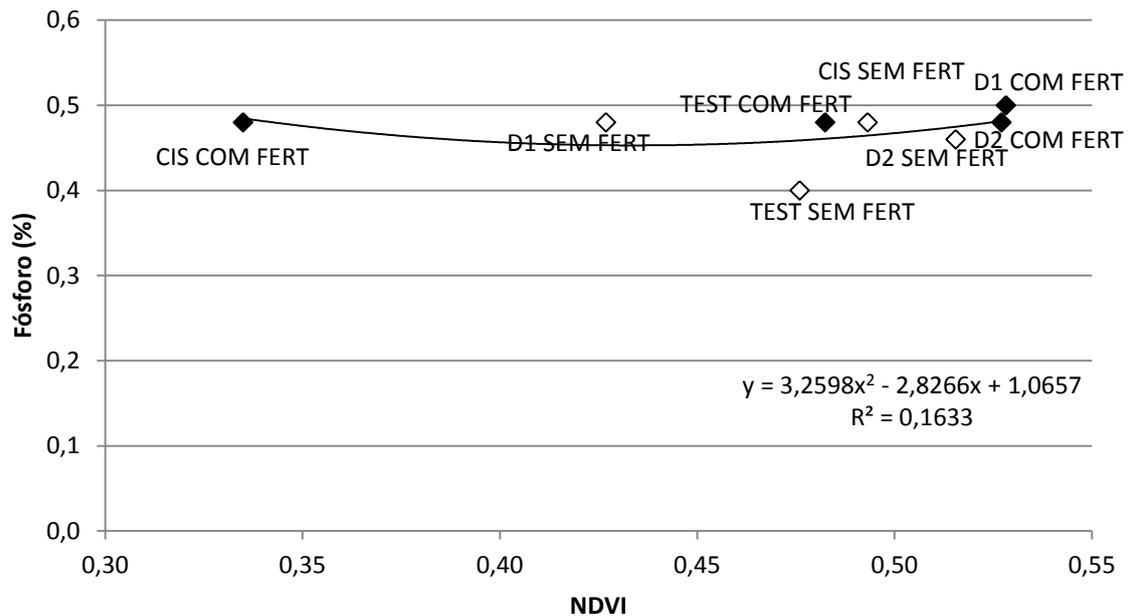


Figura 115. Relação entre os valores de NDVI e o teor em fósforo (%), 30 de maio de 2012, Touriga Nacional.

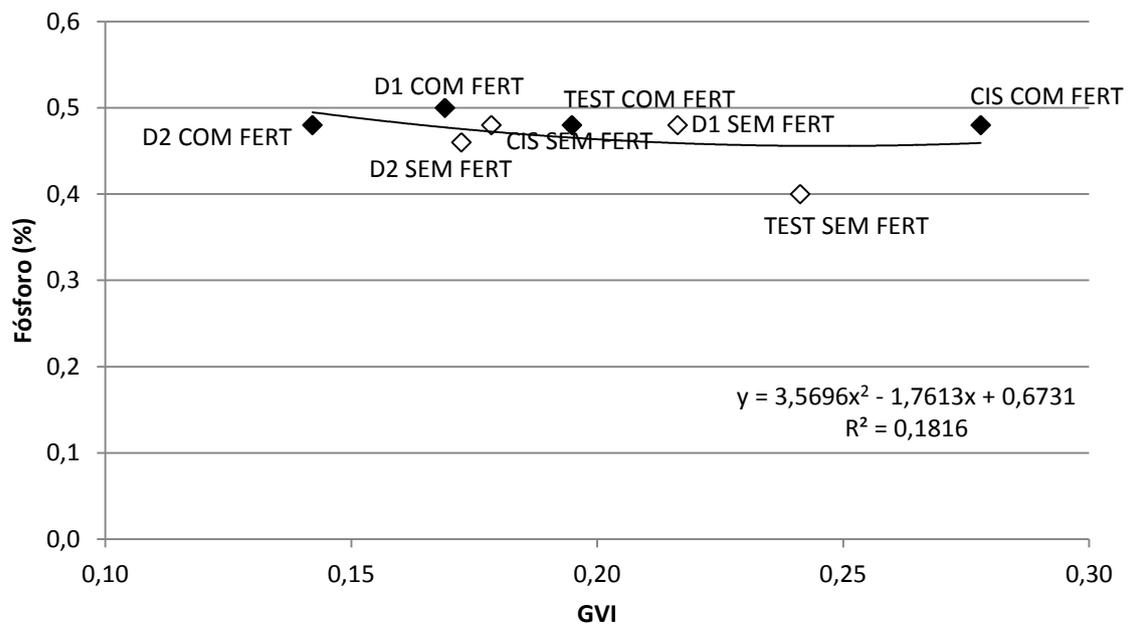


Figura 116. Relação entre os valores de GVI e o teor em fósforo (%), 30 de maio de 2012, Touriga Nacional.

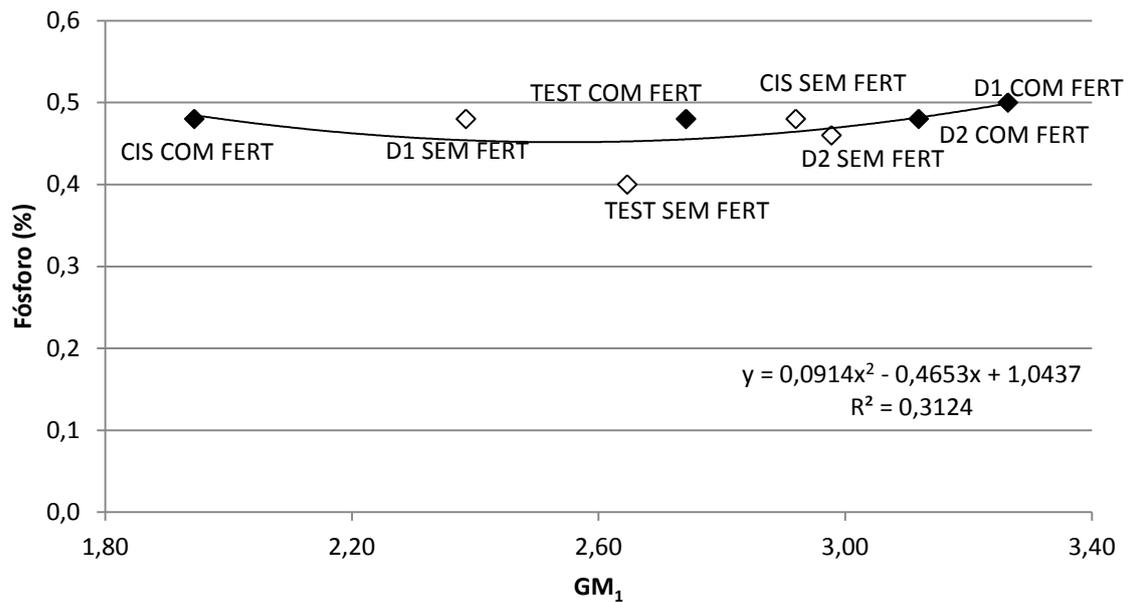


Figura 117. Relação entre os valores de GM₁ e o teor em fósforo (%), 30 de maio de 2012, Touriga Nacional.

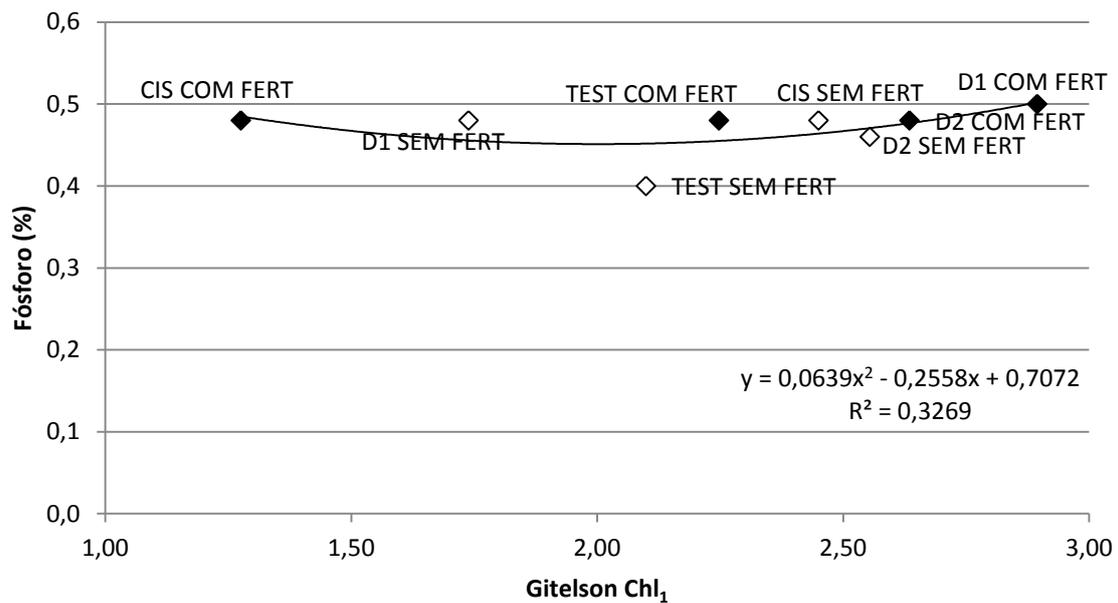


Figura 118. Relação entre os valores de Gitelson Chl₁ e o teor em fósforo (%), 30 de maio de 2012, Touriga Nacional.

Neste caso, observa-se que a escolha e seleção dos índices estudados é sensível aos estados fenológicos da videira. Por essa razão, os resultados obtidos no ano de 2011, os quais relacionam certos índices de vegetação com os teores nutricionais das folhas aos 20 dias após a fertilização foliar, não são comparáveis com os do ano de 2012, ano em que esses mesmos índices são justapostos aos resultados

das análises foliares à época da Floração. Além desse facto, é sabido que os sintomas de deficiência nutricionais são de difícil relação com os índices de vegetação daí Smart *et al.* (2007), terem concluído nos seus trabalhos sobre pesquisa de vinhas com deficiência em potássio que são escassos os índices diretamente relacionáveis com essa deficiência. E se, ainda no caso concreto de aplicação a vinhas, por exemplo, Martin *et al.* (2007), chegaram à conclusão que o índice TCARI/OSAVI permitia estabelecer a relação entre o conteúdo de clorofila e a deteção de clorose férrica, já Meggio *et al.* (2010), comprovaram que a clorose férrica deverá ser relacionada com outro tipo de índices, como o Gitelson-Car₂ e o Gitelson-Anth. Estes factos corroboram, uma vez mais, a dificuldade em associar índices de vegetação a desvios nutricionais.

V. Conclusões e Perspetivas

Após a prossecução de todos os objetivos que foram propostos no início do trabalho e da exposição, no capítulo precedente, dos resultados obtidos, segue-se uma síntese global do trabalho desenvolvido.

Como conclusão geral do estudo efetuado, refira-se, numa primeira fase, a obtenção de relações nutricionais sob a forma de normas, ainda que provisórias, que permitem a aplicação da metodologia DRIS à cultura da vinha em Portugal continental. Este constituiu um dos avanços científicos deste trabalho, já que as normas DRIS publicadas para esta cultura são escassas, discordantes e não contemplam frequentemente o fator qualidade que, nesta cultura, é de capital importância. Todavia, considerando os resultados obtidos, bem como a opinião de alguns autores que

defendem a adequação destas relações de referência a condicionalismos regionais, a aplicação das normas publicadas a todas as condições de Portugal continental deve ser realizada com as devidas reservas. Deste modo, lembra-se que a variabilidade existente no nosso país, – quer em termos de fatores selecionados pelo produtor tais como castas, porta-enxertos, sistemas de condução ou ainda o tipo de vinho que pretende produzir, ... ; ou referentes a variáveis impostas pela própria região ou parcela, respeitantes a condições edafológicas ou climáticas – é suficiente para espelhar a disparidade de produções médias por hectare registadas a nível nacional. No entanto, recorda-se que uma parcela de vinha em Portugal produz, em média, 5 toneladas por hectare. Tal situação leva-nos a acreditar que as normas DRIS seriam muito mais fidedignas caso as populações de referência fossem estabelecidas região a região fixando, para a sua seleção, o maior número possível de variáveis discriminantes.

Um outro aspeto a ter em conta no estabelecimento e cálculo dos índices DRIS reside na escolha dos nutrientes a usar. Neste trabalho, provou-se que os índices DRIS variam consideravelmente consoante os nutrientes contemplados nos cálculos. Por essa razão, aconselha-se que a escolha destes seja o mais criteriosa possível, evitando considerar nutrientes em níveis que traduzam situações de contaminação. Ainda assim, a opção de exclusão de tais elementos poderá ser apontada como uma abordagem redutora desta metodologia.

A par das relações nutricionais estabelecidas, refira-se o *software* de recomendação de fertilização do DRIS que foi desenvolvido ao longo dos vários anos deste trabalho. A criação desta ferramenta informática veio simplificar o grande número de cálculos necessários ao emprego da metodologia DRIS. Ademais, a sua versatilidade na opção de diversas metodologias e na seleção dos padrões nutricionais a usar, permite que o utilizador tenha um papel ativo no cálculo dos índices DRIS, podendo intervir em várias etapas do processo.

Por fim, confrontaram-se as metodologias DRIS e CIS, e constatou-se que os métodos não concordam, frequentemente, entre si na classificação do estado nutricional da cultura. Por conseguinte, apesar das elevadas potencialidades do Sistema DRIS, visto não estar ainda implementado e testado a nível nacional, este não deverá ser usado como método exclusivo de interpretação. Assim, é fundamental a sua associação a outros métodos de interpretação, tais como o Critério de Intervalos de Suficiência, no sentido de acrescentar informação complementar relevante na avaliação do estado nutricional da cultura. Por outro lado, salienta-se que, na aplicação dos resultados do diagnóstico nutricional, a metodologia selecionada não dá

indicação de como proceder na fertilização, devendo esta questão ser devidamente enquadrada, reunindo para tal, o maior número de informação. Corroborando as afirmações de Beverly *et al.* (1984), que afirma ser preferível que as recomendações de fertilização não sejam apenas baseadas na análise de tecidos, por si só, defende-se que informações como as resultantes da análise de terra, práticas culturais, ou mesmo a experiência na condução da cultura deverão ser contempladas aquando do planeamento da fertilização.

Quanto aos resultados obtidos durante a análise do estado de nutrição, verificou-se que, em relação aos resultados das amostras de folhas, na TEST, em ambas as parcelas, a evolução dos nutrientes ao longo do tempo segue as mesmas tendências descritas por vários autores. A interpretação dos resultados foliares pelo CIS é efetuada segundo os valores limite publicados para a vinha e referentes à época de plena floração. Ao averiguar os resultados da aplicação dos métodos DRIS aos valores da análise foliar, mais uma vez, se dá razão a estudos já apresentados que relatam a flutuação importante dos índices DRIS no decorrer de um ciclo vegetativo, sugerindo que as normas DRIS sejam definidas para um ou vários estágios fenológicos específicos de interesse embora, nesse caso, se perca a independência do período de amostragem, que é uma das grandes vantagens teóricas do DRIS. Ainda a respeito da interpretação dos resultados segundo o método DRIS é, no entanto, visível a diminuição do IBN ao longo do ensaio, em ambas as parcelas, sugerindo a melhoria da situação nutricional das vinhas, – sendo este comportamento mais marcado na vinha da Região Demarcada do Douro com resultados ligeiramente superiores pela aplicação da metodologia DRIS 1. As condições experimentais distintas das parcelas intervenientes neste ensaio permitiram realçar o diferente comportamento da fertilização perante tais fatores de variabilidade.

Analisando, numa perspetiva global, as fertilizações foliares efetuadas, nas duas parcelas, ao longo dos quatro anos deste ensaio, é notória a reduzida ou até a ausência de resposta, em relação a muitos dos nutrientes aplicados. Tal resultado está intimamente relacionado com uma grande diversidade de fatores. Num primeiro ponto, refira-se a ocorrência de precipitação no período pós-aplicações foliares, a qual condiciona as taxas de absorção de nutrientes, especialmente as daqueles que mais tempo demoram a ser absorvidos, tais como o fósforo ou o ferro. Em segundo lugar, as situações de *stress* hídrico verificadas durante este período são também importantes, uma vez que a videira, nesse estado, não é capaz de absorver de um modo eficaz os nutrientes que lhe são fornecidos. Ainda assim, parece ressaltar a

ideia de que as doses de nutrientes aplicadas por via foliar foram, globalmente, desajustadas. A apoiar esta conclusão, observe-se que os diferentes sistemas de diagnóstico não conduziram a produções mais elevadas do que as obtidas na TEST. Por outro lado verifica-se que, por norma, quando se analisa o efeito da fertilização de um macronutriente, se verifica uma recuperação ligeira e pontual da sua concentração. No caso dos micronutrientes esse efeito não é tão visível embora as oscilações frequentes nas suas concentrações não permitam a correta apreciação dos resultados. Refira-se, no entanto que, além de se considerar os resultados das análises de terra e de folhas no planeamento das fertilizações foliares, foram também respeitadas as doses máximas indicadas no rótulo dos produtos comerciais utilizados. Tal facto, leva-nos a concluir que, à semelhança do proposto por vários autores, se deveria ter equacionado a aplicação faseada dos nutrientes, permitindo a sua distribuição no tempo, nas fases mais críticas do desenvolvimento da planta, de acordo com a intensidade da carência. Todavia, a hipótese de prolongar as fertilizações foliares ao longo do ciclo vegetativo da videira também não se mostrou uma alternativa interessante, uma vez que tais aplicações se iriam estender por demasiado tempo, não sendo realizadas durante as épocas de maiores necessidades nutricionais, definidas pela bibliografia. Além disso, tendo em conta o objetivo da tese, no qual se pretendia avaliar diferentes metodologias de análise do estado nutritivo da vinha, validando as mesmas através da fertilização efetuada com base nos distintos métodos, não se julgou pertinente o recurso à fertilização ao solo já que se entendeu que o efeito da aplicação dos nutrientes ao solo seria mais demorado. Ainda assim, não deverá ser esquecida a importância da fertilização ao solo como método preferencial e eficiente no fornecimento dos nutrientes às plantas, já que a fertilização foliar é, normalmente, encarada como uma alternativa suplementar, cujo efeito é rápido, embora temporário. Por último, convém ter presente que as reservas existentes nos órgãos da planta e a sua demanda para pontos de consumo são passíveis de modificar as concentrações de nutrientes nas folhas, independentemente da sua ocorrência no solo ou das fertilizações efetuadas na altura.

Caracterizando os anos de ensaio em relação à disponibilidade hídrica, de um modo geral, a casta Loureiro não revelou grandes carências, excetuando-se alguns casos pontuais de escaldão. Por sua vez, na Região Demarcada do Douro, como resultado das condições climáticas que lhe são características, comprovou-se uma redução das disponibilidades hídricas durante o ciclo vegetativo, mais acentuada à Maturação. As modalidades de Touriga Nacional que foram fertilizadas apresentaram menor *stress* hídrico do que as restantes.

Apreciando em pormenor os parâmetros que nos propusemos estudar, no caso da caracterização do coberto vegetal (área foliar total, superfície foliar exposta e número de camadas de folhas e de cachos expostos), assinalam-se sempre as diferenças estatisticamente comprovadas em relação ao efeito ano. Pontualmente, na Quinta de S. Luiz, na medição da área foliar à Maturação, a sub-modalidade adubada revela ser superior à não fertilizada. Também na mesma parcela, quando nos referimos à superfície foliar exposta, há a relatar o efeito da interação entre o tratamento e o ano e entre as sub-modalidades consideradas. A respeito do número de camadas de folhas e de cachos expostos, no caso da EVAG, a percentagem de buracos registada ao nível da vegetação permite uma distinção clara entre as sub-modalidades criadas. Em S. Luiz, refira-se o efeito marcado dos anos e a capacidade da sub-modalidade fertilizada em atingir valores maiores em relação àquela que não foi adubada.

Relativamente ao índice de fertilidade potencial, nem a EVAG nem a Quinta de S. Luiz apresentam qualquer diferença em relação às modalidades e sub-modalidades estudadas. No que diz respeito aos componentes da vindima, ao vigor e às relações entre a frutificação e a vegetação, a EVAG continua a não apresentar qualquer diferença, além da anual. Já a Quinta de S. Luiz revela interações em relação ao peso médio das varas quando contemplados os efeitos tratamento e ano, para as sub-modalidades sem fertilização ao solo. As videiras que foram adubadas apresentam valores de peso médio do cacho e de peso da lenha da poda superiores às restantes. Em ambas as situações, não se verifica qualquer impacto na produção que possa estar diretamente relacionado com as modalidades de fertilização estudadas. Para as relações entre a frutificação e a vegetação, na Quinta de S. Luiz, o Índice de Ravaz é o melhor indicador, na medida em que permite distinguir o efeito da interação entre o tratamento e o ano, sendo que em 2011, o DRIS 1 se revela estatisticamente diferente dos outros tratamentos. Encontram-se ainda diferenças entre as sub-modalidades testadas, uma vez que as videiras com fertilização ao solo apresentam valores superiores.

Em termos qualitativos, as poucas diferenças entre as modalidades e as sub-modalidades, observadas no decorrer do controlo de maturação, são anuladas à vindima, não se verificando diferenças estatísticas.

Observando o efeito dos anos, conclui-se que as videiras selecionadas na Quinta de S. Luiz revelavam em 2009 uma debilidade marcada a vários níveis. Um dos problemas principais da parcela assenta na combinação do tipo de casta com a

exposição solar em condições climáticas adversas, tendo como resultado uma desfolha precoce das videiras, essencialmente ao nível dos cachos. A queda das folhas, que no ano de 2010 foi ainda mais significativa, determina a exposição dos cachos existentes, o que resulta em quebras de produção e de vigor das plantas. No ano de 2011, mas principalmente em 2012, a aplicação de um tratamento protetor das videiras melhorou substancialmente este problema. Na EVAG, o ano de 2010 foi também aquele em que a vinha revelou estar mais debilitada, a que correspondem um desenvolvimento vegetativo e uma produção levemente inferiores. O ano seguinte foi mais precoce, graças essencialmente a fatores climáticos, resultando na antecipação apreciável da data de vindima. Apesar de 2012 ter sido o ano em que a esca se manifestou de modo mais notável nas videiras do ensaio, resultando inclusive na morte de algumas videiras por apoplexia, importa lembrar que este complexo de doenças já estaria presente em anos antecedentes e que, mesmo não sendo facilmente detetável, poderia estar já a condicionar o comportamento e rendimento das videiras, nomeadamente no que respeita aos parâmetros avaliados neste trabalho.

Na última secção deste trabalho, analisaram-se os índices de vegetação obtidos através de medições que recorreram a técnicas de deteção remota com sensores de proximidade. Nas duas parcelas selecionadas, pretendeu-se demonstrar que é possível, para cada uma das modalidades e sub-modalidades indicadas, o estabelecimento de relações importantes entre os próprios índices e os teores de fósforo, bem como os valores de área foliar total. Todavia, para que estes sejam adotados como medida de monitorização dos referidos parâmetros, convirá, segundo sugerem os resultados, que as medições sejam efetuadas em períodos pré-definidos, o que não foi possível neste trabalho dado os impedimentos já enumerados. De todos os índices de vegetação, aquele que mais vantagens trará na sua aplicação futura é o NDVI na medida em que relaciona valores recolhidos no campo, que poderão ser adquiridos também por satélite. A confirmar-se esta possibilidade, seriam ultrapassadas as limitações do trabalho de campo, as restrições de tempo e de recursos humanos ou ainda os custos a nível analítico que este tipo de colheita de dados envolve.

Apesar dos avanços técnico-científicos desenvolvidos na temática da fertilização de culturas perenes tendo por base o sistema DRIS, os resultados alcançados estão ainda aquém das expectativas. O valor das normas DRIS teria sido seguramente outro, caso a informação sobre esta temática se encontrasse mais aprofundada e não tivéssemos sido confrontados com as limitações já aqui observadas. De futuro, no sentido de melhorar a sua aplicabilidade à cultura da vinha,

a continuação do ensaio, o aperfeiçoamento e o refinamento da metodologia estudada e a diminuição do erro experimental serão importantes. Refiram-se as observações de Maeda *et al.* (2003), ao defenderem que o desenvolvimento e a utilização do DRIS deverá ser abordado como um processo dinâmico que necessita de ter a sua base de dados constantemente ampliada e os valores de referência necessariamente avaliados para uma maior eficácia no diagnóstico nutricional. Uma outra lacuna prende-se com a falta de concordância de trabalhos de investigação que estimem com precisão a taxa de absorção dos nutrientes pela planta em condições reais já que, apesar deste sistema fornecer a base para determinar quais os nutrientes que poderão estar a limitar o rendimento, os índices DRIS não dão indicação da probabilidade de resposta do rendimento à aplicação do nutriente.

Em jeito de conclusão menciona-se que no panorama da agricultura contemporânea, há ainda um longo caminho a percorrer no que concerne à nutrição das plantas e à fertilização ao solo. Futuramente, o desafio tem por base o aumento da produção mundial aliada a uma eficiente gestão dos recursos, situação que deverá passar pelo estudo e desenvolvimento de novas metodologias de análise e interpretação nutricional, tal como proposto neste trabalho.

Bibliografia

- AGVISE Laboratories, s.d.. *Interpreting plant analysis reports*, 8 p. Northwood, North Dakota.
- Albayrak, S., 2008. Use of reflectance measurements for the detection of N, P, K, ADF and NDF contents in sainfoin pasture. *Sensors*, **8**, 7275 - 7286.
- Almeida, N., 1990/98. *As castas do Douro em Enciclopédia dos vinhos de Portugal*, 109 p. Chaves Ferreira, Lisboa.
- Alves, M., 1997. *Estudo comparativo da aplicação de alguns métodos de diagnóstico do estado de nutrição das plantas cultivadas. Caso da pereira (Pyrus communis L.) cultivar Rocha*. 206 p. Tese de Doutoramento, Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa.
- Armada, N., 1990. *Caracterização do solos da Estação Vitivinícola "Amândio Galhano" e a sua relação com a vinha*, 49 p. Relatório final de estágio, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- Baldock, J. & Schulte, E. 1996. Plant analysis with standardized scores combines DRIS and sufficiency range approaches for corn. *Agronomy Journal*, **88**, 448 - 456.

- Barbosa, P., 2002. *Influência da época de poda, da carga e da despona nas relações rendimento qualidade na casta Touriga Nacional*, 61 p. Relatório final de estágio, Secção Autónoma de Ciências Agrárias da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.
- Barnes, J., 1992. A reappraisal of the use of DMSO for the extraction and determination of chlorophylls a and b in lichens and higher plants. *Environmental Experimental Botany*, **2**, 85 - 100.
- Basayigit, L., Albayrak, S. & Senol, H., 2009. Analysis of VNIR reflectance for prediction of macro and micro nutrient and chlorophyll content in apple trees (*Malus communis*). *Asia Journal of Chemistry*, **21**, 1302 - 1308.
- Bataglia, O., 2003. DRIS - Café: Uma técnica apropriada para o monitoramento nutricional dos cafezais. *O Agrônomo*, **55**, 28 - 29.
- Bataglia, O., Quaggio, J., Santos, W. & Abreu, M., 2004. Diagnose nutricional do cafeeiro pelo DRIS variando-se a constante de sensibilidade dos nutrientes de acordo com a intensidade e frequência de resposta na produção. *Bragantia*, **63**, 253 - 263.
- Beaufils, E., 1973. *Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS)*. A general scheme of experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition, p. 132. University of Natal, Pietermaritzburg, South Africa.
- Beaufils, E. & Sumner, M., 1976. *Application of DRIS approach for calibrating soil and plant factors in their effects on yield of sugarcane*. Proceedings of the South African Sugar Technologists' Association, **50**, 118 - 124.
- Beaufils, E. & Sumner, M., 1977. *Effect of time of sampling on the diagnosis of the N, P, K, Ca and Mg requirement of sugarcane by the DRIS approach*. Proceedings of the South African Sugar Technologists' Association, **51**, 62 - 67.
- Beverly, R., 1987. Modified DRIS method for simplified nutrient diagnosis of 'Valencia' oranges. *Journal of Plant Nutrition*, **10**, 1401 - 1408.
- Beverly, R., 1991. *A practical Guide to the Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS)*, 87 p. Micro-Macro Publishing, Georgia, Athens.
- Beverly, R., 1992. Prescient diagnostic analysis shows sufficiency range approach superior to DRIS for citrus. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, **23**, 2641 - 2649.
- Beverly, R., 1993. DRIS diagnosis of soybean nitrogen, phosphorus and potassium are unsatisfactory. *Journal of Plant Nutrition*, **16**, 1431 - 1447.
- Beverly, R., Stark, J., Ojala, J. & Embleton, T., 1984. Nutrient diagnosis of 'Valencia' oranges by DRIS. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, **109**, 649 - 654.
- Beverly, R. & Worley, R., 1992: Preliminary DRIS diagnostic Norms for Pecan. *HortScience*, **27**, 271.
- Blackburn, G., 1998. Quantifying chlorophylls and carotenoids at leaf and canopy scales: An evaluation of some hyperspectral approaches. *Remote Sensing of Environment*, **66**, 273 - 285.
- Blackmer, T. & Schepers, J., 1996. Aerial photography to detect nitrogen stress in corn. *Journal of Plant Physiology*, **148**, 440 - 444.
- Böhm, J., 2007. *Portugal Vitícola: O grande livro das castas*, 229 p. Chaves Ferreira - Publicações S. A., Lisboa.
- Bravdo, B. A., 1992. *Mineral nutrition*. Proceedings of the IV International Symposium on grapevine physiology, Turin, Itália, 159 - 163.
- Brinkman, R., 1997. *Fertilizers, food production and food security*. Proceedings of Fertilization for sustainable plant production and soil fertility, vol. 1, 11th International World Fertilizer Congress (CIEC), Gent, Belgium, 10 - 21.
- Brito, M., Moutinho-Pereira, J., Brites, M. & Magalhães, N., 2004. *Caracterização ecofisiológicas de cinco castas tintas da Região Demarcada do Douro*. 6^o Simpósio de Vitivinicultura do Alentejo, vol. 1, Évora, 159 - 156.

- Broge, N. & Leblanc, E., 2000. Comparing prediction power and stability of broadband and hyperspectral vegetation indices for estimation of green leaf area index and canopy chlorophyll density. *Remote Sensing of Environment*, **76**, 156 - 172.
- Brookes, P., Heckrath, G., Poulton, P. & Goulding, K., 1998. *Phosphorous movement in drainage water from the broadbalk experiment*, Proceeding of the 16th World Congress of Soil Science, Montpellier, France, 20 - 26.
- Carbonneau, A., 1997. *Choix des éléments du système de conduite. Justification du modèle Lyre et de la mécanisation de sa récolte*. Eurovit, 17 - 20.
- Carbonneau, A., 1998. Irrigation, vignoble et produits de la vigne. In: *Traité d'irrigation, Aspects qualitatifs*, 257 - 276 (Chapitre IV). Lavoisier, Paris
- Carbonneau, A. & Cargnello, G., 2003. *Architectures de la vigne et systèmes de conduite*, 187 p. Dunod, Paris.
- Carbonneau A., Deloire A. & Jaillard B., 2007. *La Vigne: Physiologie, Terroir, Culture*, 442 p. Dunod, Paris.
- Carneiro, A., Cunha, M., Pereira, O. & Queiroz, J., 2009 a. *Sistema Integrado de Diagnóstico e de Recomendação – DRIS: uma alternativa aos métodos usuais de avaliação nutricional* 5 p. CRISOPA, Associação para a valorização agrícola em produção integrada, Alcobaça, 5 - 6.
- Carneiro, A., Cunha, M., Pereira, O. & Queiroz, J., 2010. *Avaliação nutricional da videira pelo sistema integrado de diagnóstico e recomendação (DRIS)*. 8^o Simpósio de Vitivinicultura do Alentejo, Évora, 487 - 495.
- Carneiro, A., Pereira, O., Cunha, M. & Queiroz, J., 2009 b. Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS) para a Videira, *Encontro Anual da Sociedade Portuguesa da Ciência do Solo*, Faro, 68.
- Carter, G., 1991. Primary and secondary effects of water content on the spectral reflectance of leaves. *American Journal of Botany*, **78**, 916 - 924.
- Carter, G., 1994. Ratios of leaf reflectances in narrow wavebands as indicators of plant stress. *International Journal of Remote Sensing*, **15**, 697 - 704.
- Carter, G., Dell, T. & Cibula, W., 1996. Spectral reflectance characteristics and digital imagery of a pine needle blight in the southeastern United States. *Canadian Journal of Forest Research*, **26**, 402 - 407.
- Carvalho, M., 1997. *Cores do Vinho Verde*, 152 p. Comissão de Viticultura da Região dos Vinhos Verdes, Porto.
- Castamann, A., Escosteguy, P., Berres, D. & Zanella, S., 2012. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) of soybean seed oil content. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, **36**, 1820 - 1827.
- Castro, R., 1997. Dão, Património e Paradoxos: das castas à condução da Vinha, 5 p. O Dão em debate, Nelas.
- Castro, R., Lopes, C., Clímaco, P. & Chaves, M., 1993. Résultats ecophysiologiques de la vigne au Portugal, *GESCO*. CIVC-Mumm Perrier-Jouet, Reims, 172 - 177.
- Cavaco, M., Calouro, F. & Clímaco, P., 2005. *Produção Integrada da cultura da vinha*, 146 p. MADRP/DGPC, Oeiras.
- Cerdá, A., Nieves, M. & Martínez, V., 1995. An evaluation of mineral analysis of Verna lemons by DRIS. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, **26**, 1697 - 1707.
- Cordeira, A., Cabral, M. & Monteiro, F., 2004. *Contribuição para a caracterização organoléptica de vinhos brancos de casta da Região Demarcada dos Vinhos Verdes*. 4^o Simpósio de Vitivinicultura do Alentejo, Évora, 105 - 111.
- Chakravarti, I., Laha, R. & Roy, J., 1967. *Handbook of methods of applied statistics*, vol. 1, 460 p. John Wiley & Sons, New York.

- Champagnol, F., 1984. Elements de physiologie de la vigne et de viticulture general, 351 p. Ed. auteur, Montpellier.
- Chapman, H. & Brown, S., 1950. Analysis of orange leaves for diagnosing nutrient status with reference to potassium. *Hilgardia*, **19**, 501-540.
- Chappelle, E., Kim, M. & McMurtrey, J., 1992. Ratio analysis of reflectance spectra (RARS): An algorithm for the remote estimation of the concentrations of chlorophyll a, chlorophyll b, and carotenoids in soybean leaves. *Remote Sensing of Environment*, **39**, 239 - 247.
- Chaves, M., 1986. *Fotossíntese e repartição dos produtos de assimilação em Vitis vinifera L.*, 220 p. Tese de Doutoramento, Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa.
- Chaves, M. & Pereira, J., 1993. The combined effects of high temperature with high irradiance and water deficits on photosynthesis. NATO / ARW Climate change: The Biological Implications, Berlim.
- Chaves, M. M. & Rodrigues, M. L., 1987. Photosynthesis and water relations in grapevines growing in Portugal – response to environmental factors. In: *Plant response to stress – functional analysis in Mediterranean Ecosystems*, 379 – 390. Tenhunen, J. D., Catarino, F. M., Lange, O. L. & Oechel, W. C., Springer-Verlag, Berlim..
- Chelvan, R., Shikhamany, S. & Chadha, K., 1984. Evaluation of low yielding vines of Thompson seedless for nutrient indices by DRIS analysis. *Indian Journal Horticulture*, **41**, 166 - 170.
- Chira, K., Jourdes, M. & Teissedre, P., 2012. Cabernet sauvignon red wine astringency quality control by tannin characterization and polymerization during storage. *European Food Research Technology*, **234**, 253 - 261.
- Cobo, J., Dercon, G., Monje, C., Mahembe, P., Gotosa, T., Nyamangara, J., Delve, R. & Cadisch, G., 2009. Cropping strategies, soil fertility investment and land management practices by smallholder farmers in communal and resettlement areas in Zimbabwe. *Land Degradation & Development*, **20**, 492 - 508.
- Colugnati, G., Gottardo, L., Deluisa, A. & Bassi, M., 1992 a. *Stima delle esigenze in macroelementi in vitigni di pregio della pianura goriziana*. Proceedings of the IV International Symposium on grapevine physiology, Turin, Itália, 185 - 189.
- Colugnati, G., Gottardo, L., Deluisa, A. & Bassi, M., 1992 b. *Variazioni della composizione minerale delle foglie in vitigni di pregio della pianura friulana*. Proceedings of the IV International Symposium on grapevine physiology, Turin, Itália, 179 - 183.
- Costa, A., Bragança, S. & Lani, J., 2000. *Software DRIS para o diagnóstico do estado nutricional e recomendação de adubação para o cafeeiro conilon*. Simpósio de pesquisa dos cafés do Brasil, Brasília, 1333 - 1335.
- Costa-Rodrigues, C., Cruz, A., Botelho, M., Rodrigues, C. & Castro, R., 2010. *Estratégias de gestão do coberto vegetal e da produção na casta Touriga-Nacional na região do Dão*. 8º Simpósio de Vitivinicultura do Alentejo, Évora, 187 - 196.
- Curvelo-Garcia, A., 1988. *Controlo de qualidade dos vinhos. Química enológica - Métodos analíticos*, 420 p. Instituto da Vinha e do Vinho, Lisboa.
- CRCV, 2006. *Grapevine nutrition literature review*, 50 p. Cooperative Research Centre for Viticulture, Australia.
- CVRVV, 2002. *Catálogo de Marcas da Região dos Vinhos Verdes. A Região Demarcada dos Vinhos Verdes - Um Século de História*, 72 p. Comissão de Viticultura da Região dos Vinhos Verdes, Porto.
- CVRVV, 2013. *Produção de Vinho Verde e Vinho Regional Minho 1999-2014*, (Concelho). Comissão de Viticultura da Região dos Vinhos Verdes, Porto.

- Daughtry, C., Walthall, C., Kim, M., Brown de Colstoun, E. & McMurtrey, J., 2000. Estimating Corn Leaf Chlorophyll Concentration from Leaf and Canopy Reflectance. *Remote Sensing of Environment*, **74**, 229 - 239.
- Delalieux, S., Van Aardt, J., Zarco-Tejada, P., Kempeneers, P., Verstraeten, W. & Coppin, P., 2007. *Development of robust hyperspectral indices for the detection of deviations of normal plant state*, 13 p. Proceedings of the 5th EARSeL Workshop on Imaging Spectroscopy, Bruges, Belgium.
- Delenne, C., Durrieu, S., Rabatel, G. & Deshayes, M., 2010. From pixel to vine parcel: A complete methodology for vineyard delineation and characterization using remote-sensing data. *Computers and Electronics in Agriculture*, **70**, 78 - 83.
- Ding, P., Fuchigami, L. & Scagel, C., 2009. Simple linear regression and reflectance sensitivity analysis used to determine the optimum wavelengths for the nondestructive assessment of chlorophyll in fresh leaves using spectral reflectance. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, **1**, 48 - 57.
- Dobrowski, S., Ustin, S. & Wolpert, J., 2002. Remote estimation of vine canopy density in vertically shoot-positioned vineyards: determining optimal vegetation indices. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, **8**, 117 - 125.
- Domingos, I., Silva, T., Correia, P., Pestana, M. & Varennes, A., 2004. Effects of fertiliser practices on the growth and quality of table grape cultivars: "Cardinal" and "D. Maria". *Acta Horticulturae*, **652**, 241 - 247.
- Dow, A. I. & Roberts, S., 1982. Proposal: Critical nutrient ranges for crop diagnosis. *Agronomy Journal*, **74**, 401-403.
- Duarte, M. & Dias, J., 1991. Catálogo de porta-enxertos mais utilizados em Portugal. Instituto da Vinha e do Vinho.
- Duncan, D. B., 1955. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics* **11**, 1 - 42.
- Elwali, A. & Gascho, G., 1983. Sugarcane response to P, K, and DRIS corrective treatments on Florida histosols. *Agronomy Journal*, **75**, 79 - 83.
- Elwali, A. & Gascho, G. 1984. Soil testing, foliar analysis, and DRIS as guides for sugarcane fertilization. *Agronomy Journal*, **76**, 466-470.
- EMBRAPA, s.d.. Dris ajuda a alcançar potencial produtivo de cultivares de soja. <http://www.cnpso.embrapa.br/dris/index.php>, consultado a 7 de abril de 2013.
- EOR/FCUP, 2008. Estabelecimento de Padrões Nutricionais para a Videira, Oliveira, Actinídea, Cerejeira, Macieira e Pessegueiro com recurso ao Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS). *Relatório Ideia*. EOR - Laboratório de Análises Químicas, Lda. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.
- EREC-UF, 2011. Sugarcane DRIS Calculator, Everglades Research and Education Center – University of Florida, Florida.
- EVAG, 2009 a. Estado da Vinha à Saída do Inverno / Abrolhamento: ano de 2009, 2 p. Estação Vitivinícola Amândio Galhano, Arcos de Valdevez.
- EVAG, 2009 b. Estado da Vinha do Abrolhamento à Floração: Fase H e Fase I (Botões Florais Separados e Floração), 2 p. Estação Vitivinícola Amândio Galhano, Arcos de Valdevez.
- EVAG, 2009 c. Estado da Vinha da Floração / Vingamento ao Início do Fecho do Cacho: Fase I / J (alimpa) e Fase K / L (bago de ervilha / início FC), 2 p. Estação Vitivinícola Amândio Galhano, Arcos de Valdevez.
- EVAG, 2010. Estado da Vinha durante o Pintor, 1 p. Estação Vitivinícola Amândio Galhano, Arcos de Valdevez.
- EVAG, 2011 a. Estado da Vinha à Saída do Inverno / Abrolhamento: ano de 2011, 2 p. Estação Vitivinícola Amândio Galhano, Arcos de Valdevez.
- EVAG, 2011 b. Estado da Vinha ao Pintor de 2011, 1 p. Estação Vitivinícola Amândio Galhano, Arcos de Valdevez.

- EVAG, 2012 a. Estado da Vinha à Saída do Inverno / Abrolhamento: ano de 2012, 2 p. Estação Vitivinícola Amândio Galhano, Arcos de Valdevez.
- EVAG, 2012 b. Estado da Vinha à Floração / Alimpa / Bago de Chumbo / Bago de Ervilha em 2012, 2 p. Estação Vitivinícola Amândio Galhano, Arcos de Valdevez.
- Fageria, N. K., Barbosa Filho, M. P., Moreira, A. & Guimarães, C. M., 2009. Foliar fertilization of crop plants. *Journal of Plant Nutrition*, **32** (6), 1044 - 1064.
- Fonseca, A., 2010. *Condução de videiras em patamares estreitos na Região Demarcada do Douro – casta Touriga Franca*, 114 p. Relatório final de estágio, Secção Autónoma de Ciências Agrárias da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.
- Freitas, R., 2007, *Influência de alternativas de manutenção do solo na linha sobre o rendimento e qualidade - Tinta Roriz (Douro)*, 91 p. Relatório final de estágio, Secção Autónoma de Ciências Agrárias da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.
- Gamon, J., Peñuelas, J. & Field, C., 1992. A narrow-waveband spectral index that tracks diurnal changes in photosynthetic efficiency. *Remote Sensing of Environment*, **41**, 35 - 44.
- Gamon, J. & Surfus, J., 1999. Assessing leaf pigment content and activity with a reflectometer. *New Phytologist*, **143**, 105 - 117.
- Garrido, J., 2012. Comunicação pessoal.
- Garrido, J., Carvalho, C., Fróis, C., Cruz, A., Mota, T. & Castro, R., 1998. Influence du système de conduite sur les relations rendement et qualité. Cépages Loureiro et Pedernã (sin. Arinto), *IX^a Jornadas GESCO*, Budapeste. Hungria, 417 - 423.
- Garrido, J. & Mota, T. 2004. *Doenças e pragas da Videira*. Manual Técnico, 143 p. Comissão de Viticultura da Região dos Vinhos Verdes, EVAG - Arcos de Valdevez.
- Gitelson, A., Gritz, U. & Merzlyak, M., 2003. Relationships between leaf chlorophyll content and spectral reflectance and algorithms for non-destructive chlorophyll assessment in higher plant leaves. *Journal of Plant Physiology*, **160**, 271 - 282.
- Gitelson, A. & Merzlyak, M., 1997. Remote estimation of chlorophyll content in higher plant leaves. *International Journal of Remote Sensing*, **18**, 2691 - 2697.
- Gitelson, A., Keydan, G. & Merzlyak, M., 2006. Three-band model for noninvasive estimation of chlorophyll, carotenoids, and anthocyanin content in higher plant leaves. *Geophysical Research Letters*, **33**, doi:10.1029/2006GL026457.
- Gomes, M. & Silva, A., 1962: *Um novo diagrama triangular para a classificação básica da textura do solo*, 9 p. Missão de estudos agronómicos do ultramar, Lisboa.
- Google Earth, 2010. Google Earth.
- Govind, A., Bhavanarayana, M., Kumari, J. & Govind, A., 2005. Efficacy of different indices derived from spectral reflectance of wheat for nitrogen stress detection. *Journal of plant interactions*, **1**, 93 - 105.
- Grubbs, F., 1969. Procedures for Detecting Outlying Observations in Samples. *Technometrics*, **11**, 1 - 21.
- Haboudane, D., Miller, J., Pattey, E., Zarco-Tejada, P. & Strachan, I., 2004. Hyperspectral vegetation indices and novel algorithms for predicting green LAI of crop canopies: Modeling and validation in the context of precision agriculture. *Remote Sensing of Environment*, **90**, 337 - 352.
- Haboudane, D., Miller, J., Tremblay, N., Zarco-Tejada, P. & L. Dextraze, 2002. Integrated narrow-band vegetation indices for prediction of crop chlorophyll content for application to precision agriculture. *Remote Sensing of Environment*, **81**, 416 - 426.
- Hall, A., Lamb, D., Holzapfel B. & Louis, J., 2002. Optical remote sensing applications in viticulture – a review. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, **8**, 36 - 47.
- Hall, A., Louis, J. & Lamb, D., 2003. Characterising and mapping vineyard canopy using high-spatial-resolution aerial multispectral images. *Computers & Geosciences*, **29**, 813 - 822.
- Hallmark, W. & Beverly, R., 1991. Review - An update in the use of the Diagnosis and Recommendation Integrated System. *Journal of Fertilizer Issues*, **8**, 74 - 88.

- Hallmark, W., Mooy, C. & Pesek, J., 1987. Comparison of two DRIS methods for diagnosing nutrient deficiencies. *Journal of Fertilizer Issues*, **4**, 151 - 158.
- Harger, N., Fioretto, R. & Ralisch, R., 2003. Avaliação nutricional da cultura da soja pelos métodos DRIS e Níveis de Suficiência. *Semina: Ciências Agrárias*, **24**, 219 - 224.
- Hatfield, J., Asrar, G. & Kanemasu, E., 1984: Intercepted photosynthetically active radiation estimated by spectral reflectance. *Remote Sensing of Environment*, **14**, 65 - 75.
- Horneck, D., Sullivan, D., Owen, J. & Hart, J., 2011. Soil test interpretation guide, 12 p. Oregon State University Extension Service, Oregon.
- Howell, G., 2001. Sustainable grape productivity and the growth-yield relationship: a review. *American Journal of Enology and Viticulture*, **52**, 165 - 174.
- Hu, Y., Li, P., Mu, J., Mao, H., Wu, C. & Chen, B., 2008. Determination of total nitrogen content in fresh tea leaf using visible-near infrared spectroscopy. *Spectroscopy and spectral analysis*, **28**, 2821 - 2825.
- IBM, 2012. IBM SPSS Statistics 20 User Manuals. Chicago, IL.
- IGEF, s.d.. *Cadastro Vitícola da Região dos Vinhos Verdes - Concelho de Arcos de Valdevez*, 71 p. Instituto de Gestão e Estruturação Fundiária, Comissão de Viticultura dos Vinhos Verdes, Ministério da Agricultura, Pescas e Alimentação, Lisboa.
- Imo, M., 2012. Analysis of Nutritional Interactions in Cropping Systems. In: *Crop Production Technologies*, 221 – 242. InTech, Croatia.
- INE, 2012. Previsões Agrícolas 31 de julho 2012, 5p. INE, Lisboa.
- INE, 2013. Previsões Agrícolas 31 de julho 2013, 5 p. INE, Lisboa.
- INIAP, 2006. *Manual de Fertilização das Culturas*, 282 p. INIAP, Lisboa.
- INIAP, s.d.. Ficha informativa de amostras de terra (ar livre/estufas). Ministério da Agricultura, Desenvolvimento rural e das Pescas, Lisboa.
- Instituto de Meteorologia, I. P., s.d.. Ficha Climatológica 1971-2000 - Pinhão/Santa Bárbara.
- IPNI, 2007. Sobre o DRIS.
- IPNI, 2010. International Plant Nutrition Institute.
- IVDP, 2009. Viticultura - Região.
- IVV, 2011. *Catálogo Das Castas Para Vinho Cultivadas Em Portugal*, vol.1, Coordenação de Rolando Faustino, Coordenação Técnico-científica Rogério de Castro. 1ª Edição, Chaves Ferreira-Publicações, S.A., Lisboa.
- IVV, 2013. Vinhos e Aguardentes de Portugal – Anuário 2013, 234 p. Governo de Portugal: Ministérios da Agricultura e do Mar, Instituto da Vinha e do Vinho, I.P., Lisboa.
- IVV, 2014. Evolução da Produção Nacional de Vinho por Região Vitivinícola, IVV, Lisboa.
- Jones, C., 1981. Proposed modifications of the Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) for interpreting plant analyses. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, **12**, 785-794.
- Jones, C. & Bowen, J., 1981. Comparative DRIS and Crop Log diagnosis of sugarcane tissue analyses. *Agronomy Journal*, **73**, 941 - 944.
- Jordão, P. V., Ovelheiro, M., Parrot, M. L., Fernandes, R. & Ramos, C. M., 1986. *Estudo da variabilidade de alguns parâmetros analíticos com o número de sub-amostras que formam a amostra média em dois campos distintos*, 12 p. Curso de fertilidade do solo, nutrição mineral da planta e fertilização do âmbito PROCALFER – Projectos finais do curso. Ministério da agricultura, Pescas e Alimentação: Direcção de serviços de formação profissional agrária/INIA: Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva, Lisboa
- Junior, R. & Monnerat, P., 2003. Norms establishment of the Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) for nutritional diagnosis of sugarcane. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **38**, 277 - 282.

- Kafkafi, U., 2005. *Global aspects of fertigation usage*. Fertigation Proceedings: Selected papers of the International Symposium on Fertigation – Optimizing the utilization of water and nutrients, Beijing, China, 8 - 22.
- Kelling, K. & Schulte, E., 1986. Review: DRIS as a part of a routine plant analysis program. *Journal of Fertilizer Issues*, **3**, 109 - 112.
- Kelling, K., Schulte, E., Bundy, L., Combs, S. & Peters, J., 1991. *Soil test recommendations for field, vegetable, and fruit crops*, 9 p. Univ. of Wisconsin – Extension, Madison, WI.
- Kiang, N., Siefert, J. Govindjee & Blankenship, R., 2007. Spectral signatures of photosynthesis. I. Review of Earth organisms. *Astrobiology*, **7**, 222 - 251.
- Kliewer, M. & Dokoozlian, N., 2005. Leaf area/crop weight ratios of grapevines: influence on fruit composition and wine quality. *American Journal of Enology and Viticulture*, **56**, 170 - 181.
- Lakanen, E. & Erviö, R., 1971. A comparison of eight extractants for the determination of plant available micronutrients in soils. *Acta Agraria Fennica*, **123**, 223-232.
- Lamb, D., Weedon, M. & Bramley, R., 2004. Using remote sensing to predict grape phenolics and colour at harvest in a Cabernet Sauvignon vineyard: Timing observations against vine phenology and optimising image resolution. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, **10**, 46 - 54.
- Lanjeri, S., Meliá, J. & Segarra, D., 2001. A multi-temporal masking classification method for vineyard monitoring in central Spain. *International Journal of Remote Sensing*, **22**, 3167 - 3186.
- Letzsch, W., 1985. Computer program for selection of norms for use in the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, **16**, 339 - 347.
- Letzsch, W. & Sumner, M., 1984. Effect of population size and yield level in selection of diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) norms. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, **15**, 997 - 1006.
- Levene, H., 1960. Contributions to Probability and Statistics: *Essays in honour of Harold Hotelling*. 278 - 292. Olkin, I., Stanford University Press.
- Li, H., Lascano, R., Barnes, E., Booker, J., Wilson, L., Bronson, K. & Segarra, E., 2001. Multispectral reflectance of cotton related to plant growth, soil water and texture, and site elevation. *Agronomy Journal*, **93**, 1327 - 1337.
- Lichtenhaler, H., Lang, M., Sowinska, M., Heisel, F. & Miehl, J., 1996. Detection of vegetation stress via a new high resolution fluorescence imaging system. *Journal of Plant Physiology*, **148**, 599 - 612.
- Little, T. & Hills, F., 1972. *Statistical methods in agricultural research*, 242 p. University of California, Davis.
- Lopes, C., 1994. *Influência do sistema de condução no microclima do coberto, vigor e produtividade da videira (Vitis Vinifera L.)*, 205 p. Tese de Doutoramento, Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa.
- Lopes, C., Pacheco, C., Fino, C., Inácio, D., Aleixo, A. & Castro, R., 1996. *Comportement du cépage "Periquita" en climat méditerranéen. Études ecophysologiques et agronomiques*, 9^{èmes} Journées GESCO, Budapest, Hungria, 189 - 195.
- Lopes, C., Pacheco, C., Vicente-Paulo, J. & Rodrigues, M., 1998. *Interesse do potencial hídrico foliar de base como indicador da actividade fisiológica da videira*. 4^º Simpósio de Vitivinicultura do Alentejo, vol. 1, Évora, 97 - 102.
- Lopes, C. & Pinto, P., 2005. Easy and accurate estimation of grapevine leaf area with simple mathematical models. *Vitis*, **44**, 55 - 61.
- Loureiro, V., 2002. *Os melhores vinhos de Portugal, Guia Repsol 2002/2003*. 320 p. Repsol.
- LQA/UE, s.d. a. *Normas de colheita de amostras de terra para análise*, 2 p. Ministério da Educação e Cultura. Laboratório Químico Agrícola da Universidade de Évora, Évora.

- LQA/UE, s.d. b. *Normas de colheita de amostras de matéria vegetal*, 4 p. Ministério da Educação e Cultura. Laboratório Químico Agrícola da Universidade de Évora, Évora.
- LQARS/INIAP, s.d. a. *Colheita de terras e de águas de rega para análise - Em vinhas*, 2 p. Ministério da Agricultura, Desenvolvimento Rural e das Pescas, Lisboa.
- LQARS/INIAP, s.d. b. *Colheita de amostras para análise foliar - Em vinhas*, 2 p. Ministério da Agricultura, Desenvolvimento Rural e das Pescas, Lisboa.
- LSFESACB, s.d.. *Modo de colher amostras de terra para análise*, 4 p. Instituto Superior de Castelo Branco - Laboratório de Solos e Fertilidade da Escola Superior Agrária de Castelo Branco, Castelo Branco.
- Machado, M., 2009. *Condução de videiras em patamares estreitos na Região do Douro – Touriga Nacional*, 96 p. Relatório final de estágio, Secção Autónoma de Ciências Agrárias da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.
- Machado, J., 2011. *Desfolha precoce na casta Loureiro (Vitis vinifera L.), seus efeitos em componentes de rendimento e características físico-químicas*, 66 p. Tese de Mestrado. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto/Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa.
- Maciel, A., 2005. *A pertinência dos estudos de microclimatologia para a prevenção dos riscos climáticos num vinhedo do "Entre Douro e Minho" - Estação Vitivinícola Amândio Galhano*, 302 p. Tese de Mestrado, Faculdade de Letras da Universidade do Porto.
- Maeda, S., Ronzelli, P., Júnior & Lucchesi, L., 2004. Valores de referência do DRIS para a soja, cv. CD 202, para a região Sul do Mato Grosso do Sul. *Scientia Agraria*, **5**, 35 - 42.
- Maeda, S., Staut, L., Kurihara, C. & Silva, W., 2003. *Valores de Referência do DRIS para a Soja em Mato Grosso*, 25 p. Embrapa, Dourados, MS.
- Magalhães, N., 2008. *Tratado de Viticultura - A Videira, A Vinha e o "Terroir"*, 605 p. Chaves Ferreira, Lisboa.
- Maire, G., François, C. & Dufrêne, E., 2004. Towards universal broad leaf chlorophyll indices using PROSPECT simulated database and hyperspectral reflectance measurements. *Remote Sensing of Environment*, **89**, 1 - 28.
- Malavolta, E., Vitti, G. & Oliveira, A., 1997. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*, 319 p. Potafós, Piracicaba.
- Manso, J., 2013. Comunicação Pessoal.
- Marçal, A. & Cunha, M., 2007. *Vineyard monitoring in Portugal using multi-sensor satellite images*. Proceedings of the 27th EARSeL Symposium, Geoinformation in Europe, Millpress, Netherlands, 327 - 335.
- Martín, I., Benito, A., Romero, I., Domínguez, N. & García-Escudero, E., 2013. Preliminary diagnosis and recommendation integrated system norms for leaf nutrient diagnosis of tempranillo grapevine in the Rioja Appellation. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, **44**, 655 - 667.
- Martin, P., Zarco-Tejada, P., Gonzalez, M. & Berjon, A., 2007. Using hyperspectral remote sensing to map grape quality in "tempranillo" vineyards affected by iron deficiency chlorosis. *Vitis*, **46**, 7 - 14.
- Martínez, E., Carvalho, J. & Souza, R., 1999. Diagnose Foliar. In: *Recomendações para uso de correctivos e fertilizantes em minas gerais - 5.ª aproximação*, 143 - 168. Ribeiro, C. A., Guimarães, G. T. P. & Alvarez, V. V. H., Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, Viçosa, MG.
- McCray, J., Rice, R., Ezenwa, I., Lang, T. & Baucum, L., 2013. Sugarcane Plant Nutrient Diagnosis – SS-AGR-128, 12 p. University of Florida – IFAS Extension, Florida.
- Meggio, F., Zarco-Tejada, P., Núñez, L., Sepulcre-Cantó, G., González, M. & Martín, P., 2010. Grape quality assessment in vineyards affected by iron deficiency chlorosis using

- narrow-band physiological remote sensing indices. *Remote Sensing of Environment*, **114**, 1968 - 1986.
- Melsted, S., Motto, H. & Peck, T., 1969. Critical plant nutrient composition values useful in interpreting plant analysis data. *Agronomy Journal*, **61**, 17-20.
- Meyer, J., 1975. *Advances in the interpretation of foliar analysis of sugarcane in the South African sugar industry*. Proceedings of the South African Sugar Technologists' Association, **59** (11), 569 - 585.
- Meyer, J., 1981. *An evaluation of DRIS based on leaf analysis for sugarcane in South Africa*. Proceedings of the South African Sugar Technologists' Association, **55**, 169 - 176.
- Microsoft, 2010. Excel.
- Midwest Laboratories, 1994. *Foliar Nutrition*, 81 p. Midwest Laboratories, Inc., Omaha, Ne.
- Mills, H. A. & Benton Jones, J., 1996. *Plant analysis handbook II: A practical sampling preparation, analysis, and interpretation guide*, 422 p. Micro-Macro Publishing, Inc. Athens, GA.
- Montero, F., Meliá, J., Brasa, A., Segarra, D., Cuesta, A. & Lanjeri, S., 1999. Assessment of vine development according to available water resources by using remote sensing in La Mancha, Spain. *Agricultural Water Management*, **40**, 363 - 375.
- Morales, M., 2004. Normas DRIS preliminares para nogal pecanero – Preliminary DRIS norms for Pecan Tree. *Terra Latinoamericana*, **22**, 445 - 450.
- Mota, M., 1992. *Sistema da Condução da Vinha. Alternativas para a Região dos Vinhos Verdes*, 66 p. Tese de Mestrado, Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa.
- Mota, M., 2005. *Potencialidades e condicionalismos da condução LYS. cv. Loureiro. Região dos Vinhos Verdes*, 154 p. Tese de Doutoramento, Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa.
- Mota, T. & Garrido, J. 2004: *Podas e intervenções em verde, Manual Técnico*, 22 p. Comissão de Viticultura da Região dos Vinhos Verdes, EVAG, Arcos de Valdevez.
- Mota, T., Garrido, J., Sousa, J., Pereira, M. & Castro, R., 1996. *L'Analyse du rendement et de la qualité dans la relation cépage x porte-greffes (cv. Loureiro)*, 9^{èmes} Journées G.E.S.C.O., Budapeste, Hungria, 317 - 321.
- Mota, T., Garrido, J., Pereira, M. & Moura, F., 2001. *Implantação da Vinha: Castas, Porta-Enxertos, Sistemas de Condução e Plantação. Manual Técnico*, 39 p. Comissão de Viticultura da Região dos Vinhos Verdes, EVAG, Arcos de Valdevez.
- Mota, M. & Silva, M., 1986. *Catálogo das Castas. Região Demarcada dos Vinhos Verdes*. Ministério da Agricultura, Pescas e Alimentação. Instituto de Gestão e Estruturação Fundiária. Comissão de Viticultura da Região dos Vinhos Verdes, Lisboa.
- Moura, F., Garrido, J., Mota, T. & Pereira, M., 2002. *Vindima e Técnicas de Vinificação. Princípios Básicos de Qualidade. Manual Técnico*, 39 p. Comissão de Viticultura da região dos Vinhos Verdes, EVAG, Arcos de Valdevez.
- Mourão Filho, F., 2004. DRIS: Concepts and applications on nutritional diagnosis in fruit crops. *Scientia Agricola*, **61**, 550-560.
- Mourão Filho, F., 2005. DRIS and Sufficient Range Approaches in nutritional diagnosis of "Valencia" sweet orange on three rootstocks. *Journal of Plant Nutrition*, **28**, 691 - 705.
- Mourão Filho, F., Azevedo, J. & Nick, J., 2002. Funções e ordem da razão dos nutrientes no estabelecimento de normas DRIS em laranja 'Valência'. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **37**, 185 - 192.
- Moutinho-Pereira, J., 2000. *Caracterização fisiológica e agronómica de diferentes estratégias culturais para minimizar o stress estival em Vitis vinifera L. da Região Demarcada do Douro*, 205 p. Tese de Doutoramento, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- Munson, R. & Nelson, W., 1973. Principles and practices in plant analysis. In: Soil testing and plant analysis, 223 - 248. Walsh, L. M. & Beaton, J. D., Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.

- Murisier, F., Ferretti, M. & Zufferey, V., 2001. Nouveaux systèmes de conduite pour les vignes en forte pente cultivées en banquettes. Essais sur Merlot au Tessin, 1. Résultats agronomiques. *Revue suisse de viticulture, arboriculture et horticulture*, **33** (1), 25 - 33.
- Murisier, F. & Zufferey, V., 1997. Rapport feuille-fruit de la vigne et quantité du raisin. *Revue Suisse Viticulture Arboriculture*, **29**, 355 - 362.
- Nachtigall, G., 2004. Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) para avaliação do estado nutricional da macieira no sul do Brasil, 141 p. Tese de Doutoramento, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo.
- Nick, J., 1998. DRIS para cafeeiros podados, 86 p. Tese de Mestrado, *Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"* da Universidade de São Paulo.
- OIV, 2011. *Recueil des methodes internationales d'analyse des vins et des mouts*, vol. 1, 478 p. OIV, Paris.
- OIV, 2013. Compendium of International methods of wines and must analysis, vol. 1, 498 p. OIV, Paris.
- Oliveira, A., 1996. *Influência da estrutura da vegetação, rega, e desponta na produtividade e qualidade em Vitis vinifera L. Var. Touriga Nacional na Região Demarcada do Douro*, 150 p. Tese de Mestrado, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- Oliveira, I., 2006. *Influência de alternativas de manutenção do solo na linha sobre o rendimento e qualidade - Tinta Roriz (Douro)*, 199 p. Relatório final de estágio, Secção Autónoma de Ciências Agrárias da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.
- Oliveira, H, Rego, C. & Nascimento, T., 2004. Decline of Young Grapevine Caused by Fungi. *Acta Horticulturae*, **652**, 295-304
- Oliveira, R. & Takamatsu, J., 2004. *Uso do DRIS para avaliação do estado nutricional da pimeiteira-do-reino, em Tomé-açu, PA - Comunicado Técnico 94*, 4 p. Embrapa, Belém, PA.
- Pacheco, C., 1999. *Contribuição para o estudo da fertilização da vinha: Influência da Fertilização Azotada, Fosfatada e Potássica na Produção e na Qualidade dos Mostos da casta Loureiro na Região Demarcada dos Vinhos Verdes*, 120 p. Tese de Doutoramento, Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa.
- Pacheco, C., 2001. *Fertilização da videira – via foliar*, 2 p. Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva, Lisboa.
- Pacheco, C., 2002. *Determinação das exportações de nutrientes por algumas castas de importantes regiões vitícolas*, 9 p. INIAP - Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva, Lisboa.
- Pacheco, C., Calouro, F. & Andrade, A., 1993. Interpretative indices leaf analysis in vineyards of the portuguese region of Bairrada. *In: Optimization of Plant Nutrition*, 43 - 47. Fragoso, M. A. C. & Beusichem, M. L., Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Pacheco, C., Jordão, P., Vieira, S., Santos, F., Comenda, J., Santos, M., Roque Vale, C. & Prates, M., 2010. Preliminary reference values for leaf-analyses of *Vitis vinifera* Trincadeira/99R in Portuguese Region of Borba. *Acta Horticulturae*, **868**, 225 - 230.
- Pacheco, C., Soveral Dias, J. C. & Calouro, F., 1990 a. *Ritmo de absorção de nutrientes em videiras das castas Boal de Alicante e Periquita sobre R 99, R 110 e 1103 P: I – Evolução dos teores de N, P, K, Ca, Mg e B e dos valores de biomassa dos cachos, varas e folhas*, 12 p. Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva, Lisboa.
- Pacheco, C., Soveral Dias, J. C., Fernandes, M. M. & Silva, A. M., 1990 b. *Ritmo de absorção de nutrientes em videiras das castas Boal de Alicante e Periquita sobre R 99, R 110 e 1103 P: II – Evolução de absorção de N, P, K, Ca, Mg e B, e sua distribuição pelos cachos, varas e folhas dos valores de biomassa dos cachos, varas e folhas*. I Congresso Ibérico de Ciências Hortícolas, vol. IV, Lisboa, 408 - 413.

- Pacheco, C. & Vieira, S., 2004. *A fertilização racional da vinha*, 37 p. Associação para a valorização agrícola em produção integrada, Alcobaça.
- Pacheco, C., Vieira, S., Cardoso, A., Santos, F., Duarte, L. & Calouro, F., 2002. *Valores de referência para diagnóstico do estado de nutrição das castas Loureiro e Bical*, Encontro anual da SPCS 2002, Ponte de Lima.
- Pacheco, C., Santos, F., Cardoso, A., Vieira, S., Mota, T. & Calouro, F., 2004. *Influência do porta-enxerto sobre a composição mineral de folhas da casta Loureiro. Sua relação com a produção e a qualidade dos mostos*, Encontro Anual da Sociedade Portuguesa da Ciência do Solo. Revista de Ciências Agrárias, vol. XXVII, **1**, 41 - 48.
- Parejo, J., Gonzalo, A. & Giro, P., 1992. *Seasonal differences of nutrient level in "Chardonnay"*. Proceedings of the IV International Symposium on grapevine physiology, Turin, Itália, 171 - 174.
- Parent, L. & Dafir, M. 1992. A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, **117**, 239 - 242.
- Partelli, F., Vieira, H., Monnerat, P. & Viana, A., 2006. Comparação de dois métodos DRIS para o diagnóstico de deficiências nutricionais do cafeeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **41**, 301 - 306.
- Pedroso, V., Martins, S., Brites, J., Castro, R. & Lopes, C., 1999. *Influence du mode de conduite et charge en bourgeons sur l'évolution de la surface foliaire et les relations frutification/végétation du cépage 'Touriga Nacional' dans la Région Dão*, 11^{as} Jornadas GESCO, 656 - 662.
- Peñuelas, J., Filella, I., Biel, C., Serrano, L. & Savé, R., 1993. The reflectance at the 950 - 970 nm region as an indicator of plant water status. *International Journal of Remote Sensing*, **14**, 1887 - 1905.
- Peñuelas, J., Filella, I., Lloret, P., F. Muñoz & Vilajeliu, M., 1995. Reflectance assessment of mite effects on apple trees. *International Journal of Remote Sensing*, **16**, 2727 - 2733.
- Peñuelas, J., Gamon, J., Fredeen, A., Merino, J. & Field, C. B., 1994. Reflectance indices associated with physiological changes in nitrogen and water-limited sunflower leaves. *Remote Sensing of Environment*, **48**, 135 - 146.
- Pereira, O., 1999. *Controlo de Maturação da Uva para Vinificação*, 10 p. DRAEDM - Divisão de Viticultura e Fruticultura, Felgueiras.
- Pereira, P., 1997. *Influência da cultivar e do ambiente na maturação da uva e na produtividade da videira (Vitis vinifera L.)*, 121 p. Tese de Doutoramento, Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa.
- Peryea, F., Willemsen, K., 2000. *Nutrient Sprays*. Washington State University – Tree Fruit Research & Extension Center, Wenatchee, WA.
- Poças, I., Cunha, M., Marçal, A. & Pereira, L., 2011. An evaluation of changes in a mountainous rural landscape of Northeast Portugal using remotely sensed data. *Landscape and Urban Planning*, **101** (3), 253 - 261.
- Qi, J., Chehbouni, A., Huete, A., Keer, Y. & Sorooshian, S., 1994. A modified soil vegetation adjusted index. *Remote Sensing of Environment*, **48**, 119- 126.
- Qiu, S., Xie, J., Zhao, S., Xu, X., Hou, Y., Wang, X., Zhou, W., He, P., Johnston, A., Christie, P. & Jin, J., 2014. Long-term effects of potassium fertilization on yield, efficiency, and soil fertility status in a rain-fed maize system in northeast China. *Field Crops Research*, **163**, 1 - 9.
- Queiroz, J., 1996. *Intervenções em verde e sua influência no rendimento e na qualidade - Touriga Nacional – Douro*, 48 p. Tese de Mestrado, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto/ Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa.

- Queiroz, J., 2002 a. Texto de apoio às aulas de Viticultura I e II. Engenharia das Ciências Agrárias, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.
- Queiroz, J., 2002 b. *Condução e relações rendimento qualidade de castas nobres do Douro*, 175 p. Tese de Doutoramento, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.
- Queiroz, J., Magalhães, A., Amador, R., Guimaraens, D., Monteiro, F. & Castro, R., 1999. *Contrôle de rendement et qualité. Cépage Touriga Nacional Douro, Portugal*, 11^{èmes} Journées GESCO, vol. 2, Sicile, 644 - 649.
- Queiroz, J., Magalhães, A., Guimaraens, D., Monteiro, F. & Castro, R., 2001. Canopy Management and its Influence in Quality and Production Costs – Touriga Nacional, 26th World Congress and 81st General Assembly of OIV, Adelaide, 371 - 379.
- Queiroz, J., Magalhães, A., Guimaraens, D., Rego, F. & Castro, R., 1997. Influência da enrola e da desponta sobre o rendimento e qualidade (cv. Touriga Nacional, Região do Douro), III Congresso Ibérico de Ciências Hortícolas, Vilamoura, Algarve, 211 - 216.
- Raghupathi, H. & Bhargava, B., 1998. Diagnosis of nutrient imbalance in pomegranate by diagnosis and recommendation integrated system and compositional nutrient diagnosis. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, **29**, 2881 - 2892.
- Raij, B., 1991: *Fertilidade do solo e adubação*, 343 p. Agronómica Ceres, Potafós, S. Paulo, Piracicaba.
- Renaud, C. & Oustric, J., 2001. *Optimisation de la conduite de Vitis vinifera cv. Mourvedre par la variation de rapport "feuillage exposé-fruits"*, Compte rendu des XII^{èmes} journées du GESCO Montpellier, Montpellier, 393 - 399.
- Reuther, W. & Smith, P., 1954. Leaf analysis of citrus. In: *Fruit Nutrition*, 257 – 294. Childers, N. F., Horticultural Publications, Rutgers University, New Brunswick, New Jersey.
- Reynier, A., 1986. *Manual de Viticultura*, 424 p. Castro, F. L., Publicações Europa-América, Mem Martins.
- Ribéreau-Gayon, P., Maujean, A. & Dubourdieu, D., 2006. *Handbook of Enology, vol. 2, The Chemistry of Wine and Stabilization and Treatments*, 441 p. 2nd ed. John Wiley & Sons, Ltd, England.
- Ribéreau-Gayon, J., Peynaud, E., Ribéreau-Gayon, P. & Sudraud, P., 1982. *Traité d'oenologie: sciences et techniques du vin: analyse et contrôle des vins*, 645 p. Dunod, Paris.
- Ribéreau-Gayon, P. & Stonestreet, E., 1965. Le dosage des anthocyanes dans le vin rouge. *Bull. Coc. Chim*, **47**, 2649 - 2652.
- Ribéreau-Gayon, P. & E. Stonestreet, 1966. Dosage des tanins du vin rouge et détermination de leur structure. *Chimie Analytique*, **48**, 188 - 196.
- Rodrigues M.L., Santos T. P., Rodrigues A. P., Souza C. R., Lopes C. M., Maroco J. P., Pereira J. S., Chaves M. M., 2008. Hydraulic and chemical signalling in the regulation of stomatal conductance and plant water use of field grapevines growing under deficit irrigation. *Functional Plant Biology*, **35** (7), 565 - 579.
- Rondeaux, G., Steven, M. & Baret, F., 1996. Optimization of soil-adjusted vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*, **55** (2), 95 - 107.
- Rosinhas, E., 2012 a. *Efeito da desfolha precoce no rendimento e qualidade da casta Loureiro (Vitis vinifera L.) na região dos Vinhos Verdes*, 65 p. Tese de Mestrado. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.
- Rosinhas, E., 2012 b. Comunicação pessoal.
- Rota Verde, 2003. *Guia da Rota dos Vinhos Verdes*, 68 p. Rota Verde – Associação para o desenvolvimento da rota dos Vinhos Verdes, Porto.
- Rougean, J.-L. & Breon, F., 1995. Estimating PAR absorbed by vegetation from bidirectional reflectance measurements. *Remote Sensing of Environment*, **51**, 375 - 384.

- Rouse, J., Haas, R., Schell, J., Deering, D. & Harlan, J., 1974. *Monitoring the vernal advancements and retrogradation of natural vegetation*, 371 p. NASA/GSFC final report. Greenbelt, MD.
- Ruíz-Bello, A. & Cajuste, L., 2002. Controlling fertilizer applications through plant analysis. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, **33**, 2793 - 2802.
- Santos, J., 1996. *Fertilização - Fundamentos da utilização dos adubos e correctivos*, 441 p. Publicações Europa-América, Mem Martins.
- Schaller, K., Löhnertz, O. & Michel, H., 2002. Modified Dris-System for leaf analysis to optimise fertilizer inputs - further developments with grapevines. *Acta Horticulturae*, **594**, 369 - 375.
- Scholander, P., Bradstreet, E., Hemmingsen, E. & Hammel, H., 1965. Sap Pressure in Vascular Plants - negative hydrostatic pressure can be measured in plants. *Science*, **148**, 339 - 346.
- Serrano, L., González-Flor, C. & Gorchs, G., 2012. Assessment of grape yield and composition using the reflectance based Water Index in mediterranean rainfed vineyards. *Remote Sensing of Environment*, **118**, 249 - 258.
- Shapiro, S. & Wilk, M., 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, **52**, 591 - 611.
- Sharma, J., Shikhamany, S., Singh, R. & Raghupathi, H., 2005. Diagnosis of nutrient imbalance in Thompson seedless grape grafted on Dog Ridge rootstock by DRIS. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, **36**, 2823 - 2838.
- Silva, A., 2012. Avaliação dos compostos fenólicos e voláteis ao longo da vinificação, 104 p. Tese de Mestrado, Departamento de Química da Universidade de Aveiro.
- Silva, E., Nogueira, F. & Guimarães, P., 2003. Seção IV - Fertilidade do solo e nutrição de plantas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, **27**, 247 - 255.
- Sims, D. & Gamon, J., 2002. Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. *Remote Sensing of Environment*, **81**, 526 - 537.
- Singh, D., Singh, K., Hundal, H. & Sekhon, K., 2012. Diagnosis and recommendation integrated system (dris) for evaluating nutrient status of cotton (*Gossypium hirsutum*). *Journal of Plant Nutrition*, **35**, 192 - 202.
- Smart, R. & Robinson, M., 1991. *Sunlight into wine. A Handbook for Winegrape Canopy Management*, 88 p. Winetitles, Adelaide.
- Smart, D., Whiting, M. & Stockert, C., 2007. *Remote sensing of grape K deficiency symptoms using leaf level hyperspectral reflectance*, 19 p. Western Nutrient Management Conference, vol. 7, Salt Lake City, UT.
- Sogevinus Fine Wines, 2011. Quinta de São Luiz, consultado a 12 de dezembro de 2012.
- Soltanpour, P., Malakowti, M. & Ronaghi, A. 1995. Comparison of Diagnosis and Recommendation Integrated System and nutrients sufficiency range for corn. *Soil Science Society of America Journal*, **59**, 133 - 139.
- Sousa, M., Cruz, A., Pereira, J. & Castro, R., 1999. Cépages nobles du Douro. Conditionalismes du porte-greffe et de l'écosystème. Cépages Tinto Cão, Touriga Nacional, Viosinho et Gouveio, *11^{as} Jornadas GESCO*, vol. 2, Sícilia, Itália, 596 - 603.
- Stalenga, J., 2007. Applicability of Different Indices to Evaluate Nutrient Status of Winter Wheat in the Organic System. *Journal of Plant Nutrition*, **30**, 351 - 365.
- Sumner, M., 1977 a. Use of the DRIS system in foliar diagnosis of crops at high yield levels. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, **8**, 251 - 268.
- Sumner, M., 1977 b. Effect of corn leaf sampled on N, P, K, Ca and Mg content and calculated DRIS indices. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, **8**, 269-280.
- Sumner, M., 1977 c. Application of Beauflis' diagnostic indices to maize data published in the literature irrespective of age and conditions. *Plant and Soil*, **46**, 359 - 369.

- Sumner, M., 1979. Interpretation of foliar analyses for diagnostic purposes. *Agronomy Journal*, **71**, 341 - 348.
- Sumner, M. & Beaufils, E., 1975. *Diagnosis of the NPK requirements of sugarcane irrespective of plant age and season using Beaufils' system (DRIS) - Preliminary observations*. Proceedings of the South African Sugar Technologists' Association, **49**, 137 - 141.
- Szöke, L., Vanek, G. & Szabo, T., 1992. *Nutrient uptake dynamics of grapevine during the vegetation*. Proceedings of the IV International Symposium on grapevine physiology, Turin, Itália, 165 - 170.
- Teixeira, L., dos Santos, W. & Bataglia, O., 2002. Diagnose nutricional para o nitrogênio e potássio em bananeira por meio do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) e de Níveis Críticos. *Revista Brasileira de Fruticultura*, **24**, 530 - 535.
- Terra, M., Guilherme, M., dos Santos, W., Paioli-Pires, E., Pommer, C. & Botelho, R., 2002. Avaliação do estado nutricional da videira 'Itália' na região de Jales, SP, usando o sistema integrado de diagnose e recomendação. *Revista Brasileira de Fruticultura*, **25**, 309 - 314.
- Tomé Jr, J., 2001. *DRIS da Compo do Brasil: CliqFolha © Programa Para Diagnóstico Nutricional das Culturas pelo DRIS*, 7 p.
- UIARN/INRB, s.d.. *Colheita de amostras de terra em parcelas com culturas arbóreas e arbustivas*, 3 p. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas, Lisboa.
- Veloso, A., 1995. *Condições de nutrição da actinídea no Noroeste de Portugal - Contributo para a aplicação do método DRIS*, 110 p. Tese de Mestrado, Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa.
- Veloso, A., Afonso, J., Castro, T. & Coutinho, J., 1998. *Mineral nutrition, productivity and must quality of "Alvarinho" vineyards*, Actes du XXIII Congrès Mondial de la Vigne et du Vin, vol. 1, OIV, 64 - 69.
- Veloso, A., Afonso, J., Pereira, O. & Coutinho, J., 1999. *Fertilidade do solo e nutrição mineral de vinhas da casta Avesso*, Encontro anual: A Investigação do solo em Portugal (1996 - 1998), João Coutinho, Vila Real, 28-30.
- Veloso, A., Afonso, J. & Pereira, O., 2004 a. *Caracterização e fertilização de vinhas da casta Avesso: Fertilidade do Solo. Estado nutricional das videiras e características quantitativas da produção*, 52 p. DRAEDM, 1ª ed., Braga.
- Veloso, A., Afonso, J. & Pereira, O., 2004 b. *Caracterização e fertilização de vinhas da casta Alvarinho: Fertilidade do Solo. Estado nutricional das videiras e características quantitativas da produção*, 52 p. DRAEDM, 1ª ed., Braga.
- Vieira, S., Pacheco, C., Santos, F., Cardoso, A., Andrade, A. & Calouro, F., 2004. *Valores de referência preliminares para diagnóstico do estado de nutrição da casta Camarate na Região da Bairrada em duas épocas do ciclo vegetativo*. 6º Simpósio de Vitivinicultura do Alentejo, vol. 1, Évora, 176 - 183.
- Vogelmann, J., Rock, B. & Moss, D., 1993. Red edge spectral measurements from sugar maple leaves. *International Journal of Remote Sensing*, **14**, 1563 - 1575.
- Vouillot, M., Hauet, P. & Boissard, P. 1998. Early detection of N deficiency in a wheat crop using physiological and radiometric methods. *Agronomie*, **18**, 117 - 130.
- Wadt, P., s.d.. Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS). www.dris.com.br, consultado a 7 de janeiro de 2013.
- Wadt, P., Novais, R., Venegas, V. & Bragança, S., 1999. Alternativas de aplicação do "DRIS" à cultura de café Conilon (*Coffea canephora* Pierre). *Scientia Agricola*, **56**, 83 - 92.
- Walworth, J., Letsch, W. & Sumner, M., 1986. Use of boundary lines in establishing diagnostic norms. *Soil Science Society of America Journal*, **50**, 123 - 128.

- Walworth, J. & Sumner, M., 1987. The diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). *Advances in Soil Science*, **6**, 149 - 188.
- Walworth, J., Woodard, H. & Sumner, M., 1988. Generation of corn tissue norms from a small, high-yield data base. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, **19**, 563 - 577.
- Xu, H., Ying, Y., Fu, X. & Zhu, S., 2007. Near-infrared Spectroscopy in detecting Leaf Miner Damage on Tomato Leaf. *Biosystems Engineering*, **96**, 447 - 454.
- Xue, L. & Yang, L., 2009. Nondestructive determination of nitrate content in spinach leaves with visible-near infrared high spectra. *Spectroscopy and spectral analysis*, **29**, 926 - 930.
- Yang, F., Li, J., Gan, X., Qian, Y., Wu, X. & Yang, Q., 2010. Assessing nutritional status of *Festuca arundinacea* by monitoring photosynthetic pigments from hyperspectral data. *Computers and Electronics in Agriculture*, **70**, 52 - 59.
- Yoder, B. & Pettigrew-Crosby, R., 1995. Predicting Nitrogen and Chlorophyll Content and Concentrations from Reflectance Spectra (400-2500 nm) at Leaf and Canopy Scales. *Remote Sensing of Environment*, **53**, 199 - 211.
- Zarco-Tejada, P., Berjón, A., Lopez-Lozano, R., Miller, J., Martín, P., Cachorro, V., González, M. & De Frutos, A., 2005. Assessing vineyard condition with hyperspectral indices: leaf and canopy reflectance simulation in a row-structured discontinuous canopy. *Remote Sensing Environment*, **99**, 271 - 287.
- Zarco-Tejada, P., Miller, J., Mohammed, G. & Noland, T., 2000. Chlorophyll fluorescence effects on vegetation apparent reflectance: I. Leaf-level measurements and simulation of reflectance and transmittance spectra. *Remote Sensing of Environment*, **74**, 582 - 595.
- Zarco-Tejada, P., Miller, J., Mohammed, G., Noland, T. & Sampson, P., 2001. Scaling-up and model inversion methods with narrow-band optical indices for chlorophyll content estimation In closed forest canopies with hyperspectral data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, **39**, 1491 - 1507.
- Zubillaga, M. & Urricariet, S. 2005. Assessment of Nitrogen Status in wheat using aerial photography. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, **36**, 1787 - 1798.

Anexos

Anexo I. Colheita de amostras de terra para análise na cultura da vinha

Unidade de amostragem: Para a colheita das amostras de terra, o terreno deve ser dividido em parcelas uniformes no que se refere ao tipo de solo, topografia, exposição, cultivar, porta-enxerto, aspeto das culturas, idade e técnicas culturais praticadas (Pacheco & Vieira, 2004; INIAP, s.d.; LQA/UE, s.d. a; LQARS/INIAP, s.d. a; LSFESACB, s.d.; UIARN/INRB, s.d.). A unidade de amostragem deverá ser constituída por 40 videiras marcadas permanentemente e distribuídas, por exemplo, em duas linhas contínuas, nas quais se colhem cerca de 15 a 20 subamostras (Pacheco & Vieira, 2004; Cavaco *et al.*, 2005; LQARS/INIAP, s.d. a; UIARN/INRB, s.d.).

Em todo o caso, a parcela amostrada não deverá ter uma área superior a 5 ha (LSFESACB, s.d.; UIARN/INRB, s.d.). Caso tal se verifique, o terreno deverá ser decomposto em parcelas com uma área igual ou inferior a 5 ha (LSFESACB, s.d.)

Época de Colheita: As amostras de terra poderão ser recolhidas em qualquer época do ano (INIAP, s.d.; LQA/UE, s.d. a; UIARN/INRB, s.d.;). Contudo, convém notar que terras muito molhadas ou demasiadamente secas são mais difíceis de misturar, impossibilitando a obtenção de uma amostra média (INIAP, s.d.; LQA/UE, s.d. a; UIARN/INRB, s.d.). Além disso, o acompanhamento da evolução do estado de fertilidade do solo de uma parcela ao longo do tempo, só é possível se as colheitas forem efetuadas na mesma época do ano, evitando assim flutuações sazonais (INIAP, 2006).

Material necessário: Deve utilizar-se uma sonda ou, na falta desta, uma pá ou uma enxada, um balde e sacos (INIAP, s.d.; LQA/UE, s.d. a; LSFESACB, s.d.). Todo o material que entra em contacto com a terra deve ser muito bem limpo (INIAP, s.d.; LQA/UE, s.d. a; LSFESACB, s.d.).

Colheita de amostras: A parcela deverá ser percorrida em ziguezague, colhendo ao acaso, cerca de 20 a 30 amostras por hectare (LSFESACB, s.d.) ou pequenas amostras parciais de igual tamanho em pelo menos 15 pontos diferentes (INIAP, s.d.; LQA/UE, s.d. a). No caso da unidade de amostragem ser constituída por 40 videiras distribuídas em duas linhas contínuas, colhem-se cerca de 15 a 20 subamostras (Pacheco & Vieira, 2004; Cavaco *et al.*, 2005; LQARS/INIAP, s.d. a; UIARN/INRB, s.d.). As infestantes, pedras e outros detritos à superfície do terreno devem ser removidos antes de colher cada uma das amostras parciais (Cavaco *et al.*, 2005; LSFESACB, s.d.). Quanto à profundidade ou se opta por colher uma amostra de terra composta na camada de 0 a 40/50 cm de profundidade (Pacheco & Vieira, 2004;

Cavaco *et al.*, 2005; INIAP, s.d.; LQARS/INIAP, s.d. a; UIARN/INRB, s.d.) ou por duas amostras, sendo uma correspondente à camada subsuperficial até 20 cm e outra à profundidade de 20 a 40/50 cm, tendo o cuidado de não misturar as duas camadas (INIAP, s.d.; LQA/UE, s.d. a.; LSFESACB, s.d.; UIARN/INRB, s.d.). Convém mencionar que, embora alguma bibliografia consultada mencione exclusivamente a amostragem de terra segundo as duas camadas anteriormente referidas, o UIARN/INRB (s.d.), apenas recomenda a colheita das duas amostras de terra sempre que estivermos perante solos ácidos ou nas situações em que se esperam diferenças acentuadas de fertilidade entre as duas camadas de terra. A colheita de amostras repete-se em cada local de amostragem, previamente marcado, resultando, no final, várias amostras simples (LQA/UE, s.d. a; LSFESACB, s.d.). Por fim, mistura-se bem a terra, retirando as partículas de dimensões maiores tais como pedras ou outros detritos (Pacheco & Vieira, 2004; INIAP, s.d.; LQA/UE, s.d. a; LQARS/INIAP, s.d. a; LSFESACB, s.d.; UIARN/INRB, s.d.). Obtém-se, assim, uma amostra composta representativa do terreno (INIAP, s.d.; LQA/UE, s.d. a; LQARS/INIAP, s.d. a; LSFESACB, s.d.; UIARN/INRB, s.d.). Desta amostra, retira-se aproximadamente 0,5 kg de terra para um saco plástico (Pacheco & Vieira, 2004; LQA/UE, s.d. a; INIAP, s.d.; LQARS/INIAP, s.d. a; LSFESACB, s.d.; UIARN/INRB, s.d.). É esta porção de terra, devidamente identificada e embalada, que deverá ser enviada para o laboratório de análises, acompanhada da ficha de campo da parcela em causa (INIAP, s.d.; LQA/UE, s.d. a; LQARS/INIAP, s.d. a; LSFESACB, s.d.; UIARN/INRB, s.d.).

Notas Importantes: Deve evitar-se a colheita em locais encharcados, na proximidade de caminhos e estábulos ou junto de casas, assim como em zonas onde tenham sido depositados adubos, estrumes, corretivos calcários, cinzas ou outros produtos (Pacheco & Vieira, 2004; INIAP, s.d.; LQA/UE, s.d. a; LQARS/INIAP, s.d. a; LSFESACB, s.d.; UIARN/INRB, s.d.).

Se for necessário analisar os micronutrientes do solo, deverão usar-se utensílios de madeira, plástico ou aço inoxidável (INIAP, s.d.; LQA/UE, s.d. a). Os cuidados na limpeza do material e manuseamento da amostra deverão ser redobrados (INIAP, s.d.; LQA/UE, s.d. a). Por esta razão, na eventualidade de se utilizar a enxada ou pá, deverá abrir-se a cova, raspar a parede com a pá de madeira ou plástico e só depois retirar a fatia de terra para o balde, utilizando o mesmo material (INIAP, s.d.; LQA/UE, s.d. a).

Sempre que as videiras apresentem aspeto anormal, deverão colher-se duas amostras. Uma na zona cujas plantas apresentem sintomas anómalos e outra no local

em que as plantas se encontram normais. Estas deverão ser devidamente identificadas antes de enviadas para análise (INIAP, s.d.; LQA/UE, s.d. a).

Anexo II. Colheita de amostras de folhas para análise na cultura da vinha

Unidade de amostragem: A colheita de folhas para análise laboratorial deverá ser efetuada numa zona homogénea e representativa das características dominantes da vinha, no que se refere à natureza do solo, topografia, exposição, casta, idade das plantas e técnicas culturais (Pacheco & Vieira, 2004; Cavaco *et al.*, 2005; LQA/UE, s.d. b; LQARS/INIAP, s.d. b). Em cada zona define-se uma unidade de amostragem constituída por 40 videiras, marcadas de forma permanente, distribuídas, por exemplo em duas linhas contíguas (Pacheco & Vieira, 2004; Cavaco *et al.*, 2005; LQA/UE, s.d. b; LQARS/INIAP, s.d. b), sendo que cada unidade de amostragem não deverá ser representativa de mais de 5 hectares (LQA/UE, s.d. b).

Época de Colheita: Colhem-se as folhas nas videiras marcadas, que constituem a unidade de amostragem, na época de plena Floração (75% das plantas com a maior parte das folhas abertas, prontas a ser fecundadas – estágio I) (Pacheco & Vieira, 2004; Cavaco *et al.*, 2005; LQA/UE, s.d. b; LQARS/INIAP, s.d. b).

Material necessário: É necessária uma caixa-geleira, bem como sacos de pano, de rede de nylon, de papel tipo Lemon Kraft ou de plástico para congelar alimentos (Cavaco *et al.*, 2005; LQA/UE, s.d. b).

Colheita de amostras: Devem ser colhidas as folhas inteiras, opostas ao cacho basal, com pecíolos e inseridas no terço médio do braço (Pacheco & Vieira, 2004; Cavaco *et al.*, 2005; LQA/UE, s.d. b; LQARS/INIAP, s.d. b). No total, em cada videira colhem-se uma ou duas folhas, sendo que cada amostra deverá ser constituída, no mínimo, por 60 folhas (Pacheco & Vieira, 2004; Cavaco *et al.*, 2005; LQA/UE, s.d. b; LQARS/INIAP, s.d. b). A colheita deverá ser efetuada pela manhã, ou ao final do dia, e os tratamentos fitossanitários deverão ser distanciados, sempre que possível, da época de colheita das folhas (Cavaco *et al.*, 2005). O material vegetal deve estar limpo (sem terra nem resíduos de pesticidas) e isento de pragas e doenças (LQA/UE, s.d. b). Ainda na vinha destacam-se os pecíolos inteiros das folhas (Pacheco & Vieira, 2004; Cavaco *et al.*, 2005; LQA/UE, s.d. b; LQARS/INIAP, s.d. b). Os mesmos poderão ser introduzidos em sacos de pano, de rede de nylon, de papel tipo Lemon Kraft, ou de plástico para congelar alimentos (Cavaco *et al.*, 2005; LQA/UE, s.d. b). Em alternativa, cada amostra de pecíolos poderá ser envolvida em papel absorvente (Pacheco & Vieira, 2004; Cavaco *et al.*, 2005; LQARS/INIAP, s.d. b). As amostras devem ser devidamente identificadas com uma etiqueta colocada no seu exterior (Cavaco *et al.*, 2005;

LQA/UE, s.d. b; LQARS/INIAP, s.d. b). A amostra assim acondicionada deve ser colocada numa caixa-geleira, evitando o contacto direto com o termoacumulador, e entregue no laboratório num período não superior a 48 horas, acompanhada da respetiva ficha informativa devidamente preenchida (Pacheco & Vieira, 2004; Cavaco *et al.*, 2005; LQA/UE, s.d. b; LQARS/INIAP, s.d. b). Em alternativa, as amostras de pecíolos poderão ser enviadas, por correio azul, em envelope almofadado para o laboratório (Cavaco *et al.*, 2005; LQARS/INIAP, s.d. b).

Notas Importantes: Sempre que se verifiquem desequilíbrios de natureza nutritiva ao longo do ciclo vegetativo, no caso de se pretender diagnosticar, por comparação, duas situações distintas, estes poderão ser identificados através da análise foliar (LQA/UE, s.d. b; LQARS/INIAP, s.d. b). Para tal, devem colher-se uma amostra representativa de cada situação, independentemente da época e da sua localização nos pâmpanos, bem como duas amostras de terra na camada 0-50, representativa de cada uma das áreas em que foram colhidas as amostras do material vegetal (Cavaco *et al.*, 2005; LQA/UE, s.d. b; LQARS/INIAP, s.d. b). Convém ainda registar os sintomas observados, o tipo de folhas em que se localizam, a época de aparecimento dos mesmos e a sua distribuição na vinha (Cavaco *et al.*, 2005; LQARS/INIAP, s.d. b).

Anexo III. Análise de amostras de terra

Neste anexo serão sumariamente descritos os procedimentos de análise de amostras de terras, estabelecidos de acordo com as normas ISO (International Organization for Standardization) publicadas, assim como a partir da consulta de bibliografia específica. Estes protocolos encontravam-se em vigor na EOR – Laboratório de Análises Químicas, Lda., durante o período em que decorreu este trabalho.

1. Preparação da amostra de terra: Na preparação das amostras de terra podemos considerar duas fases: a secagem e a crivagem. Ao serem recebidas no laboratório, as amostras de terra foram secas numa estufa a temperatura inferior a 40° C, durante cerca de 48h. Seguidamente procedeu-se à crivagem, isto é, à separação do material com dimensões superiores a 2 mm. É a fração menor que 2 mm, que passa através deste crivo, que constitui a terra fina, na qual se efetuaram as determinações laboratoriais. Esta foi convenientemente homogeneizada e guardada em recipiente fechado.

2. Determinação da textura: A avaliação da textura foi processada de modo manual e baseou-se na diferença nítida ao tacto existente entre a areia, o limo e a argila. A sua avaliação assenta nas seguintes premissas: a areia (grossa ou fina) é áspera ao tacto e, quando humedecida, não é plástica, pegajosa ou moldável; o limo é extremamente macio ao tacto, sedoso, e quando humedecido, é bastante plástico, moldável mas não pegajoso; a argila é macia e, quando humedecida é muito plástica, mais ou menos pegajosa, muito moldável e quando seca torna-se muito dura.

Com base na observação, as amostras de solo poderão ser classificadas segundo a sua textura em 3 classes distintas (Gomes & Silva, 1962), como mostra a tabela III.1.

Tabela III.1. Classificação das classes de textura (Gomes & Silva, 1962).

Classe de Textura	Características apreciadas pelo tacto
Ligeira	Apresenta maior proporção de materiais ásperos que macios, não é plástica nem pegajosa, fendilha quando se procura moldar em filamento
Média	Apresenta características intermédias entre a ligeira e a fina
Fina	Contém maior proporção de materiais finos e macios: pode moldar-se em filamento alongado e curvar-se em argola sem fendilhar

3. Determinação do pH: O valor do pH foi determinado por potenciometria utilizando uma suspensão da amostra solo/água e outra solo/solução de cloreto de potássio 1N, ambas na proporção 1:2,5 (m/v). As leituras potenciométricas foram realizadas na solução sobrenadante, após uma hora de contacto.

4. Determinação do teor de matéria orgânica: O método selecionado para a determinação dos teores de carbono orgânico de uma amostra de solo baseia-se no proposto por Walkley-Black, e consiste na oxidação da matéria orgânica (ou do carbono existente no solo) por digestão com um agente oxidante (o dicromato de sódio), numa estufa a 90 °C, durante 90 minutos. Posteriormente, procede-se ao doseamento da matéria orgânica num colorímetro contra uma curva elaborada previamente por titulação do excesso de agente oxidante com um redutor, segundo o método de Tinsley. Os resultados são expressos em percentagem.

5. Fósforo e potássio extraíveis: O método de Egner – Riehm estabelece a extração simultânea do fósforo e do potássio por meio de uma solução de lactato de amónio e ácido acético tamponizada a pH compreendido entre 3,65 e 3,75, com um período constante de duas horas. A partir do extrato obtido, doseia-se colorimetricamente o fósforo por aplicação do método do ácido ascórbico. Por seu lado, o teor de potássio extraível é medido diretamente por espectrofotometria de absorção atómica (EAA), Os resultados têm em consideração a curva de calibração estabelecida com das soluções padrão destes elementos e são expressos em mg/kg P_2O_5 e mg/kg K_2O , respetivamente.

6. Determinação da necessidade em cal: O método estabelecido por Taboadela e Ojea permite determinar a necessidade em cal em solos até pH 7,0. Este processo baseia-se na alteração do pH de uma amostra de terra quando em contacto com uma solução tampão e tem como fim determinar a quantidade de toneladas de $CaCO_3$ /ha necessária para elevar o pH do solo até ao valor desejado.

7. Determinação da condutividade elétrica específica: Neste procedimento efetua-se a extração da amostra de solo com água a 20 °C numa relação 1:2 (m/v), de forma a dissolver os eletrólitos. A condutividade elétrica específica do estrato filtrado é medida num condutivímetro e o resultado é corrigido para uma temperatura de 25 °C.

8. Determinação do cálcio e magnésio extraíveis: O seguinte método baseia-se na extração dos catiões do solo, por agitação, na presença de uma solução de acetato de amónio 1 M a pH 7,0, com uma relação de extração 1:25 (m/v). O doseamento dos catiões é feito por espectrofotometria de absorção atómica. À semelhança de outras

determinações analíticas, os valores finais obtidos são estabelecidos com base nas curvas padrões do cálcio e do magnésio.

9. Determinação da capacidade catiónica de um solo, das bases de troca, do grau de saturação de um solo e da acidez de troca: A capacidade de troca catiónica (T) foi obtida por lixiviação da amostra de solo com o excesso de uma solução de acetato de amónio 1N a pH7,0, com o propósito de remover os catiões de troca. O amónio é doseado por destilação e o seu valor (cmol/kg) corresponde à capacidade de troca catiónica do solo. Em relação às bases de troca, o processo da sua determinação passa pela filtração e lavagem da mesma amostra de solo com uma solução de acetato de amónio 1M (pH=7). A partir do extrato obtido, determinam-se as bases totais, em cmol/kg, por doseamento pelo método espectrofotometria de absorção atómica (cálcio e magnésio), ou por espectrofotometria de emissão atómica em chama, EEC), (sódio e potássio). A soma das bases de troca (S) representa a soma dos teores dos quatro catiões anteriormente referidos. O grau de saturação de um solo (%) V calcula-se pela aplicação da fórmula: $(\%) V = (S \cdot 100) / T$, em que S representa a soma das bases de troca e T a capacidade de troca catiónica. Por sua vez, a acidez de troca resulta da diferença entre a capacidade de troca catiónica (T) e a soma das bases de troca (S).

10. Determinação dos micronutrientes Fe, Cu, Mn e Zn extraíveis: Para a determinação do ferro, cobre, manganês e zinco extraível, aplicou-se o método de Lakanen & Erviö (1971), que se fundamenta na extração destes micronutrientes através da adição de uma solução de EDTA à amostra de solo, seguida de agitação e filtração. O doseamento é feito por Espectrometria de Emissão Ótica por Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-OES).

11. Determinação do boro extraível: O boro foi extraído em água fervente, durante 5 minutos, por aquecimento sob refluxo. Após o seu arrefecimento, adicionou-se uma solução de CaCl_2 e filtrou-se a amostra. O boro foi doseado colorimetricamente sendo os resultados expressos em ppm.

12. Determinação do azoto total: O teor em azoto de uma amostra de solo é determinado pela aplicação do método de Kjeldhal modificado (ISO 11261:1995), o qual consiste na digestão da fração de terra em ácido sulfúrico concentrado na presença de um catalisador, a alta temperatura, seguida de doseamento do NH_3 destilado e arrastado pelo vapor de água, através de uma titulação ácido-base.

Anexo IV. Análise de amostras de folhas

Nas páginas seguintes descreve-se o procedimento analítico adaptado pela empresa EOR – Laboratório de Análises Químicas, Lda., referente ao material foliar colhido no período de duração deste ensaio.

1. Preparação da amostra e determinação do fator de correção da humidade: As amostras de material foliar devem ser submetidas a uma preparação prévia que inclui a lavagem, a secagem e a moagem. A lavagem é uma etapa essencial para eliminar os resíduos de poeiras e de eventuais tratamentos fitossanitários ou outros. As folhas são, inicialmente, lavadas sob um jacto fino de água da torneira, com a ajuda de um pincel macio. Seguidamente são mergulhadas num recipiente contendo uma solução muito diluída de detergente específico para uso laboratorial e, após este processo, passadas novamente pela água da torneira. De seguida, mergulham-se sucessivamente numa solução de ácido clorídrico, aproximadamente 0,05 N, e em dois recipientes diferentes de água destilada. Finalmente são enxaguadas com uma toalha. Após a lavagem as folhas são submetidas a secagem em estufa a 65 °C, durante 48 horas e moídas em moinho com crivo de 0,5 mm de diâmetro de poro. O material é armazenado em recipientes bem fechados, até à data de análise.

Convém ainda ressaltar que antes de se proceder à análise das amostras foliares, deve calcular-se o fator de correção da humidade. No caso dos macronutrientes, os resultados são expressos em percentagem, relativamente à matéria seca a 100 – 105 °C, ao passo que, em relação aos micronutrientes, a unidade de medida adotada é ppm.

2. Digestão nitro-peróxida: A decomposição do tecido vegetal, visando a determinação dos nutrientes essenciais às plantas, foi obtida através da solubilização com ácidos nítrico e peróxido de hidrogénio, por micro-ondas. Este método é realizado para a determinação dos elementos P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn.

3. Determinação dos teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, cobre, ferro, manganês, zinco e boro: Os teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, cobre, ferro, manganês, zinco e boro foram obtidos através da leitura direta do digerido por espectrometria de emissão ótica por plasma acoplado indutivamente (ICP-OES).

4. Determinação do azoto total: Para esta análise recorreu-se ao método semi-micro de Kjeldahl, o qual se fundamenta na conversão das substâncias azotadas presentes na amostra em amónia, através da ação do ácido sulfúrico a quente, utilizando como

catalisador o óxido vermelho de mercúrio; na fixação da amónia pelo excesso de ácido sulfúrico, sob a forma de sulfato de amónio; na libertação de amoníaco por ação do hidróxido de sódio concentrado a quente; e na titulação da solução de ácido bórico onde foi recebido o amoníaco condensado, com uma solução de ácido clorídrico, de título rigorosamente conhecido.

Anexo V. Localização dos ensaios e breve descrição das Quintas

1. A Estação Vitivinícola Amândio Galhano

2. A Quinta de São Luiz

1. A Estação Vitivinícola Amândio Galhano



Figura V.1. A Estação Vitivinícola Amândio Galhano (Google Earth, 2010).

Legenda:

-  Limite da Estação Vitivinícola Amândio Galhano, Comissão Vitivinícola da Região dos Vinhos Verdes
-  Limite da parcela ocupada pelo ensaio

Criada em 1986, pela Comissão de Viticultura da Região dos Vinhos Verdes, com o propósito de dar resposta às questões técnicas mais prementes de uma região demarcada, que então se debatia com a necessidade de afirmação de um produto “sui-generis” como é o Vinho Verde, os 70 hectares da Estação tornaram-se numa unidade experimental que pretende dar resposta aos problemas dos viticultores (Garrido *et al.*, 2001; Rota Verde, 2003). Destes, 33,7 ha são de área com aptidão vitícola, 28,6 ha de área florestal e 7,7 ha de área social. Até à data, foram inúmeros os trabalhos publicados, quer na área da viticultura, quer na de enologia, desenvolvidos na EVAG (CVRVV, 2002). Paralelamente à componente experimental, a Estação desenvolve também atividade no domínio da multiplicação vegetativa da videira, representando assim um polo fundamental no desenvolvimento e na

modernização da vitivinicultura da RDVV (Carvalho, 1997; Rota Verde, 2003). Da área vitícola total, 12 ha destinam-se à multiplicação vegetativa (sendo a área de pés-mães de 7 ha e a área de viveiros de 5 ha) e 21,7 ha à experimentação vitícola (dos quais 19,4 ha constituem a área efetivamente ocupada por vinha e 2,3 ha, a área ainda por ocupar). Há ainda a assinalar a existência de uma pequena adega experimental (Carvalho, 1997; CVRVV, 2002; Rota Verde, 2003).

2. A Quinta de São Luiz

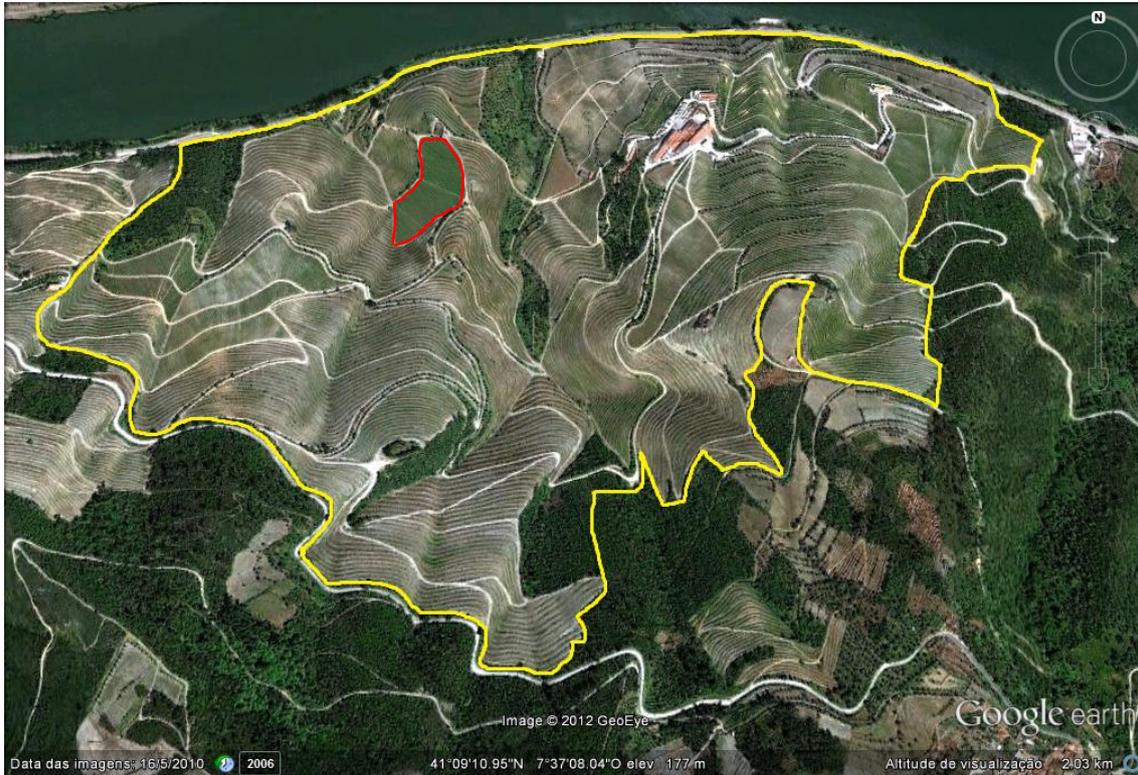


Figura V.2. A Quinta de São Luiz (Google Earth, 2010).

Legenda:

-  Limite da Quinta de S. Luiz, Sogevinus Fine Wines
-  Limite da parcela ocupada pelo ensaio

Dos 125 hectares de área total, a Quinta de São Luiz conta com 90 hectares de vinha plantada. As castas dominantes são a Touriga Nacional, a Touriga Franca, a Tinta Roriz e o Tinto Cão, existindo também pequenos talhões de Tinta Barroca e de Tinta Amarela (Sogevinus Fine Wines, 2011). Estes vinhedos, por beneficiarem dos melhores atributos da Região Demarcada do Douro (solo xistoso e clima extremo, entre outros) são de elevada qualidade, sendo classificados com a letra “A” pelo método de Moreira da Fonseca (Sogevinus Fine Wines, 2011).

Anexo VI. Descrição das Castas e Porta-enxertos

1. A casta “Loureiro”
2. A casta “Touriga Nacional”
3. O porta-enxerto “1103 Paulsen (1103 P)”
4. O porta-enxerto “196-17 Castel (196-17 CL)”

1. A casta “Loureiro”

A casta Loureiro, indígena da região do Vinho Verde e da Galiza, é uma variedade muito antiga originária do Noroeste de Portugal, nomeadamente da região da Ribeira-Lima (Mota & Silva, 1986; Mota *et al.*, 2001; CVRVV, 2002; Böhm, 2007).

A Região Demarcada dos Vinhos Verdes constitui a região de maior expansão desta casta branca de elevada qualidade, em particular, a sub-região de Ponte de Lima (Mota & Silva, 1986; IVV, 2011; Böhm, 2007). Todavia, apesar de encontrar condições mais adequadas ao seu desenvolvimento nos vales do Lima e do Cávado, esta casta é recomendada ou autorizada na maioria da Região Demarcada dos Vinhos Verdes, com exceção das sub-regiões de Monção, Basto e Amarante e concelhos de Baião, Cinfães e Resende (Mota & Silva, 1986; Carvalho, 1997; Mota *et al.*, 2001). Tal facto justifica-se pelas suas enormes aptidões: tem uma produtividade elevada e gera vinhos de qualidade boa a elevada, com teores alcoólicos superiores à média, que se destacam pelo seu aroma característico e pronunciado, harmonia e sabor (Mota & Silva, 1986; Carvalho, 1997; Mota *et al.*, 2001; CVRVV, 2002; IVV, 2011).

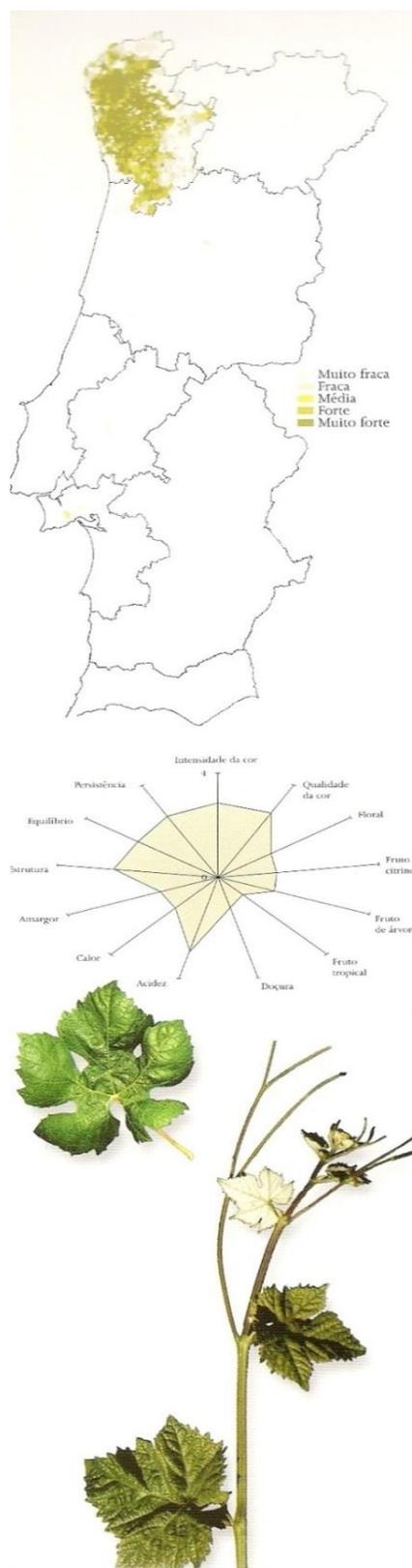


Figura VI. 1. Distribuição e caracterização enológica da casta Loureiro (Böhm, 2007).

A atual superfície vitícola é de 3500 ha (IVV, 2013).

Sinonímia: Os sinónimos oficiais (nacional e OIV) são Loureira e Marques (Böhm, 2007). Contudo, é também conhecida por Loureira ou Branco Redondo no concelho da Póvoa de Varzim, por Dourado(a) em Viana do Castelo, por Marquês nos concelhos de Paços de Ferreira, Santo Tirso e Caminha e por Arinto no sul da Região. É ainda conhecida por Moscatel e trata-se, provavelmente da Loureira da Província Espanhola da Galiza. (Mota & Silva, 1986; Böhm, 2007). Homónimos são desconhecidos em Portugal (Böhm, 2007).

Classificação: Vinho de qualidade DOC: Vinho Verde, sub-regiões de Sousa, Ave, Cávado, Lima, Monção e Paiva. Vinho Regional Minho, Beiras, Terras do Sado (Böhm, 2007).

Descrição Morfológica:

Abrolhamento: Aberto, muito cotanilhoso, branco e com orla carminada (Mota & Silva, 1986). Caracteriza-se por uma época de rebentação precoce (IVV, 2011).

Folha Jovem: Verde com manchas bronze, às vezes amarela acobreada (Mota & Silva, 1986; Böhm, 2007; IVV, 2011). Muito bolhosa. Muito cotanilhosa, com elevada densidade de pelos prostrados na página inferior (Mota & Silva, 1986; Böhm, 2007).

Flor: Hermafrodita (Mota & Silva, 1986; Böhm, 2007; IVV, 2011).

Pâmpano: Entrenós verdes e nós com estrias vermelhas pela face dorsal, e verdes pela face ventral. Gomos verdes com pigmentação antociânica nula ou fraca. Porte semi-ereto a horizontal (Mota & Silva, 1986; Böhm, 2007; IVV, 2011). Vigor elevado e fertilidade dos gomos basais mediana (IVV, 2011).

Gavinhas: Descontínuas, compridas e tearâneas. Muito divididas, vigorosas e enroscadas (Mota & Silva, 1986). Apresenta duas ou menos gavinhas consecutivas (IVV, 2011).

Folha adulta: Tamanho médio, pentagonal, quinquelobada, às vezes acentuadamente trilobada, cor verde médio, perfil irregular com elevação dos lobos normalmente revolutos, medianamente bolhosa e enrugamento do limbo ausente ou muito fraco. A pigmentação antociânica das nervuras principais da página superior ocorre até à primeira bifurcação. Dentes curtos e médios, de lados rectilíneos a convexos. Seio peciolar pouco aberto com base em V, e seios laterais superiores fechados com base em U. Ponto peciolar. Cotanilhosa e francamente cerdosa na página inferior. Apresenta densidade média de pelos prostrados entre e nas nervuras principais e

densidade baixa ou muito baixa de pelos eretos. Pecíolo penugento e mais curto que a nervura principal mediana de cor carmim (Mota & Silva, 1986; Böhm, 2007; IVV, 2011).

Cacho: Grande, às vezes médio. Cilindro-cônico ou cônico alado (uma a duas asas). Compacidade média e peso médio. Pedúnculo de comprimento médio e lenhificação média (Mota & Silva, 1986; Böhm, 2007; IVV, 2011).

Bago: Tamanho médio e uniforme. Arredondado, às vezes ligeiramente achatado. Cor verde amarelada e dourado, quando bem maduro. Com pruína, película de espessura média e hilo pouco aparente. Segundo os autores consultados, a sua polpa é mole, não corada, suculenta e de sabor ausente (IVV, 2011). Pedicelo de comprimento médio e fácil separação (Mota & Silva, 1986; Böhm, 2007).

Grainhas: Bem formadas (IVV, 2011). De tegumento pouco duro, predominam em número de uma por bago. Tamanho médio, bojudas, de bico curto pouco pronunciado (Mota & Silva, 1986).

Sarmentos: De secção transversal elíptica, superfície estriada e costada, e cor castanha escura ou amarelada. Extensos e vigorosos. Entrenós de comprimento médio e nós relativamente volumosos. Gomos de tamanho médio, em cúpula e salientes (Mota & Silva, 1986; Böhm, 2007; IVV, 2011).

Extremidade do ramo: De forma completamente aberta, orla com pigmentação antociânica média e elevada densidade de pelos prostrados (Böhm, 2007; IVV, 2011).



Figura VI.2. Cacho representativo da casta Loureiro (Mota & Silva, 1986).

ento médio (Mota *et al.*, 2001; CVRVV, 2002; Böhm, 2007; IVV, 2011) a precoce (1 dia após a Fernão Pires), de Floração em época média (2 dias após a Fernão Pires), de Pintor tardio (15 dias após a Fernão Pires) e

maturação média a tardia (duas semanas após a Fernão Pires) (Mota *et al.*, 2001; CVRVV, 2002; Böhm, 2007).

Potencial vegetativo: Caracteriza-se por apresentar vigor médio, porte semi-ereto e entrenós médios a compridos (Böhm, 2007). A rebentação múltipla é pouca, e não é muito habitual a tendência para o desenvolvimento de netas (Böhm, 2007). Com um índice de fertilidade elevado, apresenta, em média, 2 inflorescências por lançamento, dando origem a cachos de tamanho médio (270 g), em zonas quentes, até comprido na região dos Vinhos Verdes, medianamente compactos e pesados, o que torna esta casta muito produtiva (Mota *et al.*, 2001; CVRVV, 2002; Böhm, 2007). O bago apresenta-se médio a pequeno (1,7 gramas), a película é medianamente espessa e o número de grainhas por bago é de 2,1 a 2,6 (Böhm, 2007). A produtividade é elevada, rondando os 10 000 a 18 000 kg/ha), verificando-se a estabilidade e homogeneidade da produção (Böhm, 2007). O Índice de Winkler, isto é, o somatório das temperaturas ativas para uma correta maturação é 1268 horas acima de 10 °C (Arcos de Valdevez) (Böhm, 2007). Recomenda-se a produção de 8000 L/ha (Böhm, 2007). É sensível ao sol e à seca (Böhm, 2007). A nível criptogâmico apresenta dificuldades quanto ao míldio, oídio, escoriose e podridão do cacho (Mota *et al.*, 2001; CVRVV, 2002; Böhm, 2007; IVV, 2011). Quanto a parasitas, é sensível aos ácaros (Mota *et al.*, 2001; CVRVV, 2002; Böhm, 2007; IVV, 2011).

Potencial agronómico: Casta de vigor médio e boa afinidade com a maioria dos porta-enxertos utilizados na região, designadamente o SO4 e o 196-17, revelando mais recentemente bons resultados com o 101-14 e o 1103P (Mota *et al.*, 2001; CVRVV, 2002; Böhm, 2007; IVV, 2011). A casta adapta-se bem a todas as formas de condução (Böhm, 2007). Tradicionalmente é conduzido nas árvores em latadas. Contudo, atualmente, adapta-se ao cordão e ao *guyot* (Böhm, 2007). Os solos mais favoráveis são os profundos, de média fertilidade e algo secos, tendo presente que perde qualidade com o *stress* hídrico (Böhm, 2007; IVV, 2011). Exige proteção do vento, já que é sensível à desnoça, dando-se bem com a humidade do ar (Böhm, 2007; IVV, 2011). Quanto ao compasso, todos os intervalos experimentados deram bons resultados (Böhm, 2007). Pode ocorrer desavinho e bagoínha (Böhm, 2007). Após maturação do cacho, a conservação é sensível, não aguentando muito (Böhm, 2007). Não é necessária a proteção contra ataques de pássaros e a vindima mecânica é possível no caso de baixas temperaturas, uma vez que o pedúnculo se solta facilmente (Böhm, 2007).

Potencial enológico: A casta Loureiro apresenta-se como uma excelente opção para o fabrico de Vinhos Verdes jovens (Böhm, 2007). Conforme a região, o grau alcoólico das uvas e dos mostos varia embora se considere, normalmente, mediano (IVV, 2011). Enquanto no Minho o teor é mais baixo (11^o vol.), no Dão facilmente atinge os 13^o (Böhm, 2007). A acidez natural é mediana a alta (cerca de 10,27 g/L) e o mosto é medianamente sensível à oxidação (Böhm, 2007; IVV, 2011). Se a produção é excessiva, a acidez revela ser alta e o aroma varietal torna-se incipiente (IVV, 2011).

Por seu turno, os vinhos produzidos caracterizam-se por apresentarem uma cor fraca e tonalidade citrina (Böhm, 2007; CVRVV, 2002; Mota *et al.*, 2001). A sensibilidade do vinho à oxidação é média (Böhm, 2007). A análise laboratorial dos aromas revela compostos precursores do aroma: elevada presença de compostos terpénicos livres (172 µg/L), basicamente α-terpineol (123 µg/L) (Böhm, 2007). Segundo análise sensorial (Cerdeira *et al.*, 2004), os aromas são floral, frutos citrinos, frutos de árvore e algum fruto tropical. O aroma é fino e elegante, indo desde o frutado de citrinos (limão) ao floral (frésia, rosa) e melado (bouquet) (Mota *et al.*, 2001; CVRVV, 2002; Böhm, 2007). O sabor é frutado com ligeiro acidulo, fresco, harmonioso, encorpado e persistente (Mota *et al.*, 2001; CVRVV, 2002; Böhm, 2007). Habitualmente o vinho de Loureiro é caracterizado como tendo um aroma floral de loureiro (Böhm, 2007), tília, laranjeira e acácia, bem como frutado de laranja, pêssego e por vezes maçã Golden (Loureiro, 2002; IVV, 2011). Possui boa estrutura, equilíbrio e persistência (Böhm, 2007). No Minho tem elevado potencial para vinho elementar (Böhm, 2007). E, uma vez que a sua capacidade de envelhecimento é reduzida, deve ser bebido no mesmo ano (Böhm, 2007). É recomendado para lote com Arinto (Böhm, 2007).

Particularidades da casta: Casta tipicamente dos Vinhos Verdes, com aromas muito nobres de composição terpénica, por vezes marcados, e aroma a folha de louro (Böhm, 2007).

2. A casta “Touriga Nacional”

Esta casta autóctone portuguesa tem a sua origem no Norte de Portugal (Böhm, 2007; IVV, 2011). Embora inicialmente confinada às Regiões do Douro e do Dão, em consequência dos resultados de seleção clonal que possibilitaram a existência de clones mais produtivos e pouco sensíveis ao desavinho, dispersou-se a todas as regiões do país (Castro, 1997; Böhm, 2007; IVV, 2011). Atualmente é cultivada em países como a Espanha, a África do Sul, a Austrália, a Califórnia e o Brasil (Böhm, 2007).

Apresenta máximo valor enológico em zonas quentes, com elevada intensidade dos componentes de cor, aroma e complexidade (Böhm, 2007). No caso de insuficiente insolação ou de falta de disponibilidade hídrica, a sua qualidade desvaloriza (Böhm, 2007). Em condições de marcado *stress* hídrico, pode apresentar escaldão (Böhm, 2007).

Atualmente ocupa uma superfície vitícola de 6700 ha, o que corresponde a cerca de 10,35% da área de vinha portuguesa (Böhm, 2007). Contudo, a tendência é de crescente expansão (Castro, 1997; Böhm, 2007).

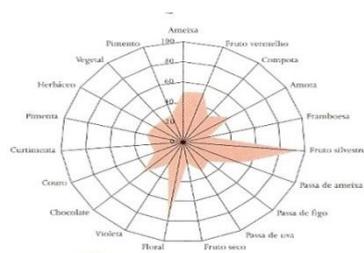
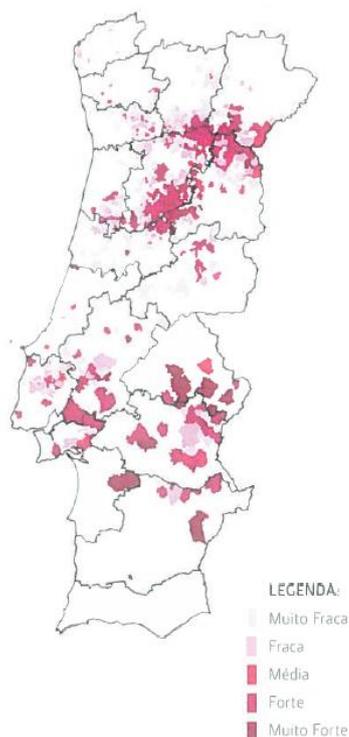


Figura VI.3. Distribuição e caracterização enológica da casta Touriga Nacional (Böhm, 2007, IVV, 2011).

Sinonímia: Como sinónimos oficiais (nacional e OIV) temos o termo Touriga (Böhm, 2007). Os sinónimos históricos ou regionais são Preto Mortágua (Dão, Setúbal), Tourigo (Dão), Touriga Fina (Douro), Alvarelhão (por erro, na Califórnia) (Böhm, 2007).

Homonímia: A Touriga Branca, a Touriga Fêmea e a Touriga Franca (Böhm, 2007).

Classificação: Vinhos de Qualidade DOC Porto, Douro, Távora-Varosa, Bairrada, Dão, Beira Interior (todas as sub-regiões), Óbidos, Alenquer, Arruda, Torres Vedras, Lagos, Lagoa, Tavira. Vinhos de Qualidade IPR Valpaços, Planalto Mirandês. Vinho Regional Minho, Trás-os-Montes, Beiras (todas as sub-regiões), Estremadura, Ribatejo, Terras do Sado, Alentejo, Algarve (Böhm, 2007).

Descrição Morfológica:

Ramo jovem: Ápice vegetativo aberto, com orla carmim, de média intensidade de pigmentação antociânica e média a baixa densidade de pelos prostrados (Böhm, 2007; IVV, 2011).

Folha Jovem: Verde com tons acobreados a bronzeados na página superior, página inferior com média densidade de pelos prostrados (Böhm, 2007; IVV, 2011).

Flor: Hermafrodita (Böhm, 2007; IVV, 2011).

Pâmpano: De porte horizontal e vigor médio (IVV, 2011). Possui entrenós de cor verde e gomos com pigmentação antociânica média (Böhm, 2007; IVV, 2011).

Gavinhas: Apresenta duas ou menos gavinhas consecutivas (IVV, 2011).

Folha adulta: Pequena, pentagonal, cinco lóbulos, por vezes com sub-lóbulos superiores; limbo verde médio, plano, com enrugamento ausente a fraco, de perfil irregular e bolhosidade média com pigmentação antociânica das nervuras principais da página superior que se distribui até à primeira bifurcação; dentes curtos, mais largos que compridos, e retilíneos, convexos; seio peciolar pouco aberto em forma de lóbulos sobrepostos, com forma de chaveta (Böhm, 2007; IVV, 2011); página inferior com média densidade de pelos prostrados e de pelos eretos (Böhm, 2007); a densidade dos pelos prostrados e eretos é média entre as nervuras principais e baixa nas próprias nervuras (IVV, 2011).

Cacho: De baixo peso (100 a 150 gramas) e comprimento médio, de forma cilindro cónico, com uma a duas asas e aspeto frouxo (Böhm, 2007; IVV, 2011) apresenta compacidade baixa (IVV, 2011) a média (Böhm, 2007), em função do grau de sensibilidade e das condições para ocorrência do desavinho. Pedúnculo de comprimento curto (IVV, 2011) a médio (Böhm, 2007).

Bago: Pequeno a médio, de forma esférica ligeiramente achatada, e negro-azulado. Película de espessura média, polpa não corada, mole e succulenta (Böhm, 2007; IVV, 2011); de sabor

específico (Böhm, 2007) ou ausente (IVV, 2011), de acordo com as referências bibliográficas consultadas.

Grainhas: Bem formadas (IVV, 2011).

Sarmento: Castanho-escuro (Böhm, 2007) a violeta-avermelhado (IVV, 2011).



Figura VI.4. Cacho e folha representativos da casta Touriga Nacional (Magalhães, 2008).

Fenologia: É uma casta de abrolhamento precoce (2 dias após a Castelão) e de Floração também precoce (em simultâneo com a Castelão) (Böhm, 2007; IVV, 2011). O Pintor ocorre na época média (2 dias após a Castelão) (Böhm, 2007). A Maturação coincide também na época média, uma semana após a Castelão (Böhm, 2007). Todavia, Magalhães (2008), defende que a sua capacidade para produzir vinhos de elevada qualidade é máxima desde que vindimada apenas no início da sua sobre maturação.

Potencial vegetativo: O vigor é elevado e o porte é prostrado, retombante (plagiotropo), dificultando bastante a sua condução em verde (Böhm, 2007). Os entrenós são médios a curtos e usualmente regulares (Böhm, 2007). Em poda curta, a rebentação múltipla é muito frequente e o índice de fertilidade é, normalmente, muito elevado, sendo dos mais elevados entre as castas portuguesas dado que, frequentemente, regista 3 cachos por vara (Böhm, 2007). Em clones, ao contrário do material tradicional, a produtividade é moderada a elevada (8 a 15 t/ha) registando-se uma elevada estabilidade e homogeneidade da produção (Böhm, 2007). Contudo, alguns desses clones mostram alta produtividade, sobretudo nos primeiros anos, influenciando negativamente a regularidade da produção e o vigor da planta, a médio prazo (Böhm, 2007). O Índice de Winkler para uma correta maturação é de 1610 horas acima de 10 °C com 11 t/ha de produção. Apesar do elevado valor térmico, esta casta atinge, em zona quente, boa maturação devido à resistência mediana à podridão e à oxidação (Böhm, 2007, IVV, 2011). A produção recomendada é inferior a 6000 L/ha (Böhm, 2007). Em determinadas situações apresenta sintomas de carência de magnésio e escaldão com seca, perdendo frequentemente folhas em condições

de *stress* hídrico (Böhm, 2007; IVV, 2011). No que respeita a doenças criptogâmicas, apesar de pouco sensível ao míldio e ao oídio, manifesta sensibilidade à escoriose o que, associado ao seu porte prostrado, a torna sensível ao vento (Böhm, 2007; IVV, 2011). Quanto a parasitas, é pouco sensível à cigarrinha verde e à traça (Böhm, 2007; IVV, 2011). O cacho, medianamente compacto, é pequeno a médio (95 a 250 gramas) (Böhm, 2007). O bago, também pequeno (0,9 a 1,8 gramas), varia conforme o clone e o ambiente, sendo de destacamento difícil (Böhm, 2007). A película é espessa e o número de grainhas é médio a elevado (1,2 a 2,7 por bago) (Böhm, 2007).

Potencial agronómico: É uma casta muito exigente em termos de armação e condução (Böhm, 2007; IVV, 2011). Em situações de conduções modernas e novos clones produtivos, deve evitar-se o excesso de produção nos anos iniciais uma vez que este facto pode causar o enfraquecimento da planta ou mesmo a degradação da sebe (Böhm, 2007). Todos os tipos de solo são favoráveis, mesmo os pesados e férteis (Böhm, 2007). Porém, solos muito férteis ou húmidos acentuam a tendência para o desavinho e a maturação é retardada não permitindo uma completa maturação fenólica (Magalhães, 2008). A casta exige elevada insolação e calor (Böhm, 2007). O seu ciclo vegetativo é comprido, pelo que requer solos de fertilidade média e exposições do quadrante sul (Magalhães, 2008). É, no entanto, sensível à desfolha, em particular em encostas de exposição Sudoeste ou Oeste (Magalhães, 2008). Ainda assim, o seu comportamento fisiológico, face a situações de *stress* hídrico e térmico elevadas, traduz-se por atividade fotossintética ainda presente, associada a valores altos de “eficiência intrínseca de uso de água” pela folha (Magalhães, 2008; IVV, 2011). Os porta-enxertos mais apropriados são os menos vigorosos (Böhm, 2007; IVV, 2011). Contudo, esta casta tem bom comportamento com a maioria dos porta-enxertos, desde que correspondam à fertilidade e disponibilidade hídrica do solo, não se recomendando 140 Ru, Aramon e Rupestris du Lot (Böhm, 2007). Ao contrário do material tradicional, o material clonal é pouco suscetível ao desavinho e bagoínha (Böhm, 2007; IVV, 2011). É uma casta com resistência às chuvas de Outono, podendo ser vindimada tarde (Böhm, 2007). Convém também ser protegida contra ataques de pássaros na fase final da maturação (Böhm, 2007). Possui boa aptidão para a vindima mecânica desde que seja tecnicamente possível (Böhm, 2007).

Potencial enológico: É uma casta versátil, utilizada na fabricação de vinho de qualidade, vinho do Porto, espumante e vinho rosado (Böhm, 2007).

A uva e o mosto apresentam um grau alcoólico elevado (14% vol.) (Böhm, 2007). A acidez natural do mosto é média a alta (4,5 a 6,0 g/L total), a acidez málica é 1,2 g/L e a acidez tartárica é 4,3 g/L (Böhm, 2007). A intensidade da cor do mosto é 13 a 18 l, conforme o clone (Böhm, 2007). As antocianas totais: 1290 – 1590 mg malvidina/L (Böhm, 2007). Índice

de polifenóis totais (280 nm) no mosto: 50 a 80, conforme clones (Böhm, 2007). A sensibilidade do mosto à oxidação é reduzida (Böhm, 2007).

Os vinhos caracterizam-se por apresentarem uma intensidade de cor de 10 a 20 l, conforme o clone (Böhm, 2007). A tonalidade é 0,6 a 0,8 T (Böhm, 2007). A sensibilidade à oxidação é muito baixa (Böhm, 2007). Sobre os compostos precursores do aroma, pela análise laboratorial no Douro em 1999, encontraram-se concentrações mais elevadas (150 µg/L) em terpenos livres, presentes acima do limite de percepção olfactiva, responsáveis pelos aromas florais (Böhm, 2007) Destaca-se o Linalol com 50% (Böhm, 2007). Em comparação com as outras castas tem o maior teor em β-Damascenona (4 µg/L) e, de uma maneira geral, mais Norisoprenóides (Böhm, 2007). No Dão (2003) foi confirmada a extrema superioridade da casta nos compostos terpénicos: Linalol 65 µg/L, Citronelol 19,2 µg/L, Nerol 24,2 µg/L, Geraniol 23,5 µg/L (Böhm, 2007). A influência da irrigação em diferentes tipos de solos mostrou a possibilidade de manter a concentração de carotenóides e ao mesmo tempo aumentar o potencial alcoólico (Böhm, 2007). A capacidade de envelhecimento do vinho é muito elevada, com particular aptidão para envelhecimento em madeira (Böhm, 2007; IVV, 2011). Recomenda-se para lote de Aragonês, Touriga Franca, Tinto Cão, Trincadeira, Tinta Barroca e Alfrocheiro (Böhm, 2007). Devido à complexidade aromática, estrutura e qualidade dos compostos fenólicos, é uma casta de excelência para produzir vinhos monovarietais ou para melhorar o lote com outras castas (Böhm, 2007). A caracterização habitual do vinho produzido a partir desta casta é: aroma macio, redondo e quente lembrando frutos silvestres vermelhos escuros, quase pretos, muito maduros, com algumas passagens florais de predominância para violeta, mostrando nos bons anos um excelente perfume doce, semelhante ao da esteva (Almeida, 1990/98; IVV, 2011).

Particularidades da casta: Casta de máximo valor enológico em zonas quentes, com elevada intensidade dos componentes de cor, aroma e elevadíssima complexidade (Böhm 2007). Reduzida qualidade no caso de insuficiente insolação, ou de falta de disponibilidade hídrica (Böhm 2007). Escaldão no caso de excessivo *stress* hídrico (Böhm 2007). Alguns dos clones recentes mostram elevada produtividade, sobretudo nos primeiros anos, influenciando negativamente a regularidade da produção e o vigor da planta, a médio prazo (Böhm 2007). Todavia, em geral, as vinhas instaladas com este tipo de material oriundo da seleção massal de clones são já reveladoras de satisfatórios rendimentos aliados a níveis elevados de qualidade (Castro, 1997).

3. O porta-enxerto “1103 Paulsen (1103 P)”

Este porta-enxerto, de origem siciliana, foi obtido e selecionado em função da sua boa adaptação a climas quentes e secos e a solos de baixa fertilidade, revelando, além disso, uma certa tolerância à reação ácida dos solos (Magalhães, 2008). O 1103 P resulta do cruzamento das espécies *Berlandieri* e *Rupestris* e está bastante expandido, de Norte a Sul do país, nas regiões cujo clima apresenta características mais tipicamente mediterrânicas, sendo importante competidor com os híbridos geneticamente mais próximos, o 140 Ru, 99 R e 110 R (Duarte & Dias, 1991; Mota *et al.*, 2001; Magalhães, 2008).

Notas ampelográficas: Extremidade folhosa semiaberta, com fraca densidade de pelos prostrados, com pigmentação antociânica média e generalizada (Duarte & Dias, 1991). Folhas jovens verdes com reflexos bronzeados e pigmentação antociânica de fraca intensidade (Duarte & Dias, 1991). Página inferior da quarta folha expandida com fraca densidade de pelos prostrados e eretos sobre as nervuras e fraca densidade de pelos eretos entre as nervuras (Duarte & Dias, 1991). Flor masculina (Duarte & Dias, 1991). Pâmpanos costados, semi-pubescentes, com nós e entrenós vermelhos (Duarte & Dias, 1991). Gomos com pigmentação antociânica fraca (Duarte & Dias, 1991). Folha adulta pequena, reniforme, inteira e glabra (Magalhães, 2008; Duarte & Dias, 1991). Limbo de cor verde média com pigmentação antociânica média nas nervuras, involuto, com fraco empolamento (Duarte & Dias, 1991). Seio peciolar aberto limitado pelas nervuras, característica que torna a sua folha facilmente distinguível da de outros porta-enxertos do mesmo grupo (Magalhães, 2008). Dentes curtos, largos e convexos (Duarte & Dias, 1991). Página inferior glabra com fraca intensidade de pelos eretos sobre as nervuras e página superior com pelos eretos sobre as nervuras principais (Duarte & Dias, 1991). Pecíolo com fraca densidade de pelos prostrados e eretos (Duarte & Dias, 1991). Gavinhas com comprimento médio e distribuição regular descontínua com fórmula 02 (Duarte & Dias, 1991). Sarmento circular, costado estriado e castanho-escuro (Duarte & Dias, 1991).

Notas de adaptação e comportamento: Muito vigoroso, imprimindo tendência à rebentação múltipla nas castas em que é enxertado (Magalhães, 2008). Apresenta, não só, boa resposta à enxertia, como também ao enraizamento (Mota *et al.*, 2001; Magalhães, 2008). Induz a produtividade média a alta, mas, segundo resultados de ensaios vários, inferior à dos porta-enxertos da série Richter (Magalhães, 2008). Todavia, é responsável por um certo retardamento sobre o ciclo vegetativo (Mota *et al.*, 2001). Muito resistente à secura e medianamente tolerante à humidade do solo (Mota *et al.*, 2001; Magalhães, 2008). Bastante sensível a deficiências em potássio e tolerante a deficiências em magnésio do solo (Magalhães, 2008). É um porta-enxerto particularmente sensível à deficiência em boro, quer em solos de reação ácida, quer de reação alcalina, pelo que é de usar com reserva com a

casta aragonês, também sensível a deficiências deste microelemento (Magalhães, 2008). Adapta-se a solos com teor em calcário até 17% a 19%, e a solos salgados com teor em cloreto de sódio até 1‰ (Magalhães, 2008; Mota *et al.*, 2001). A resistência a nemátodos e à acidez é média (Mota *et al.*, 2001).

4. O porta-enxertos “196-17 Castel (196-17 CL)”

É um híbrido resultante do cruzamento do porta-enxerto 1203 Couderc (*V. vinifera* var. Mourvèdre X *V. rupestris* Martin) com *Riparia* Gloire de Montpellier (Magalhães, 2008, Mota *et al.*, 2001; Duarte & Dias, 1991). Devido ao sangue *vinifera*, a sua resistência à forma radicícola da filoxera pode não ser total, embora não comprovada (Magalhães, 2008). Trata-se de um porta-enxerto de grande versatilidade, adaptando-se a diversos tipos de solos, salvo aos calcários, em relação aos quais é considerado o mais sensível de todos os porta-enxertos cultivados, a par com o *Riparia Gloire* de Montpellier (Magalhães, 2008). Em Portugal tem forte implantação, sobretudo na Região Demarcada do Douro, devido à sua rusticidade e adaptação à reação ácida do solo, e na Região Demarcada dos Vinhos Verdes, em novas plantações de encosta, de terrenos mais pobres e ácidos do que os tradicionais da bordadura dos campos de cultivo (Magalhães, 2008). O 196-17 CL, por se adaptar bem a situações ora de secura, ora de humidade e acidez, é o porta-enxerto mais cultivado nos solos de natureza granítica da região dos Vinhos Verdes (Mota *et al.*, 2001).

Notas ampelográficas, segundo Duarte & Dias (1991): Extremidade folhosa fechada, quase glabra e sem pigmentação antociânica. Folhas jovens verdes, página inferior da quarta folha expandida com fraca densidade de pelos eretos; pigmentação antociânica das seis primeiras folhas nula. Flor funcionalmente masculina. Nós e entrenós dos pâmpanos vermelhos na face dorsal e com estrias vermelhas na face ventral. Gomos sem pigmentação antociânica. Folha adulta de tamanho médio, cuneiforme, inteira, de cor verde média. Nervuras principais com pigmentação antociânica média. Limbo irregular com fraco empolamento e ondulação generalizada. Dentes retilíneos de tamanho médio. Seio peciolar pouco aberto, em V. Página superior com pelos eretos sobre as nervuras. Página inferior com fraca densidade de pelos eretos. Peciolo com fraca densidade de pelos prostrados e eretos. Gavinhas compridas de distribuição irregular descontínua com fórmula 02. Sarmento circular, estriado e castanho avermelhado.

Notas de adaptação e comportamento: De vigor médio, caracteriza-se por apresentar boa resposta, quer ao enraizamento, quer à enxertia (Mota *et al.*, 2001; Magalhães, 2008). Todavia, Magalhães (2008), refere que, por vezes, este porta-enxerto não engrossa suficientemente o seu tronco, obrigando a aguardar mais um ano para a realização da enxertia no local. Por esta razão, é preferível usá-lo sob a forma de enxerto pronto, dado que esse inconveniente não se verifica (Magalhães, 2008). No que diz respeito à sua ação sobre o ciclo vegetativo, o 196-17 CL adianta pouco (Mota *et al.*, 2001). A sua resistência à acidez é boa, dado que se adapta bem a solos pobres xistosos ácidos ou a graníticos de textura arenosa também ácidos, assim como a solos mais férteis e frescos (Mota *et al.*, 2001; Magalhães, 2008). Apesar do vigor elevado, induz a produtividade relativamente

moderada, quando comparado com os porta-enxertos da série Richter ou com o SO4 (Magalhães, 2008). É pouco sensível a deficiência do solo em potássio, revelando, pelo contrário, frequentemente, sintomatologia de deficiências em magnésio (Magalhães, 2008). É medianamente resistente à seca e tem uma boa resposta à humidade (Mota *et al.*, 2001). Contudo, é fracamente resistente a nemátodos (Mota *et al.*, 2001). Adapta-se bem a solos salgados (0,8 a 1 ‰), e mal a solos calcários (até 6% de calcário ativo) (Duarte & Dias, 1991; Mota *et al.*, 2001; Magalhães, 2008).

Anexo VII. Escala de Baggiolini



Figura VII.1. Estados fenológicos da Videira (Adaptado de Garrido & Mota, 2004).

Anexo VIII. Dados meteorológicos

1. A Estação Vitivinícola Amândio Galhano
2. A Quinta de São Luiz

1. A Estação Vitivinícola Amândio Galhano

Tabela VIII.1. Temperatura média do ar (°C) da Estação Meteorológica de Braga para o período de 1951 a 1980 (Mota, 2005) e do Posto Meteorológico da EVAG para os anos 2008/2009, 2009/2010, 2010/2011 e 2011/2012.

Meses	Temperatura média mensal do ar (°C)				
	1951/1980	2008/2009	2009/2010	2010/2011	2011/2012
Novembro	11,2	9,1	11,9	9,6	11,5
Dezembro	8,9	7,8	8,7	7,9	8,6
Janeiro	8,7	7,6	8,7	9,0	7,3
Fevereiro	9,1	8,6	8,9	9,1	7,7
Março	10,9	12,5	10,9	11,3	12,6
Abril	12,4	11,1	15,0	16,7	10,9
Maio	15,2	16,2	15,8	18,3	16,2
Junho	18,2	19,2	19,8	19,0	18,2
Julho	20,2	19,1	23,3	20,3	19,8
Agosto	19,8	21,2	23,4	20,5	19,4
Setembro	18,4	19,5	19,4	19,0	19,4
Outubro	15,3	16,5	15,1	16,3	14,5
Média	14,0	14,0	15,1	14,8	13,8

Tabela VIII.2. Precipitação total (mm) da Estação Meteorológica de Braga para o período de 1951 a 1980 (Mota, 2005) e do Posto Meteorológico da EVAG para os anos 2008/2009, 2009/2010, 2010/2011 e 2011/2012.

Meses	Precipitação total (mm)				
	1951/1980	2008/2009	2009/2010	2010/2011	2011/2012
Novembro	174,0	108,8	298,2	188,2	223,2
Dezembro	194,3	196,8	417,4	200,6	113,4
Janeiro	217,1	366,2	153,0	266,2	35,2
Fevereiro	208,9	105,6	159,0	142,6	3,4
Março	180,3	44,8	115,4	41,2	21,2
Abril	104,2	119,0	37,0	8,0	134,4
Maio	110,0	57,6	51,6	24,4	133,0
Junho	64,5	142,4	28,8	5,0	66,2
Julho	20,9	76,8	5,4	19,6	8,2
Agosto	30,6	14,8	8,4	81,2	44,2
Setembro	77,7	6,0	15,6	21,0	83,4
Outubro	132,4	60,8	247,0	267,0	112,0
Total	1514,9	1299,6	1536,8	1265,0	977,8

2. A Quinta de São Luiz

Tabela VIII.3. Temperatura média do ar (°C) da Estação Meteorológica de Pinhão para o período de 1971 a 2000 e do Posto Meteorológico da Quinta da Roeda para os anos 2008/2009, 2009/2010, 2010/2011 e 2011/2012.

Meses	Temperatura média mensal do ar (°C)				
	1971/2000	2008/2009	2009/2010	2010/2011	2011/2012
Novembro	11,5	8,6	12,9	9,8	11,2
Dezembro	8,6	6,1	8,3	7,1	7,8
Janeiro	7,3	7,2	7,9	8,4	5,8
Fevereiro	9,5	8,5	8,3	8,8	7,2
Março	12,1	13,4	10,5	11,5	13,4
Abril	14,1	12,6	15	17,6	12,4
Maio	17,1	18,6	17,1	20,1	18,4
Junho	21,4	22,2	21,5	21,8	21,3
Julho	24,7	22,8	26,7	23,7	23,6
Agosto	24,5	25,3	26,8	24,2	23,4
Setembro	21,5	22,7	21,6	22,1	22,4
Outubro	16,5	17,9	15,1	18,0	15,6
Média	15,7	15,5	16,0	16,1	15,2

Tabela VIII.4. Precipitação total (mm) da Estação Meteorológica de Pinhão para o período de 1971 a 2000 e do Posto Meteorológico da Quinta da Roeda para os anos 2008/2009, 2009/2010, 2010/2011 e 2011/2012.

Meses	Precipitação total (mm)				
	1951/1980	2008/2009	2009/2010	2010/2011	2011/2012
Novembro	74,4	46,6	143,8	79,4	119,8
Dezembro	98,8	66,6	280,8	186,6	46,2
Janeiro	78,5	156,8	132,2	92,6	12,6
Fevereiro	69,8	54,2	147,8	96,2	0,4
Março	36,6	6,6	107,6	41,4	8,0
Abril	58,8	41,6	61,0	48,0	64,2
Maio	53,6	13,2	18,2	11,6	79,6
Junho	36,3	43,0	74,2	0,4	10,8
Julho	15,2	0,2	0,0	0,0	27,8
Agosto	13,1	3,6	0,0	26,6	8,2
Setembro	38,8	5,2	10,8	26,6	49,4
Outubro	66,4	107,8	126,8	41,0	50,0
Total	640,3	545,4	1103,2	650,4	477,0

Anexo IX. Composição, em nutrientes, dos produtos fitossanitários aplicados

1. A Estação Vitivinícola Amândio Galhano
2. A Quinta de São Luiz

1. A Estação Vitivinícola Amândio Galhano

Tabela IX.1. Composição, em nutrientes, dos produtos fitossanitários aplicados na EVAG. Apresentação por ano, data de aplicação, nutriente, dose e efeito a atingir.

Data de aplicação	Nutriente	Dose	Efeito a atingir
ANO 2009			
3 de abril	enxofre	0,64 kg/ha	Anti-oídio
24 de abril	enxofre	1,28 kg/ha	Anti-oídio
6 de maio	enxofre	2,24 kg/ha	Anti-oídio
28 de maio	enxofre	2,24 kg/ha	Anti-oídio
17 de julho	enxofre	2,56 kg/ha	Anti-oídio
29 de julho	cobre	0,84 kg/ha	Anti-míldio
29 de julho	enxofre	2,56 kg/ha	Anti-oídio
12 de agosto	cobre	0,84 kg/ha	Anti-míldio
12 de agosto	enxofre	2,56 kg/ha	Anti-oídio
ANO 2010			
16 de abril	enxofre	0,64 kg/ha	Anti-oídio
22 de abril	enxofre	1,28 kg/ha	Anti-oídio
6 de maio	enxofre	2,24 kg/ha	Anti-oídio
19 de maio	enxofre	2,24 kg/ha	Anti-oídio
13 de julho	cobre	0,80 kg/ha	Anti-míldio
13 de julho	enxofre	2,56 kg/ha	Anti-oídio
27 de julho	cobre	0,84 kg/ha	Anti-míldio
27 de julho	enxofre	2,56 kg/ha	Anti-oídio
ANO 2011			
14 de abril	enxofre	0,80 kg/ha	Anti-oídio
28 de abril	enxofre	1,28 kg/ha	Anti-oídio
10 de maio	enxofre	2,24 kg/ha	Anti-oídio
23 de maio	enxofre	2,24 kg/ha	Anti-oídio
14 de julho	enxofre	2,56 kg/ha	Anti-oídio
26 de julho	cobre	0,84 kg/ha	Anti-míldio
26 de julho	enxofre	2,56 kg/ha	Anti-oídio
ANO 2012			
13 de abril	manganês	0,056 kg/ha	Anti-míldio
13 de abril	zinco	0,00714 kg/ha	Anti-míldio
13 de abril	enxofre	0,64 kg/ha	Anti-oídio
17 de abril	enxofre	0,96 kg/ha	Anti-oídio
11 de maio	enxofre	1,28 kg/ha	Anti-oídio
22 de maio	manganês	0,224 kg/ha	Anti-míldio
22 de maio	zinco	0,02856 kg/ha	Anti-míldio
4 de junho	manganês	0,256 kg/ha	Anti-míldio
4 de junho	zinco	0,03264 kg/ha	Anti-míldio
17 de julho	cobre	0,96 kg/ha	Anti-míldio
17 de julho	enxofre	2,56 kg/ha	Anti-oídio
27 de julho	cobre	0,96 kg/ha	Anti-míldio
27 de julho	enxofre	2,56 kg/ha	Anti-oídio
10 de agosto	cobre	0,86 kg/ha	Anti-míldio
10 de agosto	enxofre	2,24 kg/ha	Anti-oídio

2. A Quinta de São Luiz

Tabela IX.2. Composição, em nutrientes, dos produtos fitossanitários aplicados na Quinta de S. Luiz. Apresentação por ano, data de aplicação, nutriente, dose e efeito a atingir.

Data de aplicação	Nutriente	Dose	Efeito a atingir
ANO 2009			
8 de abril	enxofre	19,7 kg/ha	Anti-oídio
22 de abril	enxofre	19,7 kg/ha	Anti-oídio
7 de maio	cobre	0,5 kg/ha	Anti-míldio
7 de maio	enxofre	6,4 kg/ha	Anti-oídio
22 de maio	cobre	0,5 kg/ha	Anti-míldio
22 de maio	enxofre	8,0 kg/ha	Anti-oídio
4 de junho	cobre	0,5 kg/ha	Anti-míldio
4 de junho	enxofre	9,6 kg/ha	Anti-oídio
19 de junho	cobre	0,5 kg/ha	Anti-míldio
19 de junho	enxofre	9,6 kg/ha	Anti-oídio
2 de julho	enxofre	9,6 kg/ha	Anti-oídio
ANO 2010			
29 de março	enxofre	19,7 kg/ha	Anti-oídio
16 de abril	enxofre	19,7 kg/ha	Anti-oídio
26 de abril	cobre	0,5 kg/ha	Anti-míldio
26 de abril	enxofre	6,4 kg/ha	Anti-oídio
12 de maio	cobre	0,5 kg/ha	Anti-míldio
12 de maio	enxofre	8,0 kg/ha	Anti-oídio
24 de maio	cobre	0,5 kg/ha	Anti-míldio
24 de maio	enxofre	9,6 kg/ha	Anti-oídio
12 de junho	cobre	0,5 kg/ha	Anti-míldio
12 de junho	enxofre	9,6 kg/ha	Anti-oídio
21 de junho	enxofre	9,6 kg/ha	Anti-oídio
ANO 2011			
15 de abril	enxofre	19,7 kg/ha	Anti-oídio
26 de abril	cobre	0,9 kg/ha	Anti-míldio
2 de maio	cobre	1,5 kg/ha	Anti-míldio
22 de maio	cobre	0,9 kg/ha	Anti-míldio
20 de maio	cobre	1,5 kg/ha	Anti-míldio
24 de maio	cobre	0,9 kg/ha	Anti-míldio
24 de maio	enxofre	9,6 kg/ha	Anti-míldio
17 de junho	cobre	0,9 kg/ha	Anti-míldio
17 de Junho	enxofre	9,6 kg/ha	Anti-míldio
ANO 2012			
22 de maio	enxofre	6,4 kg/ha	Anti-oídio
5 de junho	enxofre	8,0 kg/ha	Anti-oídio
16 de junho	cobre	0,5 kg/ha	Anti-míldio
16 de junho	enxofre	9,6 kg/ha	Anti-oídio

Anexo X. Esquema representativo do delineamento experimental

1. A Estação Vitivinícola Amândio Galhano

2. A Quinta de São Luiz

1. A Estação Vitivinícola Amândio Galhano

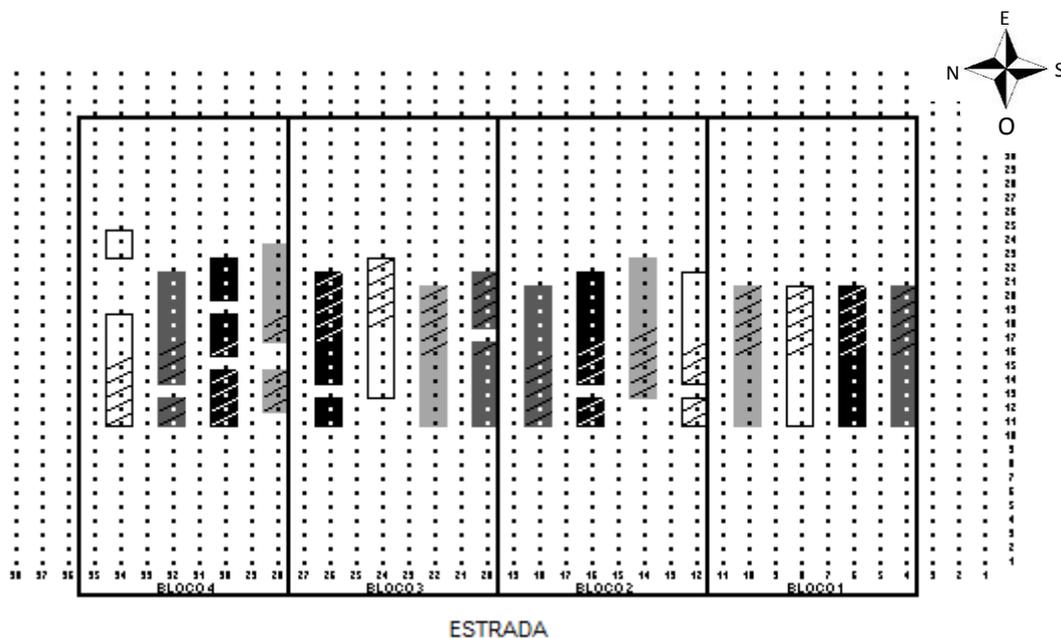


Figura X.1. A Estação Vitivinícola Amândio Galhano.

Legenda:

- ou □ Videira
- ▨ ou ▩ Videira com adubação ao solo
- TEST – Testemunha
- CIS – Critério de Intervalos de Suficiência
- DRIS 1 – Método Beaufils
- DRIS 2 – Método Jones

2. A Quinta de São Luiz

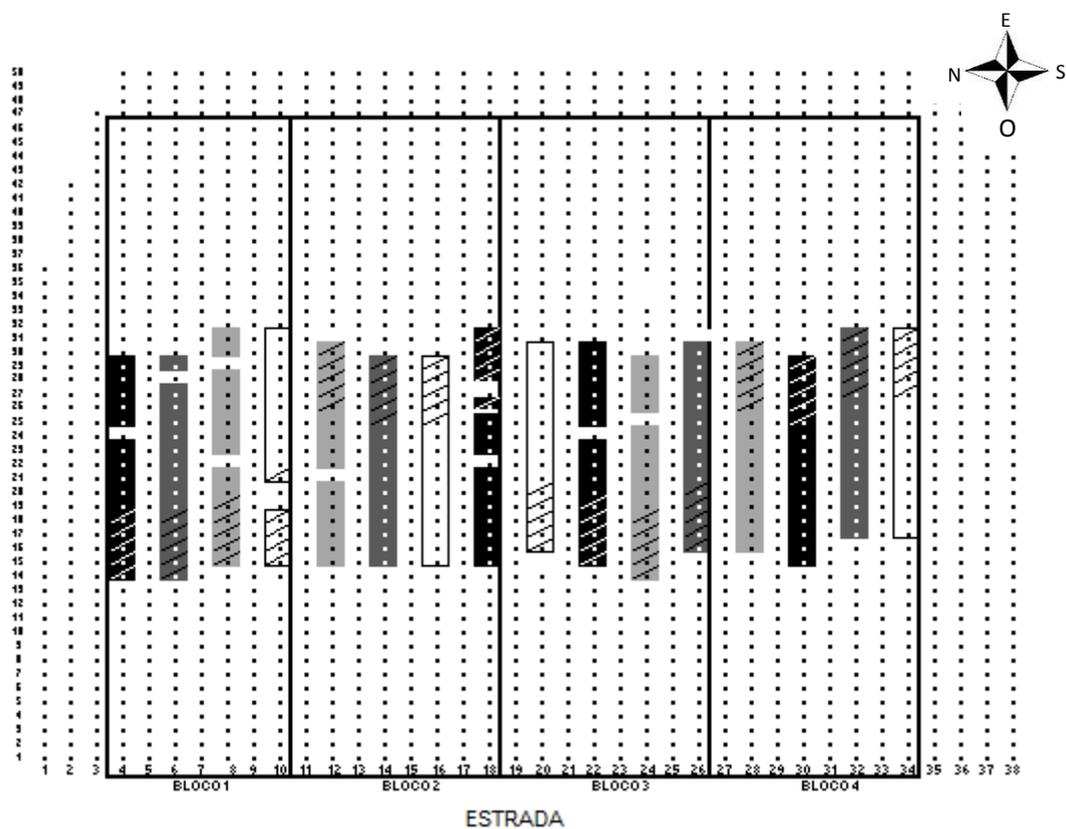


Figura X.2. A Quinta de São Luiz.

Legenda:

- ou □ Videira
- ▨ ou ▩ Videira com adubação ao solo
- TEST – Testemunha
- CIS – Critério de Intervalos de Suficiência
- DRIS 1 – Método Beaufils
- DRIS 2 – Método Jones

Anexo XI. Colheita e análise de amostras de bagos

Seleção da Unidade de Amostragem: Dadas as características do ensaio, não foi possível seguir as indicações de Moura *et al.* (2002), que aconselham a marcação de, pelo menos, 50 videiras/ha distribuídas por vários pontos da parcela, de modo a obter uma amostra representativa do terreno. Como tal, a unidade de amostragem para o acompanhamento da evolução da maturação, foi composta pelas videiras inicialmente marcadas. De acordo com as indicações de (Moura *et al.*, 2002), colheram-se os bagos nas videiras marcadas, indiscriminadamente da parte inicial e terminal do braço de frutificação, da parte superior e inferior dos cachos e, alternadamente, de um e de outro lado da linha, de modo a tentar colher uma amostra o mais representativa possível, num total de 120 bagos/modalidade (caso da Região Demarcada dos Vinhos Verdes) ou de 200 bagos/modalidade (na Região Demarcada do Douro). À vindima, a amostragem foi realizada seguindo idêntica metodologia mas, de forma individualizada, em todos os talhões experimentais. Todavia, na casta Touriga Nacional, dada a reduzida dimensão média do bago, assim como a necessidade de obtenção de um volume de mosto suficiente para as determinações analíticas a realizar, foi necessário colher, nessa mesma data, 300 bagos/modalidade. De referir também que as determinações analíticas tiveram lugar nas respetivas Quintas exceto alguns procedimentos referentes ao controlo de maturação das amostras da EVAG que foram executados no laboratório das instalações da CVRVV, dada a especificidade do equipamento requerida.

Avaliação qualitativa: Para a avaliação de parâmetros qualitativos nas uvas, selecionaram-se os seguintes indicadores: peso médio do bago, teor em açúcares, pH e acidez total. À vindima, na RDVV, foi ainda determinada a concentração de ácidos tartárico e málico. Na RDD, quantificaram-se as antocianinas, os taninos e o índice de polifenóis totais.

1. Peso médio do bago: Utilizou-se uma Balança Analítica para determinar o peso de cada amostra (gramas). Dividindo-se esse resultado pelo número de bagos colhidos, obteve-se o peso médio do bago. Para cada unidade de amostragem registou-se a média, o desvio-padrão e a variância.

2. Teor em Açúcares: A qualidade das uvas, sob o ponto de vista enológico, é fortemente determinada pela sua constituição glucídica, dado que estes interferem decisivamente na química da fermentação alcoólica e na estabilização e evolução dos vinhos (Curvelo-Garcia, 1988).

Para avaliar a concentração dos açúcares recorre-se, usualmente, a um dos dois métodos seguintes: refratometria ou densimetria (Curvelo-Garcia, 1988; Moura *et al.*, 2002).

2.1. Refratometria: No caso da EVAG, adotou-se o método OIV AS2-02 (OIV, 2011). Este baseia-se na introdução de duas gotas de mosto num refratómetro de bolso e na leitura direta do resultado. Para evitar erros de leitura, o refratómetro deverá ser aferido com água destilada.

2.2 Densimetria: Na Quinta de S. Luiz, usou-se o mosto-densímetro para análise do teor em açúcares, conforme descrito no método OIV-MA-AS2-01A (OIV, 2013). Esta determinação consiste na introdução de um mosto densímetro numa proveta de 250 ml de mosto. O valor do teor em açúcares é lido na respetiva escala efetuando-se, sempre que necessário, as devidas correções de acordo com a temperatura do mosto.

3. Acidez total: A acidez total de um mosto corresponde à acidez titulável a $\text{pH} = 7$ (Curvelo-Garcia, 1988). Desta forma, este parâmetro constitui um importante índice representativo das características ácidas do mosto (Curvelo-Garcia, 1988). Para a determinação da acidez total seguiu-se o método de titulação com soda decinormal (Curvelo-Garcia, 1988; Pereira, 1999; Moura *et al.*, 2002), conforme descrito no Regulamento OIV 1373/86 (Curvelo-Garcia, 1988). Esta reação baseia-se na neutralização dos ácidos do mosto, a qual se evidencia pela mudança de coloração da solução na presença de um indicador.

4. pH: O pH é uma medida da disponibilidade de iões H^+ , ou seja, da acidez real de um mosto (Curvelo-Garcia, 1988). O protocolo implementado é o descrito pela referência OIV AS313-15 (OIV, 2011), o qual se baseia no uso de um potenciómetro para a medição do pH. O funcionamento deste aparelho fundamenta-se na determinação da diferença de potencial entre dois elétrodos imersos no meio em análise – um deles de referência com um potencial constante e conhecido – e outro de medida, cujo potencial será determinado pelo pH do meio, conforme descrito por Curvelo-Garcia (1988).

5. Ácidos tartárico e málico: O ácido tartárico, o ácido específico da uva, é o mais importante dos vinhos quer pelos teores em que se encontra, quer pelas suas características químicas e organoléticas (Curvelo-Garcia, 1988). Por seu turno, o ácido málico tem um papel importante na qualidade do vinho uma vez que interfere na desacidificação e na alteração das características organoléticas ácidas do vinho, resultado da fermentação láctica (Curvelo-Garcia, 1988). À data de vindima, no caso da parcela da RDVV, foram também determinados os ácidos málico e tartárico, segundo o método de espectrometria de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR), estabelecido internamente pelo Laboratório da CVRVV. Este procedimento consiste numa análise por espectrometria de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) de compostos que apresentam bandas

de absorção na região da radiação infravermelha do espectro eletromagnético. O espectro da amostra analisada apresenta bandas de absorção características de determinados compostos que são comparadas com os usados na calibração de cada um deles sendo, deste modo, determinado o seu valor analítico. Os resultados foram expressos nas unidades de grama de ácido málico por dm^3 e grama de ácido tartárico por dm^3 , respetivamente.

6. Teor de antocianas total, Índice de polifenóis totais (IPT) e de Teor de taninos: Na Quinta de S. Luiz, à data de vindima, foi determinada a extratibilidade antociânica (%), o índice de polifenóis totais e o teor de taninos (mg/L), dos talhões experimentais. A partir das amostras das películas, obteve-se o extrato bruto, no qual se dosearam as antocianas totais, pelo método de descoloração pelo ácido sulfuroso (Ribéreau-Gayon & Stonestreet, 1965). Este procedimento parte do pressuposto de que a combinação do ião HSO_3^- com as antocianas origina a formação de um composto incolor (Curvelo-Garcia, 1988). Além disso, assume ainda que não existe qualquer interferência de outros constituintes do vinho e da variação de cor que, após a adição de um excesso de ácido sulfuroso, será proporcional ao teor em antocianas (Curvelo-Garcia, 1988). Por sua vez, o índice de polifenóis foi determinado pela absorção em radiação ultravioleta – UV (Ribéreau-Gayon *et al.*, 1982; Curvelo-Garcia, 1988), método que se baseia na diluição da amostra em água na razão de 1:1000. Determina-se a absorvância da solução anterior numa célula de quartzo, de percurso ótico de 1cm relativamente à água, a 280nm. Multiplicando o valor da absorvância registado pelo fator de diluição temos o índice de polifenóis totais do extrato. A obtenção do teor em Taninos baseia-se na propriedade característica das proantocianidinas monómeras ou polimerizadas originarem antocianidinas, por aquecimento em meio ácido (Ribéreau-Gayon & Stonestreet, 1966; Curvelo-Garcia, 1988). Como tal, o método pressupõe a preparação de uma solução composta por mosto, água e ácido clorídrico concentrado, em duplicado, sendo que uma delas é aquecida em banho-maria e a outra não o é. Após a adição de etanol aos dois tubos obtém-se a diferença dos valores de absorvância lidos a 550nm sob 1cm de percurso ótico relativamente à água, entre a amostra aquecida e o seu duplicado corresponde ao teor em taninos, o qual é determinado por referência a uma curva-padrão.

Anexo XII. Tabelas de análise de variância – Exemplo

Tabela XII.1. Análise de variância do tipo *Split-plot*. Exemplo para a variável IFP, na Quinta de S. Luiz.

Origem da variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrados médios	F	Valor p
Ano	138,035	3	46,012	606,782	0,000
Tratamento	0,210	3	0,070	0,271	0,845
Blocos	10,505	3	3,502	46,177	0,000
Erro					
Blocos*Tratamento	2,321	9	0,258		
Interação					
Ano * Tratamento	0,930	9	0,103	1,362	0,201
Erro	57,933	764	0,076		
Total	1239,268	792			
Total corrigido	210,239	791			

Tabela XII.2. Teste de comparação múltipla de médias (Duncan). Exemplo para a variável IFP, na Quinta de S. Luiz.

Ano	N	Classes			
		1	2	3	4
2010	239	0,6577			
2009	238		0,9741		
2011	157			1,5967	
2012	158				1,6650
Significância		1,000	1,000	1,000	1,000

Baseado na soma dos quadrados Tipo III, para uma probabilidade de 0,05.

Tabela XII.3. Análise de variância do tipo Split-split-plot. Exemplo para a variável IFP, na Quinta de S. Luiz.

Origem da variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrados médios	F	Valor p
Ano	0,179	1	0,179	2,956	0,086
Tratamento	0,559	3	0,186	1,392	0,307
Interação					
Ano * Tratamento	0,106	3	0,035	0,584	0,626
Interação					
Ano *	0,065	1	0,065	1,066	0,302
Fertilização_Solo					
Interação					
Ano * Tratamento *	0,235	3	0,078	1,294	0,276
Fertilização_Solo					
Blocos	3,941	3	1,314	21,676	0,000
Erro					
Blocos * Tratamento	1,204	9	0,134		
Fertilização_Solo	0,013	1	0,013	0,279	0,610
Interação					
Blocos *	0,468	3	0,156	2,573	0,054
Fertilização_Solo					
Interação					
Tratamento *	0,202	3	0,067	1,476	0,286
Fertilização_Solo					
Erro					
Blocos * Tratamento	0,410	9	0,046		
* Fertilização_Solo					
Erro	26,123	431	0,061		
Total	1278,786	471			
Total corrigido	33,554	470			

Anexo XIII. Comparação das bases de dados obtidas através do IBN

Nestas tabelas compara-se a diferença entre a inclusão de todos os nutrientes e a seleção de alguns deles nos resultados dos valores de IBN. Apresentação por ano, época de colheita e fertilização ao solo.

Tabela XIII.1. Valores médios de IBN para as diferentes bases de dados DRIS criadas, aplicados aos resultados da EVAG, resultantes da aplicação do formulário DRIS 1, utilizando todos os nutrientes. Apresentação por ano, época de colheita e fertilização ao solo.

Época de colheita	Fertilização Solo	IBN					
		A93	B93	C93	A199	B199	C199
ANO 2009							
PF	SEM	182,4	133,7	116,3	144,4	114,2	131,1
F	SEM	173,5	166,0	145,9	148,0	116,9	144,1
0d	SEM	213,1	321,8	348,4	240,3	280,4	328,7
10d	SEM	588,8	888,1	902,6	386,0	755,4	881,5
20d	SEM	358,7	573,0	577,4	279,0	462,4	543,4
ANO 2010							
PF	SEM	165,8	145,0	150,8	134,9	136,4	159,6
F	SEM	138,7	180,7	187,3	132,8	143,1	171,7
0d	SEM	187,4	279,3	301,9	192,2	240,5	287,7
10d	SEM	197,8	346,3	367,7	222,5	266,9	339,4
20d	SEM	183,5	363,0	383,7	224,9	311,8	368,5
ANO 2011							
PF	SEM	203,0	204,4	205,8	170,1	211,1	228,5
PF	COM	189,3	225,6	224,3	168,7	212,3	240,8
F	SEM	139,9	171,6	156,6	120,9	145,9	163,4
F	COM	121,6	200,9	175,8	113,9	152,2	179,7
0d	SEM	184,3	281,5	311,3	202,2	230,9	282,1
0d	COM	205,6	369,4	395,9	239,0	311,6	373,4
20d	SEM	155,2	366,5	363,8	195,8	287,4	342,5
20d	COM	156,1	339,0	355,0	188,8	274,2	329,8
ANO 2012							
PF	SEM	110,1	174,8	178,7	97,8	139,0	168,4
PF	COM	196,6	358,7	352,3	202,6	286,9	347,2
F	SEM	139,2	229,8	232,8	141,2	172,1	215,3
F	COM	155,3	262,9	268,5	160,8	197,0	246,2
0d	SEM	193,5	358,5	300,6	166,4	184,5	271,3
0d	COM	138,4	233,2	229,5	138,6	159,5	214,5
20d	SEM	272,9	519,9	548,5	320,7	487,1	529,9
20d	COM	358,6	655,9	691,1	412,1	555,8	665,2

Nota: PF – Prefloração; F – Floração; 0d – Data da fertilização foliar (0 dias); 10d - 10 dias após a fertilização foliar; 20d - 20 dias após a fertilização foliar. A análise de todos os nutrientes compreende os elementos N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn e B.

Tabela XIII.2. Valores médios de IBN para as diferentes bases de dados DRIS criadas, aplicados aos resultados da EVAG, resultantes da aplicação do formulário DRIS 1, utilizando uma seleção de nutrientes. Apresentação por ano, época de colheita e fertilização ao solo.

Época de colheita	Fertilização Solo	IBN					
		A93	B93	C93	A199	B199	C199
ANO 2009							
PF	SEM	44,8	63,3	42,1	51,0	24,7	34,6
F	SEM	39,7	83,9	57,3	37,0	34,9	49,7
0d	SEM	53,3	172,6	181,7	98,2	170,7	177,2
10d	SEM	168,4	463,2	453,9	210,8	453,0	461,8
20d	SEM	67,2	245,5	250,8	126,7	250,6	254,8
ANO 2010							
PF	SEM	43,6	67,4	60,7	40,3	34,9	47,4
F	SEM	29,8	128,9	126,9	53,0	90,5	113,7
0d	SEM	48,7	192,2	193,2	90,2	158,2	180,3
10d	SEM	39,3	168,7	156,6	76,8	136,7	148,4
20d	SEM	57,5	225,5	226,3	112,6	216,6	224,6
ANO 2011							
PF	SEM	36,9	124,0	102,9	50,4	92,3	103,3
PF	COM	46,5	184,4	145,0	76,4	125,7	153,5
F	SEM	59,0	190,9	155,5	85,7	121,5	146,3
F	COM	57,7	206,3	162,1	86,3	132,4	158,6
0d	SEM	30,1	156,7	153,0	61,8	121,0	141,9
0d	COM	38,9	184,1	180,4	76,2	160,5	174,3
20d	SEM	78,1	299,2	272,9	130,0	254,9	261,1
20d	COM	85,4	265,5	266,7	125,4	242,8	247,4
ANO 2012							
PF	SEM	41,4	65,6	78,7	31,5	72,5	72,5
PF	COM	84,6	238,9	207,6	110,0	209,5	213,3
F	SEM	38,1	67,1	80,8	32,6	62,6	69,8
F	COM	50,7	89,5	108,8	46,6	73,6	91,0
0d	SEM	23,1	77,1	68,4	24,9	44,0	55,0
0d	COM	11,4	43,8	49,2	18,9	52,0	51,1
20d	SEM	73,3	275,4	273,6	139,3	274,8	279,3
20d	COM	86,1	316,6	311,1	162,0	321,6	327,7

Nota: PF – Prefloração; F – Floração; 0d – Data da fertilização foliar (0 dias); 10d - 10 dias após a fertilização foliar; 20d - 20 dias após a fertilização foliar. A análise da seleção de nutrientes exclui o Cu, o Fe, o Mn e o Zn.

Tabela XIII.3. Valores médios de IBN para as diferentes bases de dados DRIS criadas, aplicados aos resultados da EVAG, resultantes da aplicação do formulário DRIS 2, utilizando todos os nutrientes. Apresentação por ano, época de colheita e fertilização ao solo.

Época de colheita	Fertilização Solo	IBN					
		A93	B93	C93	A199	B199	C199
ANO 2009							
PF	SEM	281,1	228,6	217,1	216,4	175,0	223,4
F	SEM	240,7	229,0	195,4	194,9	167,5	220,8
0d	SEM	222,9	194,7	195,7	174,2	163,7	182,2
10d	SEM	482,5	248,5	332,0	369,7	289,5	283,0
20d	SEM	302,3	177,8	198,1	216,6	177,7	188,9
ANO 2010							
PF	SEM	210,3	174,9	146,8	165,3	126,8	168,0
F	SEM	197,7	139,4	153,7	158,4	146,8	155,2
0d	SEM	216,2	169,9	188,6	167,1	160,1	173,0
10d	SEM	183,1	241,2	257,2	168,7	179,7	199,6
20d	SEM	234,7	175,7	192,9	170,0	156,4	187,0
ANO 2011							
PF	SEM	303,8	210,2	247,9	210,9	194,8	197,1
PF	COM	260,3	194,8	218,1	180,8	164,3	170,3
F	SEM	303,9	191,3	206,5	192,2	198,4	187,7
F	COM	285,4	179,6	193,4	177,6	183,3	181,8
0d	SEM	225,2	218,6	247,7	187,6	186,7	217,6
0d	COM	268,5	217,3	248,0	204,7	192,8	225,6
20d	SEM	345,4	247,5	268,5	300,3	263,5	309,8
20d	COM	264,9	211,3	223,1	216,3	184,0	258,4
ANO 2012							
PF	SEM	192,9	189,4	205,1	146,6	149,5	166,0
PF	COM	165,2	147,1	155,5	126,1	124,4	141,7
F	SEM	136,3	180,1	141,6	120,0	120,1	174,0
F	COM	156,9	181,1	162,7	128,5	121,7	177,5
0d	SEM	125,7	166,3	152,9	109,2	121,2	160,2
0d	COM	109,9	141,3	132,7	90,2	99,7	129,4
20d	SEM	239,7	185,2	185,1	169,8	148,5	174,8
20d	COM	260,8	183,6	200,0	184,8	156,6	186,3

Nota: PF – Prefloração; F – Floração; 0d – Data da fertilização foliar (0 dias); 10d - 10 dias após a fertilização foliar; 20d - 20 dias após a fertilização foliar. A análise de todos os nutrientes compreende os elementos N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn e B.

Tabela XIII.4. Valores médios de IBN para as diferentes bases de dados DRIS criadas, aplicados aos resultados da EVAG, resultantes da aplicação do formulário DRIS 2, utilizando uma seleção de nutrientes. Apresentação por ano, época de colheita e fertilização ao solo.

Época de colheita	Fertilização Solo	IBN					
		A93	B93	C93	A199	B199	C199
ANO 2009							
PF	SEM	163,3	158,5	97,5	124,7	75,7	117,7
F	SEM	126,6	150,5	111,7	117,0	97,2	137,9
0d	SEM	164,0	127,7	116,3	120,5	116,4	128,7
10d	SEM	413,3	150,9	178,9	171,0	132,6	150,7
20d	SEM	260,6	114,1	130,0	132,8	123,8	140,0
ANO 2010							
PF	SEM	110,3	123,7	121,6	103,4	76,3	108,4
F	SEM	112,4	111,7	107,6	108,0	115,6	123,3
0d	SEM	112,7	105,5	101,6	91,4	103,7	110,8
10d	SEM	102,3	110,3	89,5	72,4	92,5	92,8
20d	SEM	166,7	110,2	116,6	109,1	109,5	131,0
ANO 2011							
PF	SEM	65,6	77,5	61,5	44,2	64,3	58,7
PF	COM	57,2	74,7	65,6	36,1	62,4	66,4
F	SEM	183,6	134,1	136,9	115,0	140,8	140,4
F	COM	198,5	130,3	136,9	116,3	140,1	143,5
0d	SEM	142,5	126,3	121,1	131,0	134,6	146,7
0d	COM	196,8	140,8	135,3	159,9	149,8	164,4
20d	SEM	220,0	214,8	187,9	221,9	208,5	273,5
20d	COM	224,2	188,8	186,3	216,0	194,3	257,8
ANO 2012							
PF	SEM	128,9	116,0	101,3	66,9	93,8	103,2
PF	COM	91,6	84,1	77,5	59,8	77,8	77,9
F	SEM	72,1	97,2	105,6	66,1	83,7	104,9
F	COM	102,0	137,1	150,9	84,5	101,2	137,1
0d	SEM	54,3	67,0	85,6	51,6	77,1	78,7
0d	COM	41,1	67,2	57,1	35,0	59,3	52,9
20d	SEM	200,2	114,2	117,8	129,8	114,6	129,8
20d	COM	220,6	113,8	117,6	141,6	114,8	131,4

Nota: PF – Prefloração; F – Floração; 0d – Data da fertilização foliar (0 dias); 10d - 10 dias após a fertilização foliar; 20d - 20 dias após a fertilização foliar. A análise da seleção de nutrientes exclui o Cu, o Fe, o Mn e o Zn.

Tabela XIII.5. Valores médios de IBN para as diferentes bases de dados DRIS criadas, aplicados aos resultados da Quinta de S. Luiz, resultantes da aplicação do formulário DRIS 1, utilizando todos os nutrientes. Apresentação por ano, época de colheita e fertilização ao solo.

Época de colheita	Fertilização Solo	IBN					
		A93	B93	C93	A199	B199	C199
ANO 2009							
PF	SEM	127,1	218,0	192,7	127,0	123,9	167,4
F	SEM	88,4	188,3	160,7	89,3	101,2	146,9
0d	SEM	356,6	463,1	423,3	311,7	320,8	388,6
10d	SEM	439,5	690,3	636,6	404,7	434,8	583,8
20d	SEM	590,5	824,4	760,9	515,5	546,6	699,3
ANO 2010							
PF	SEM	135,2	197,6	166,7	129,7	117,3	162,2
F	SEM	144,5	261,9	250,2	137,3	146,9	219,2
0d	SEM	246,7	396,3	368,9	204,9	238,0	299,6
20d	SEM	329,2	522,0	491,4	287,3	306,3	427,5
ANO 2011							
PF	SEM	88,4	191,8	175,3	92,6	100,8	144,2
PF	COM	91,7	200,5	193,1	101,3	124,3	164,0
F	SEM	132,3	229,3	205,0	117,9	124,7	166,0
F	COM	198,2	281,6	264,3	173,5	181,0	223,5
0d	SEM	334,2	494,9	460,0	306,5	330,5	424,4
0d	COM	305,8	447,5	432,8	277,2	312,6	392,2
20d	SEM	743,5	939,9	934,2	561,7	677,3	828,3
20d	COM	647,1	778,3	783,9	512,2	590,6	707,2
ANO 2012							
PF	SEM	196,7	332,7	328,5	220,9	243,8	312,8
PF	COM	177,4	306,0	306,1	201,8	224,1	287,9
F	SEM	183,1	298,6	287,4	184,1	196,8	258,9
F	COM	158,7	264,8	255,4	156,9	177,2	226,7
0d	SEM	174,4	284,7	277,7	170,9	190,1	247,3
0d	COM	190,0	356,1	331,2	193,4	205,0	304,1
20d	SEM	517,4	779,3	739,5	440,1	529,0	658,2
20d	COM	452,3	673,2	644,3	389,6	459,0	584,8

Nota: PF – Prefloração; F – Floração; 0d – Data da fertilização foliar (0 dias); 10d - 10 dias após a fertilização foliar; 20d - 20 dias após a fertilização foliar. A análise de todos os nutrientes compreende os elementos N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn e B.

Tabela XIII.6. Valores médios de IBN para as diferentes bases de dados DRIS criadas, aplicados aos resultados da Quinta de S. Luiz, resultantes da aplicação do formulário DRIS 1, utilizando uma seleção de nutrientes. Apresentação por ano, época de colheita e fertilização ao solo.

Época de colheita	Fertilização Solo	IBN					
		A93	B93	C93	A199	B199	C199
ANO 2009							
PF	SEM	60,3	57,9	57,6	48,1	38,6	43,9
F	SEM	24,1	54,5	46,9	27,2	37,6	40,3
0d	SEM	83,4	155,0	127,1	85,9	115,5	123,6
10d	SEM	92,2	188,2	150,9	127,5	119,9	128,1
20d	SEM	90,5	192,4	163,8	94,3	133,1	148,2
ANO 2010							
PF	SEM	52,4	88,8	67,6	60,4	38,6	55,4
F	SEM	42,6	129,3	135,0	71,7	72,2	112,9
0d	SEM	133,9	235,7	217,8	160,4	153,6	162,8
20d	SEM	96,7	167,3	155,0	118,5	115,5	125,4
ANO 2011							
PF	SEM	55,7	127,7	132,7	55,2	76,2	92,5
PF	COM	51,1	134,4	118,3	50,4	72,6	89,0
F	SEM	61,7	154,1	145,2	54,6	88,6	108,0
F	COM	93,6	232,7	224,3	91,1	136,2	168,8
0d	SEM	73,4	120,8	113,6	96,1	92,7	99,4
0d	COM	76,7	113,0	117,9	93,4	91,1	95,6
20d	SEM	54,1	82,8	92,1	68,4	79,3	85,2
20d	COM	59,3	96,1	93,0	75,3	80,1	86,3
ANO 2012							
PF	SEM	52,3	93,1	89,0	73,76	58,8	70,9
PF	COM	53,0	91,2	85,3	79,3	63,5	76,9
F	SEM	57,8	104,6	89,1	80,1	69,3	73,7
F	COM	58,0	114,9	92,3	91,5	74,8	84,9
0d	SEM	58,6	126,3	132,4	92,1	76,6	109,0
0d	COM	61,6	125,3	116,6	87,1	79,3	97,9
20d	SEM	112,0	235,4	187,3	143,6	163,2	177,8
20d	COM	103,4	207,3	156,0	134,5	131,1	153,2

Nota: PF – Prefloração; F – Floração; 0d – Data da fertilização foliar (0 dias); 10d - 10 dias após a fertilização foliar; 20d - 20 dias após a fertilização foliar. A análise da seleção de nutrientes exclui o Cu, o Fe, o Mn e o Zn.

Tabela XIII.7. Valores médios de IBN para as diferentes bases de dados DRIS criadas, aplicados aos resultados da Quinta de S. Luiz, resultantes da aplicação do formulário DRIS 2, utilizando todos os nutrientes. Apresentação por ano, época de colheita e fertilização ao solo.

Época de colheita	Fertilização Solo	IBN					
		A93	B93	C93	A199	B199	C199
ANO 2009							
PF	SEM	136,3	146,3	152,0	116,0	105,8	125,3
F	SEM	92,9	135,3	129,4	91,4	105,3	123,2
0d	SEM	269,6	203,4	209,6	201,7	171,9	192,6
10d	SEM	220,1	213,1	208,4	208,9	189,7	202,7
20d	SEM	274,1	246,8	260,3	247,8	218,9	227,8
ANO 2010							
PF	SEM	269,4	262,2	283,1	255,4	203,9	256,6
F	SEM	205,6	220,7	268,5	199,3	208,6	244,8
0d	SEM	253,9	327,6	281,2	224,1	252,7	258,7
20d	SEM	248,5	219,7	211,5	207,2	210,9	223,3
ANO 2011							
PF	SEM	121,2	188,4	171,6	100,3	108,3	126,7
PF	COM	122,2	190,5	184,2	116,6	114,7	141,2
F	SEM	149,7	206,2	202,0	137,6	136,8	151,0
F	COM	170,5	214,6	215,3	148,2	143,3	155,6
0d	SEM	221,3	182,8	182,1	192,3	192,3	211,6
0d	COM	212,0	194,5	180,6	184,0	183,2	204,7
20d	SEM	595,3	206,6	278,8	415,1	405,1	417,0
20d	COM	605,6	210,0	273,8	389,4	373,2	383,2
ANO 2012							
PF	SEM	115,0	163,1	149,2	104,6	117,9	138,6
PF	COM	96,5	145,9	131,6	94,8	108,5	129,8
F	SEM	116,4	169,0	166,7	105,0	122,6	139,7
F	COM	127,0	172,6	160,1	106,1	121,4	138,2
0d	SEM	117,7	165,8	173,0	111,2	122,5	146,1
0d	COM	138,0	207,5	205,7	136,3	161,3	189,1
20d	SEM	172,4	247,2	222,8	140,0	140,3	160,4
20d	COM	235,9	321,9	283,3	166,6	169,1	194,4

Nota: PF – Prefloração; F – Floração; 0d – Data da fertilização foliar (0 dias); 10d - 10 dias após a fertilização foliar; 20d - 20 dias após a fertilização foliar. A análise de todos os nutrientes compreende os elementos N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn e B.

Tabela XIII.8. Valores médios de IBN para as diferentes bases de dados DRIS criadas, aplicados aos resultados da Quinta de S. Luiz, resultantes da aplicação do formulário DRIS 2, utilizando uma seleção de nutrientes. Apresentação por ano, época de colheita e fertilização ao solo.

Época de colheita	Fertilização Solo	IBN					
		A93	B93	C93	A199	B199	C199
ANO 2009							
PF	SEM	122,1	94,7	93,9	78,8	62,5	73,8
F	SEM	47,2	80,2	64,5	40,4	58,8	64,3
0d	SEM	200,9	149,0	131,6	107,2	99,1	116,9
10d	SEM	133,0	162,4	123,8	132,1	101,9	120,2
20d	SEM	175,5	210,8	215,0	122,6	115,5	139,2
ANO 2010							
PF	SEM	163,9	248,3	281,9	164,2	127,8	202,4
F	SEM	151,5	145,1	144,7	119,6	133,8	154,0
0d	SEM	139,3	329,6	209,0	145,5	188,4	216,2
20d	SEM	100,3	174,8	130,1	97,5	108,1	124,9
ANO 2011							
PF	SEM	81,1	190,7	176,1	71,1	96,0	108,1
PF	COM	93,7	190,3	182,5	76,8	96,5	105,7
F	SEM	94,1	193,5	183,3	82,1	104,3	111,7
F	COM	111,2	207,1	199,1	89,6	112,0	116,6
0d	SEM	94,5	135,5	95,2	94,1	85,0	99,8
0d	COM	102,3	155,5	94,0	99,1	79,4	90,0
20d	SEM	91,3	126,9	98,6	88,6	91,1	104,3
20d	COM	96,4	122,8	95,6	87,1	87,1	99,2
ANO 2012							
PF	SEM	105,6	142,9	118,7	86,8	92,2	110,2
PF	COM	83,5	113,9	103,7	83,4	90,2	102,4
F	SEM	79,3	140,7	119,9	76,4	89,0	104,3
F	COM	84,4	124,4	88,0	68,9	72,9	83,1
0d	SEM	75,2	140,6	134,3	72,8	86,0	109,3
0d	COM	88,6	175,1	173,2	87,5	115,0	138,5
20d	SEM	111,9	146,1	108,6	96,0	82,5	96,9
20d	COM	139,1	164,4	118,3	117,5	86,1	100,6

Nota: PF – Prefloração; F – Floração; 0d – Data da fertilização foliar (0 dias); 10d - 10 dias após a fertilização foliar; 20d - 20 dias após a fertilização foliar. A análise da seleção de nutrientes exclui o Cu, o Fe, o Mn e o Zn.

