

**UNIVERSIDADE DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO
DOURO**

**Variabilidade Climática e a Produtividade Vitivinícola de
Trás-os-Montes**

Magda Marisa Ramada Martinho

VILA REAL, 2009

Dissertação do 2º ciclo de estudos em Engenharia do Ambiente (Grau de Mestre), apresentada à Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

Ao meu Pai que o tempo

levou cedo demais.

Resumo

Em Portugal, e em particular em Trás-os-Montes, a vitivinicultura tem uma grande tradição, sendo uma das mais importantes a nível mundial. Os principais elementos climáticos que influenciam a vinha, e consequentemente o vinho, são a temperatura do ar e a precipitação. Existem variações anuais muito significativas durante o período de um ano, por este motivo é necessário um conjunto de anos para determinar as tendências climáticas duma região. Deste modo, nesta dissertação investigou-se a relação existente entre a variabilidade do clima em Vila Real e a produtividade vitivinícola na região de Trás-os-Montes. O método estatístico adoptado foi a regressão linear, promovendo a criação de um modelo de produtividade da vinha para o período de 1986-2008, tendo como variáveis independentes a precipitação e a temperatura do ar. Para além deste modelo realizou-se uma série de reanálises de campos de temperatura do ar, precipitação e pressão atmosférica. Estas reanálises mostraram que a temperatura do ar foi o principal elemento climático a influenciar a produtividade, uma vez que apresentou um maior número de meses (5) estatisticamente significativos relativamente à precipitação (3). Os resultados mostraram que temperaturas do ar superiores nos meses de Junho, Julho e Outubro indicaram beneficiar o desenvolvimento da vinha, que se manifestará numa maior produtividade vinícola. Pelo contrário, nos meses de Abril e Setembro, temperaturas do ar superiores apontaram para diminuição da produtividade. No mês de Maio, a precipitação indiciou incrementar o crescimento e desenvolvimento da vinha, enquanto para os meses de Setembro e Outubro, a precipitação pareceu ter um efeito negativo. Os resultados obtidos evidenciaram que o clima tem uma forte influência na produção da videira e consequentemente na qualidade de vinho.

Abstract

In Portugal, and particularly in Trás-os-Montes, viticulture has a great tradition, being one of the most important worldwide. The main climatic factors that influence grapevines, and hence the wine are the air temperature and precipitation. There are significant annual variations during the period of a year and for these reasons a number of years are needed to determine the climatic trends of a region. Thus, this dissertation investigated the relationship between the climate variability in Vila Real and productivity of wine in the region of Trás-os-Montes. The statistical method adopted was the linear regression, promoting the creation of a model of wine productivity for the period 1986-2008, taking the precipitation and air temperature as independent variables.

In addition to this model there was a series of reanalyses of fields of air temperature, precipitation and atmospheric pressure. These reanalyses showed that the air temperature was the major climatic element influencing the wine productivity, since had a greater number of months (5) statistically significant in comparison to precipitation (3). The results showed that higher air temperatures during June, July and October would benefit the development of grapevines, which will be manifested in increased wine productivity. On the other hand, in the months of April and September, higher air temperatures pointed to declining productivity. In May, the rainfall increase indicated to encourage the growth and development of vines, while for the months of September and October; the precipitation appeared to have a negative effect. The results showed that the climate has a strong influence on the production of grapes and therefore on the quality of the wine.

Agradecimentos

Este espaço é dedicado àqueles que deram a sua contribuição e que sem a sua colaboração não teria sido possível realizar esta dissertação. A todos eles deixo aqui o meu agradecimento sincero.

Ao Prof. Doutor Aureliano Natálio Coelho Malheiro e ao Prof. Doutor João Carlos Andrade dos Santos a forma como orientaram o meu trabalho, as valiosas contribuições, o incentivo e disponibilidade demonstrada em todas as fases que levaram à sua concretização.

Agradeço ao Vítor Tabuada (Instituto de Meteorologia) pela disponibilidade e colaboração demonstrada, sem a qual teria sido muito difícil concluir com sucesso este trabalho.

Congratulo os meus amigos em particular, Cristiano Rodrigues, Marta Rodrigues, Margarida Sousa, Nuno Costa, Sofia Sousa, Sónia Rodrigues e Tânia Afonso pela colaboração, incentivo e amizade demonstrada durante o decorrer desta dissertação, assim como durante toda a minha vida académica, sem a qual teria sido muito difícil concluir com sucesso este trabalho.

Gostaria de expressar a minha gratidão aos familiares mais próximos, pelo apoio incondicional em todos os momentos. De modo especial à minha mãe Ana, à minha irmã Anabela, ao meu cunhado Carlos e ao meu padrasto José pelo apoio e compreensão.

ÍNDICE

Resumo	iii
Abstract	iv
Agradecimentos	v
Índice de Figuras.....	viii
Índice de quadros	xi
Lista de símbolos e abreviaturas.....	xii
1. Introdução.....	1
2. Revisão bibliográfica.....	3
2.1. Clima de Portugal continental.....	4
2.2. Clima de Trás-os-Montes.....	7
2.3. História da videira e do vinho	10
2.4. Ciclo anual da videira e o clima	12
2.5. Variabilidade climática e a viticultura	17
3. Metodologia	20
3.1. Dados Utilizados	20
3.2. Análise de dados.....	20
3.2.1. Reanálises.....	20
3.2.2. Diagrama “Box-Plot”	21

3.2.3. Correlação	22
3.3. Modelo estatístico e sua validação	23
3.3.1. Regressão linear.....	23
3.3.2. ANOVA	23
3.3.3. Coeficiente de determinação	24
3.3.4. Criação do modelo	25
3.3.5. Validação do modelo	25
4. Resultados e discussão	26
4.1. Produtividade e clima	26
4.2. Reanálises de temperatura do ar, precipitação e pressão atmosférica	31
5. Conclusões	46
6. Bibliografia	48
Anexos.....	52

Índice de Figuras

Figura 1. Temperatura do ar média anual (a) e Precipitação média anual (b): 1961-90 (I. M., 2008).	5
Figura 2. Clima de Portugal Continental, segundo a classificação de Köppen: 1961-90 (I. M., 2009).	6
Figura 3. Zonagem climática de Trás-os-Montes, período de 1931-60: Terra Fria, Terra Quente e Zona de Transição (Gonçalves, 1985b).	8
Figura 4. Precipitação média anual (mm) para o período de 1931-1960 (Ferreira, 1996).	9
Figura 5. Temperatura do ar média anual (°C) para o período de 1931-1960 (Ferreira, 1996).	9
Figura 6. Ciclo anual da videira (Magalhães, 2008).	12
Figura 7. Curva de resposta à temperatura do ar (Lombard & Richardson, 1979).	15
Figura 8. Esquema de um diagrama “box-plot” (Maroco, 2007).	21
Figura 9. Produtividade vitivinícola (hl/ha) de Trás-os-Montes, no período 1986-2008. Estão ainda representadas as médias móveis de 2-anos, a média aritmética e a recta de regressão linear com a respectiva equação e coeficiente de determinação (%). .	26
Figura 10. Produtividade vitivinícola (hl/ha) de Trás-os-Montes, no período 1986-2008. Estão ainda representadas a média aritmética, a média menos o desvio padrão e a média mais o desvio padrão.	27
Figura 11. Diagrama “BOX-PLOT” das médias areolares para a precipitação (mm), para o período de 1986-2008 em Vila Real.	28

Figura 12. Diagrama “BOX-PLOT” das médias areolares para a temperatura do ar (°C), para o período de 1986-2008 em Vila Real.	28
Figura 13. Produtividade vitivinícola (hl/ha) observada vs validada com respectivo erro padrão de Trás-os-Montes, no período 1986-2008 e as diferenças entre as duas produtividades (barras de erro).	30
Figura 14. Dispersão da produtividade observada vs validada (hl/ha) de Trás-os-Montes, no período 1986-2008 e a recta de regressão linear, com a respectiva equação e coeficiente de determinação (%).	31
Figura 15. Campo médio mensal da temperatura do ar a 2 m da superfície, para o mês de Abril de 1987 (a), Abril de 1989 (b) e a diferença numérica dos campos de temperatura do ar nos anos de 1987 e 1989 (1989-1987) (c).	32
Figura 16. Campo médio mensal da pressão ao nível médio do mar (hPa) para Abril de 1987 (a) e Abril de 1989 (b).	33
Figura 17. Campo médio mensal da precipitação (mm/dia) à superfície para Maio de 1987 (a), Maio de 1989 (b) e as diferenças entre os dois campos anteriores, 1989 menos 1987 (c).	34
Figura 18. Campo médio mensal da pressão atmosférica ao nível médio do mar (hPa) para Maio de 1987 (a) e para Maio de 1989 (b).	35
Figura 19. Campo médio mensal da temperatura do ar a 2 m da superfície para Junho de 1987 (a), Junho de 1989 (b) e a diferença numérica dos campos de temperatura nos anos de 1987 e 1989 (1989-1987) (c).	36
Figura 20. Campo médio mensal da pressão atmosférica ao nível médio do mar (hPa) para Junho de 1987 (a) e Junho de 1989 (b).	37

Figura 21. Campo médio mensal da temperatura do ar a 2 m da superfície para Julho de 1987 (a), Julho de 1989 (b) e a diferença numérica dos campos de temperatura nos anos de 1987 e 1989 (1989-1987) (c).	38
Figura 22. Campo médio mensal da pressão ao nível médio do mar (hPa) para Julho de 1987 (a) e para Julho de 1989 (b).	39
Figura 23. Campo médio mensal da precipitação (mm/dia) à superfície para para Setembro de 1987 (a), Setembro de 1989 (b) e a diferença entre os dois anos (1989-1987) (c).	40
Figura 24. Campo médio mensal da temperatura do ar a 2 m da superfície para Setembro de 1987 (a), Setembro de 1989 (b) e a diferença numérica dos campos de temperatura do ar nos anos de 1987 e 1989 (1989-1987) (c).	41
Figura 25. Campo médio mensal da pressão atmosférica ao nível médio do mar (hPa) para Setembro de 1987 (a) e para Setembro de 1989 (b).	42
Figura 26. Campo médio mensal da precipitação (mm/dia) à superfície para o mês para Outubro de 1987 (a), para Outubro de 1989 (b), e a diferença entre os dois campos anteriores nos anos de 1989 menos 1987 (c).	43
Figura 27. Campo médio mensal da temperatura a 2 m da superfície para Outubro de 1987 (a), Outubro de 1989 (b) e a diferença numérica dos campos de temperatura nos anos de 1987 e 1989 (1989-1987) (c).	44
Figura 28. Campo médio mensal da pressão atmosférica ao nível médio do mar (hPa) para Outubro de 1987 (a) e para Outubro de 1989 (b).	45

Índice de quadros

Quadro I. B's com coeficientes de correlação superior 0,30, para o período de 1986-2008.....	29
Quadro II. Resultados da tabela ANOVA, para o período de 1982-2008.....	29
Quadro III. Resultados da regressão linear, para o período de 1986-2008.	30

Lista de símbolos e abreviaturas

AIQ – Intervalo inter quartil.

CO₂ – Dióxido de carbono.

gl – Graus de liberdade.

GrADS – *Grid Analysis and Display System*.

IIV. – Instituto do vinho e da vinha.

IM – Instituto de Meteorologia.

INE – Instituto Nacional de Estatística.

IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Changes*.

NCEP/NCAR - *National Centers for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research*.

OMM- Organização Mundial de Meteorologia.

Q1 – 1º Quartil.

Q2 – 2º Quartil ou média.

Q3 – 3º Quartil.

SPSS - *Statistical Package for the Social Sciences*.

1. Introdução

O conhecimento do clima de uma região é fundamental para o planeamento e gestão das actividades socio-económicas, e também essencial para mitigar as consequências dos riscos climáticos (I. M., 2009).

O clima é descrito pelos elementos climáticos, sendo a temperatura do ar e a precipitação dos mais importantes. A observação, medição e registo sistemático destes elementos climáticos em determinada região durante um longo intervalo de tempo, permite conhecer com uma boa aproximação o clima dessa região e avaliar a sua variabilidade (flutuações em torno da média de longo período).

De facto, a temperatura e a precipitação, bem como outros elementos climáticos, podem variar substancialmente de um ano para o outro, ou de uma década para a outra, num determinado local, pelo que é frequentemente muito difícil distinguir entre uma tendência importante que parece emergir e uma mera irregularidade de curta duração no padrão climático.

Os climas regionais são altamente influenciados pela latitude, altitude, topografia, proximidade dos oceanos, entre outros factores internos ao sistema climático. Os factores externos que influenciam o clima são interacções complexas que envolvem a actividade solar, os parâmetros orbitais da Terra, entre outros. Apesar de as interacções estarem ainda longe de serem completamente compreendidas, sabemos hoje bem mais do que há uma ou duas décadas.

Portugal tem um clima tipicamente mediterrânico, caracterizando-se por ter um Verão quente e seco. As videiras sofrem frequentemente *stress* hídrico e *stress* térmico, sendo a influência destas duas variáveis essencial no crescimento e desenvolvimento das uvas, isto é, faz com que tenham bagos de tamanho mais reduzido, favorecendo, dentro de certos limites, a qualidade do vinho.

Neste contexto, a temperatura do ar tem uma função fundamental para o desenvolvimento das plantas e faz com que se desenvolvam, de forma diversa nas várias regiões do mundo. Para o caso da vinha, as diferentes zonas vitícolas do globo são

fortemente dependentes da temperatura do ar para obtenção de um melhor rendimento, essencial a uma actividade económica de relevante importância socioeconómica.

Aliás, a importância da viticultura é já ancestral, nas civilizações antigas é traduzida essencialmente nos ritos da religião católica, estes vinhos são certamente muito diferentes dos vinhos actuais (I. V. V., 2008).

Com base nos pressupostos anteriores, esta dissertação teve como objectivo principal a elaboração de um modelo estatístico, que permita encontrar interacções entre a produtividade vitivinícola de Trás-os-Montes e as condições climáticas (através de dados da precipitação e da temperatura do ar) de Vila Real. Desta forma houve a necessidade de criar uma base de dados para esta região.

Foi ainda nosso objectivo, a execução das reanálises dos campos de precipitação, temperatura do ar e pressão atmosférica. A distinção de cada uma delas, entre o ano em que a produtividade foi mais elevada e o ano em que esta foi mais reduzida, calcula-se pelas diferenças entre os dois anos extremos, para verificação do impacto destas variáveis na vitivinicultura da região.

2. Revisão bibliográfica

A palavra clima provém de vocábulo grego que designava uma zona da Terra limitada por duas latitudes e era associada à inclinação dos raios solares e pelas características meteorológicas predominantes (I. M., 2009).

O clima é a síntese do tempo e a nossa expectativa sobre as condições meteorológicas. Cientificamente há que definir os atributos em termos quantitativos, no clima os fenómenos interessam pela sua duração ou persistência, pela sua repetição e são caracterizados por valores médios, variâncias, probabilidades de ocorrência de valores extremos dos parâmetros climáticos (I. M., 2008).

A definição pelo glossário do IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) é a seguinte: Clima, num sentido restrito é geralmente determinado como “tempo meteorológico médio”, ou mais precisamente, como a descrição estatística de quantidades relevantes de mudanças do tempo meteorológico num período de tempo, que vai de meses a milhões de anos. O período clássico é de 30 anos, definido pela Organização Mundial de Meteorologia (OMM). Essas quantidades são geralmente variações de superfície como temperatura do ar, precipitação e velocidade do vento (IPCC, 2001).

Frequentemente ocorre confusão conceptual entre clima e tempo, duas grandezas que se distinguem, designadamente, pelo espaço temporal de referência. Numa simplificação de abordagem poderá dizer-se que o estado de tempo refere-se ao conjunto das condições meteorológicas num dado local, designadamente a temperatura e a humidade do ar, a precipitação, a nebulosidade, o vento e a sua evolução no a dia a dia. Por seu lado, o clima poderá traduzir-se pelo conjunto de todos os estados que a atmosfera pode ter num determinado local, durante um tempo longo, mas definido. Este intervalo de tempo durante o qual podemos dizer que existe um determinado tipo de clima é escolhido como “suficientemente longo”, em geral são considerados 30 anos. (I. M., 2009), como referido anteriormente.

Assim, na descrição quantitativa do clima é necessário indicar o período (intervalo de tempo) a que correspondem os valores numéricos apresentados. Com efeito, o clima varia com o tempo e por isso não devem comparar-se climas utilizando valores que

correspondam a intervalos de tempo com números diferentes de anos, ou que correspondam ao mesmo número de anos, mas em épocas diferentes (I. M., 2008).

2.1. Clima de Portugal continental

Portugal Continental, localiza-se aproximadamente entre as latitudes de 37° N e 42° N e as longitudes de 9,5° W e 6,5° W, no extremo Sudoeste da Europa situado na zona de transição entre o anticiclone subtropical (anticiclone dos Açores) e a zona das depressões subpolares, sendo o clima fortemente influenciado pela proximidade ao Oceano Atlântico. Portugal Continental é uma região, que dista nas regiões mais interiores apenas cerca de 220 km do Oceano Atlântico, o que não impede que algumas dessas regiões apresentem características climáticas do tipo continental. Outro dos factores determinantes do clima é a orografia da região, com áreas significativas das zonas Norte e Centro a ultrapassarem os 1000 m de altitude (Santos & Miranda, 2006).

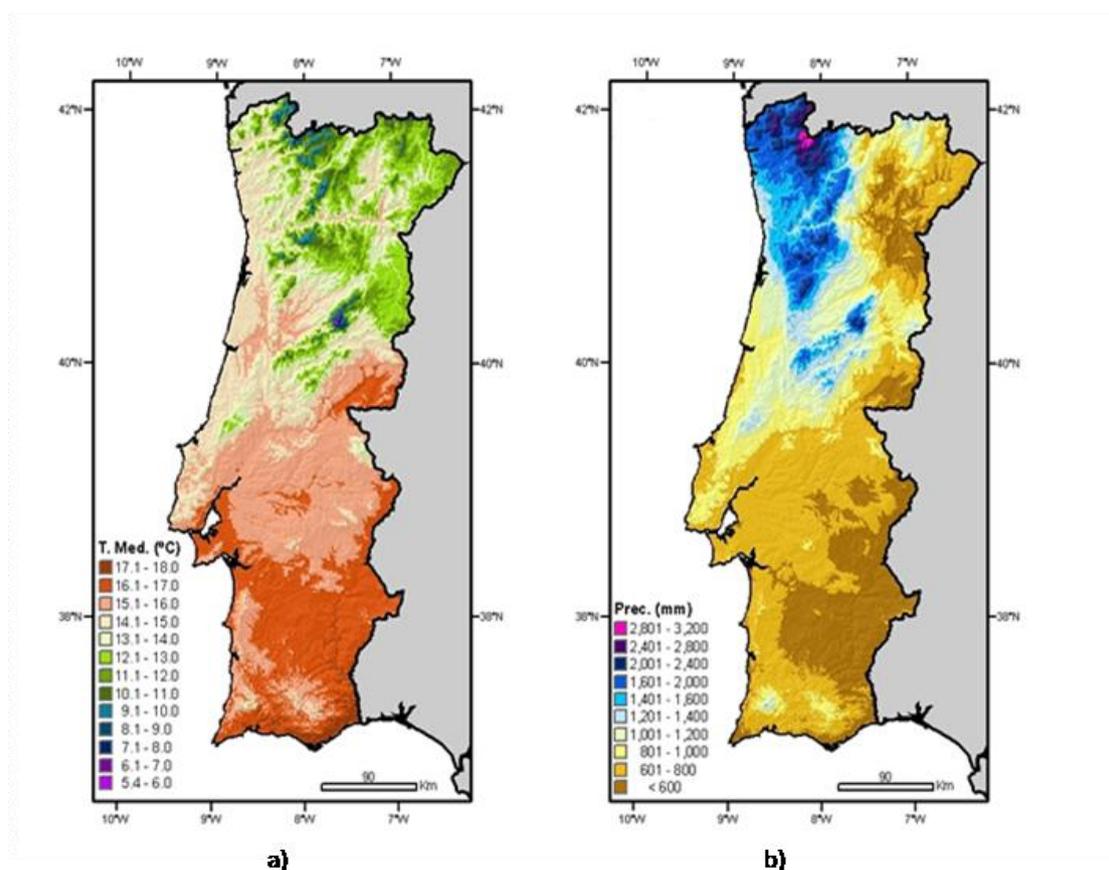


Figura 1. Temperatura do ar média anual (a) e Precipitação média anual (b): 1961-90 (I. M., 2008).

A análise espacial baseada nas normais climáticas de 1961/90 (Figura 1) mostra a temperatura média anual a variar entre cerca de 7°C nas terras altas do interior norte e centro e cerca de 18°C no litoral sul. Com base nos mesmos dados mostra-se que a precipitação média anual tem os valores mais altos no Minho e Douro Litoral e os valores mais baixos no interior do Baixo Alentejo (I. M., 2008).

A variação dos factores climáticos referidos (latitude do lugar, influência do Oceano Atlântico, continentalidade e orografia), embora pequena, é suficiente para induzir variações significativas na temperatura e, principalmente, na precipitação observadas em Portugal Continental. Com efeito, a região Noroeste (Minho) é uma das zonas da Europa que regista valores mais elevados de precipitação, atingindo a média da precipitação anual acumulada nalguns locais valores superiores a 3000 mm. Por outro lado, em várias zonas do interior do Alentejo, a precipitação anual acumulada não ultrapassa, em média, os 500 mm. A precipitação apresenta variações interanuais muito

acentuadas, tornando a região vulnerável a fenómenos extremos associados à falta (secas) ou ao excesso de precipitação (cheias) (Santos & Miranda, 2006).

O clima de Portugal Continental, segundo a classificação de Köppen, divide-se em duas regiões: uma de clima temperado com Inverno chuvoso e Verão seco e quente (Csa) e outra de clima temperado com Inverno chuvoso e Verão seco e pouco quente (Csb) (I. M., 2009). Neste tipo de clima, os meses mais frios estão associados a época das chuvas; no Inverno observa-se alguma precipitação, sendo esta quase nula durante a estação do Verão. Esta estação caracteriza-se por ser seca e muito quente. No litoral, o Verão é mais ameno, sendo suavizado pelas correntes frias oceânicas (I. M., 2008).

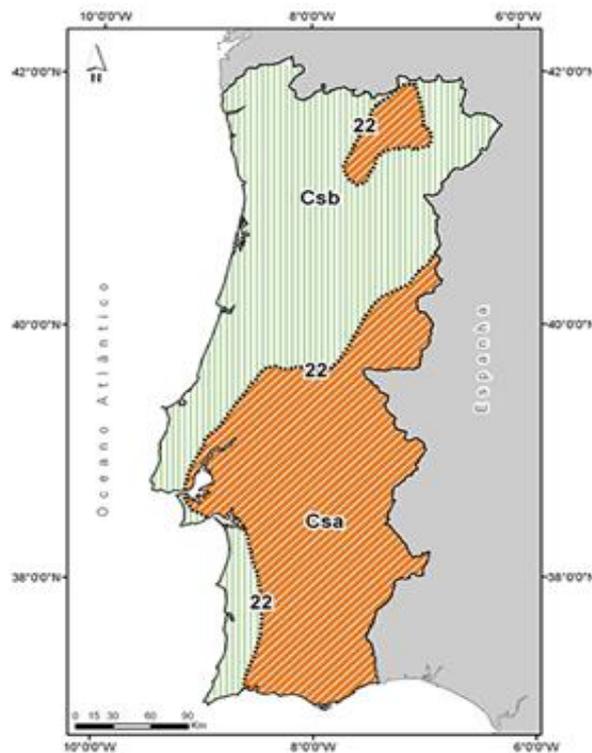


Figura 2. Clima de Portugal Continental, segundo a classificação de Köppen: 1961-90 (I. M., 2009).

2.2. Clima de Trás-os-Montes

Trás-os-Montes apresenta grande diversidade climática devido as formas de relevo que a caracterizam (Gonçalves, 1985a). Esta região caracteriza-se por ter um Inverno longo e um Verão curto, embora geralmente bastante quente. Daí o rifão popular dizer “nove meses de Inverno e três de inferno” (Gonçalves, 1985a).

Na verdade este ritmo climático conduz a estrangulamentos nas actividades agrícolas regionais, mormente no que respeita ao regime da ocorrência de geadas e da ausência de precipitação na estação quente (Gonçalves, 1985b).

O clima desta região é mediterrânico, com temperaturas de Inverno relativamente baixas e com chuvas concentradas no semestre frio. Sofrem influência atlântica nas suas áreas de montanha e vales encaixados a Oeste, tendo influência continental na zona planáltica de Miranda do Douro (Pereira, 1984).

A região apresenta um regime hídrico típico dos climas mediterrânicos com chuvas na estação fria (Gonçalves, 1985a).

Nesta região podem-se encontrar diferenças regionais quanto à quantidade de precipitação e a maior ou menor duração da estação seca. De comum nesta região tem-se a quase ausência de chuvas no Verão (Gonçalves, 1985b).

Nas terras montanhosas a Oeste e a Norte da região a precipitação média anual (Figura 4) é superior a 1000 mm, na restante área da região a precipitação é inferior em quase toda, com valores mais baixos na Terra Quente transmontana e em especial no Douro Superior, onde os valores médios se aproximam de 400 mm/ano (Pereira, 1984).

É na Terra Quente e no Douro Superior, que as temperaturas (Figura 3) de Verão atingem os valores mais elevados. Os registos das temperaturas médias mensais do mês mais quente apresentam temperaturas da ordem dos 23 a 25 °C. É nesta zona que o Inverno é mais ameno, com temperaturas médias mensais do mês mais frio na ordem dos 6 a 9 °C. A zona mais baixa de Trás-os-Montes estende-se de 100 a 500 m de altitude, o relevo é muito acidentado e as terras planas raras, desenvolvem-se culturas com frequência em solos com 15 a 30% de declive e mesmo mais (Pereira, 1984).

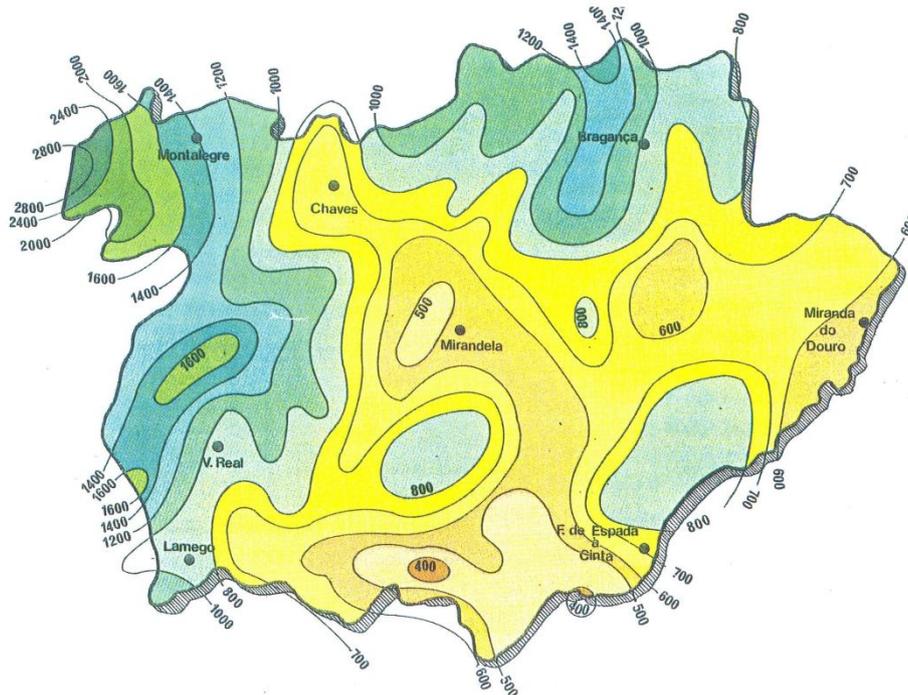


Figura 4. Precipitação média anual (mm) para o período de 1931-1960 (Ferreira, 1996).

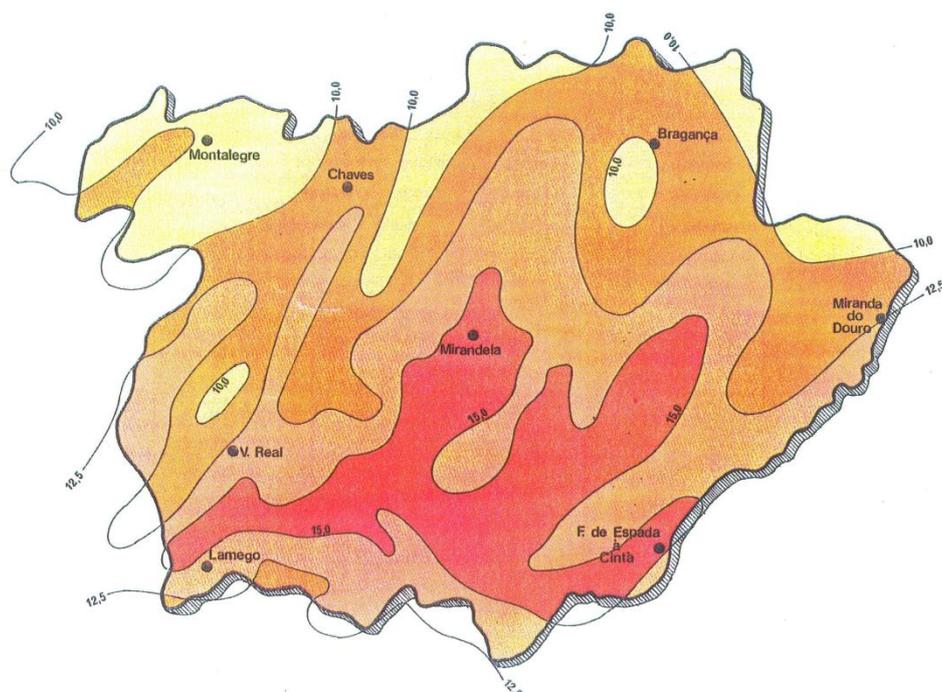


Figura 5. Temperatura do ar média anual (°C) para o período de 1931-1960 (Ferreira, 1996).

De acordo com as figuras 4 e 5 podem-se identificar duas zonas climáticas homogéneas, estendendo-se esta homogeneidade à intersecção dos dois regimes: o térmico e o da precipitação (Gonçalves, 1985b).

O que mais influencia os aspectos produtivos numa mesma zona climática é a quantidade de precipitação (Gonçalves, 1985b).

2.3. História da videira e do vinho

Não se pode definir com exactidão a origem da videira (*Vitis vinifera* L.). No entanto, indícios de que o seu aparecimento é anterior ao do próprio Homem (I. V. V., 2008). A primeira referência ao vinho que se conhece encontra-se no livro dos Génesis, onde narra que Noé cultivou a vinha, fez vinho, bebeu-o e embriagou-se (Carvalho & Correia, 1983).

Embora envolto em muitas dúvidas e mitos, pensa-se que a vinha terá sido cultivada pela primeira vez na Península Ibérica (vale do Tejo e Sado), cerca de 2000 anos a.C., pelos Tartessos, dos mais antigos habitantes desta Península, cuja civilização parece ter sido bastante avançada. Estes habitantes estabeleceram negociações comerciais com outros povos, trocando diversos produtos, entre os quais o vinho, que provavelmente veio a servir de moeda de troca no comércio de metais (I. V. V., 2008).

Os Fenícios, por volta do século X a.C., acabaram por se apoderar do comércio dos Tartessos, incluindo o do vinho. Considera-se que estes possam ter trazido algumas castas de videiras que introduziram na Lusitânia (I. V. V., 2008).

A vinha pelo facto de ser uma cultura altamente colonizadora acompanhou sempre a existência das grandes civilizações (Carvalho & Correia, 1983). Na Península Ibérica, é provável que a cultura da vinha tenha sido iniciada pelos gregos através das colónias que se estabeleceram na península no século VII a.C. (Carvalho & Correia, 1983). Durante a dominação sarracena, a cultura da vinha foi prejudicada, devido à sua religião, o uso do vinho foi proibido, sendo de notar, porém, apesar disso manteve

sempre o seu fabrico em algumas regiões do país (Carvalho & Correia, 1983). Com a ocupação romana, a cultura da vinha teve uma enorme expansão. Escavações levadas a cabo em vários locais do país, revelam o desenvolvimento e a prosperidade que a vinha trouxe as regiões (Fonseca *et al.*, 1998).

As vinhas foram depois espalhadas e protegidas pelos reis de Portugal, consoante iam fazendo as suas conquistas de território (Carvalho & Correia, 1983). A Igreja, e de um modo geral, as ordens religiosas contribuíram muito para a sua expansão e especialmente para a melhoria da qualidade dos vinhos, não só em Portugal mas em todo o mundo cristão (Carvalho & Correia, 1983).

Na Idade Média, foram os monges da Ordem de Cister quem particularmente propagou a cultura da vinha e a elaboração do vinho nos seus mosteiros, expandindo o cultivo das videiras e incentivando os povos ao conhecimento das condições climáticas para melhor poderem determinar os ciclos vegetativos, aplicar regras de cultivo e desenvolver a actividade agrícola, que era a base da economia da época e factor essencial para a sua fixação (Cavaco, 2005).

Durante séculos, o vinho foi o mais importante produto do comércio externo de Portugal e criador de riqueza para as diferentes regiões, pelo que, desde cedo, a sua produção e comercialização foi regulamentada (a partir 1756, efectivou-se a demarcação e regulamentação da primeira região vitícola no mundo, o Douro, em 1907/1908 criaram-se e regulamentaram-se sete novas regiões sendo as restantes regiões criadas a desde 1979 até aos nossos dias), de forma a garantir ao consumidor a qualidade e genuinidade dos vinhos e a defender os produtores que se submetiam às regras estritas de produção (Cavaco, 2005).

Marquês de Pombal foi um grande impulsionador da produção vitícola portuguesa, dedicando muita atenção a vários vinhos, como o vinho do Porto. Data do seu governo a criação da companhia geral da agricultura das vinhas do Alto Douro, com monopólio da exportação através do Porto para vinhos, aguardentes e vinagres (Carvalho & Correia, 1983).

Refira-se que a cultura da vinha na região Duriense remonta aos tempos pré-históricos. Foram encontradas grainhas de uvas e mesmo sarmentos de videira carbonizados em necrópoles que datam de algumas estações do Bronze I ate ao Bronze II (Cortez, 1951).

2.4. Ciclo anual da videira e o clima

Há uma série de elementos climáticos que afectam a videira e o seu desenvolvimento. Estes incluem precipitação, humidade do ar, velocidade do vento, radiação solar e temperatura do ar. No caso da vinha, esta está distribuída pelas diferentes zonas vitícolas de acordo com as suas necessidades térmicas específicas (Pereira, 2000).

Ao longo do ano, a videira sofre alterações fisiológicas e funcionais, correspondendo a diversas fases e fenómenos englobados no ciclo vegetativo anual. Este ciclo corresponde a duas grandes fases: a da actividade vegetativa, em que se observam modificações constantes na morfologia da planta, da actividade fisiológica, e o período de repouso vegetativo, quando a videira, desprovida de folhas, mantém inalterado o seu aspecto exterior e uma actividade fisiológica muito reduzida (Magalhães, 2008).



Figura 6. Ciclo anual da videira (Magalhães, 2008).

É no início da Primavera que a videira termina a época de repouso. O ciclo vegetativo inicia-se com o “choro” da videira, em consequência do rápido incremento da actividade radicular pela elevação da temperatura do solo, que consiste, na perda de seiva através dos cortes da poda feita durante o Inverno. Este fenómeno antecede pouco tempo antes do abrolhamento ou da rebentação dos gomos (cerca de 2 semanas). Pode, no entanto, ocorrer bastante mais cedo (a partir de Janeiro), sempre que a temperatura do solo se eleve provocando a activação do sistema radicular. Se a videira iniciar o ciclo

vegetativo cedo demais, o risco de sofrer as consequências das geadas primaveris é mais elevado.

O ciclo vegetativo propriamente dito inicia-se com abrolhamento da videira dependendo da localização da vinha, por isso nem todas as plantas iniciam o ciclo vegetativo ao mesmo tempo. Normalmente esta fase inicia-se entre os 80 a 130 dias após o dia 1 de Janeiro. No Hemisfério Norte o abrolhamento ocorre geralmente durante o mês de Março, quando as temperaturas se elevam acima do zero vegetativo (Magalhães, 2008).

O zero vegetativo corresponde aproximadamente a 10 °C, mas pode variar em função das castas e da latitude do lugar onde são cultivadas as videiras (Champagnol, 1984)

A fase de crescimento inicia-se a partir do dia 130 após o dia 1 de Janeiro e prolonga-se até ao pintor (entre Julho e Agosto), fase em que se reduz substancialmente, ou cessa, a actividade da divisão celular e o alongamento celular dos ápices vegetativos e do câmbio (Magalhães, 2008).

O crescimento processa-se pela divisão e alongamento das células do ápice. Simultaneamente, as folhas adquirem, progressivamente maior superfície. Os factores de crescimento são de variadas ordens (Magalhães, 2008).

A floração é muito influenciada pelos factores climáticos, pela casta, pelo ano, pelo dia e pela duração da temperatura média diária. Muito poucas flores abrem a temperaturas inferiores 15,6 °C. A temperatura óptima de floração está entre os 18,3 e 21,1 °C. No entanto, se a temperatura for superior 37,8 °C a floração é retardada, embora as flores não fiquem danificadas (Winkler *et al.*, 1974).

Precipitação

A água é um factor primordial para a produtividade das plantas, uma vez que, o seu metabolismo dela depende directa ou indirectamente (Pereira, 2000). A disponibilidade de água na videira pode afectar substancialmente o rendimento e a composição do fruto, quer directa (através das mudanças directas no metabolismo do fruto) ou indirectamente (através dos efeitos associados ao crescimento do fruto ou microclimas) e ainda de forma positiva ou negativa. Esta aparente contradição resulta das diferenças que podem ser atribuídas ao grau de disponibilidade hídrica da videira e ao período de crescimento

em que os efeitos são medidos. O crescimento vegetativo é, geralmente, o primeiro processo a ser afectado pelo stress hídrico. No caso da videira, o crescimento da uva é muito afectado por este tipo de *stress* (Malheiro, 2005).

A videira necessita de pelo menos 150-300 mm de precipitação acumulada durante o Inverno. Durante o abrolhamento e colheita, precisa de pelo menos 250-350 mm necessários para continuar o crescimento vegetativo (Jackson, 2001).

Chuva perto da vindima pode provocar o rachar dos bagos, tornando-os mais susceptíveis às doenças criptogâmicas. Isto não só irá diminuir a produtividade, mas a qualidade do vinho resultante também (Sluys, 2006).

Temperatura do ar óptima

A temperatura do ar, como já referido, influencia diversos processos envolvidos no desenvolvimento da videira (Jackson, 2001), desde a diferenciação floral do ano precedente até à maturação do ano respectivo (Pereira, 2000). Também influencia os níveis de certos elementos nos bagos, por exemplo, o açúcar e a acidez (Jackson, 2001).

Foram realizados numerosos estudos sobre a interacção entre o crescimento da videira e a temperatura. Isto levou à dedução de um conjunto global de temperatura óptima de 25 a 32 °C (Jackson, 2001) Qualquer temperatura inferior a este intervalo óptimo limita o crescimento vegetativo. Para a temperatura acima da faixa óptima reduz-se a taxa de fotossíntese das videiras, devido ao aumento da respiração (Gladstone, 1992). A actividade fotossintética é óptima a 24 °C nos climas frios e 28 °C para os climas quentes (Lombard & Richardson, 1979).

O desenvolvimento das videiras aumenta ou diminui com o aumento da temperatura acima do valor de temperatura base de 10 °C (Lombard & Richardson, 1979).

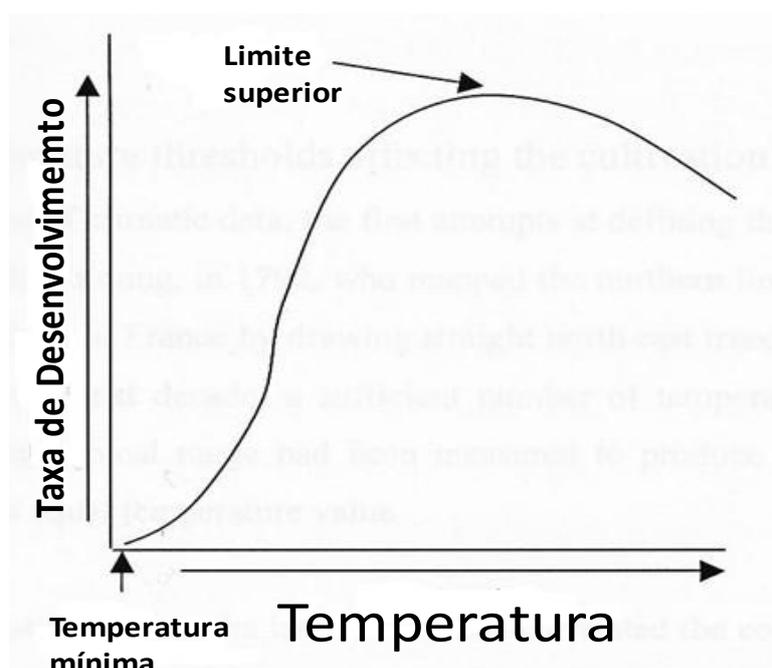


Figura 7. Curva de resposta à temperatura do ar (Lombard & Richardson, 1979).

Temperaturas do ar elevadas

Com a subida das temperaturas do ar durante a época de cultivo das uvas, estas tornam-se mais susceptíveis às queimaduras solares. Os cachos mais susceptíveis desenvolvem-se nas zonas de sombra da vinha. Os cachos expostos desde o início do desenvolvimento são mais resistentes, mas mesmo estes podem ser danificados com o aumento da temperatura acima de 32 °C. Os danos podem ser causados pela intensidade luminosa sob a forma de queimaduras solares (Jackson, 1997).

A partir de 35 °C, a temperatura inibe a actividade fotossintética, limita o crescimento, que é factor favorável na ocasião do pintor (quando a uva esta a mudar para uma cor avermelhada) e no período de maturação para aumentar o depósito dos fotoassimilados no bago, em detrimento da maior actividade metabólica dos órgãos jovens (Calo & Costacurta, 1974).

Temperaturas do ar baixas

A videira é uma planta perene que se adapta a uma vasta gama de condições climáticas, pode sobreviver a temperaturas de -15 a -20 °C no Inverno. Devido a esta condição, surge assim um factor limitante para a produção de vinho de qualidade. Nas altas latitudes verifica-se a produção de uvas verdes, vinhos ácidos e com baixo teor alcoólico, pois a vinha não consegue acumular açúcares suficientes para uma correcta maturação. Para reverter esta situação os agricultores recorrem a castas que tenham uma maturação precoce, antes das épocas frias, para que consigam realizar uma correcta maturação (Leeuwen & Seguin, 2006).

Baixas temperaturas têm a capacidade de causar danos e lesões nas plantas, estas têm uma baixa tolerância a temperatura, dependendo do seu estágio de desenvolvimento. Na Primavera, como os gomos começam a crescer, a sua susceptibilidade aumenta ao frio, provocando danos. Portanto, uma gema que pode sobreviver a -15 °C no meio do Inverno terá a sua resistência reduzida para 1 a 2 °C quando as gemas rebentam. Desde o momento do rebentamento da gema, as temperaturas abaixo de 1°C danificam os botões, folhas e frutos. Na Primavera, as geadas emergentes matam os gomos e os seus rebentos. O novo crescimento será o resultado dos danos ocorridos, porém os rebentos secundários são muito menos produtivos do que o rebento principal e a maturidade será adiada para mais tarde devido ao amadurecimento das uvas (Jackson, 2001).

Contudo, apesar dos limites de tolerância de uma planta relativamente à temperatura do ar poderem produzir danos letais e mesmo conduzir à morte, estes danos dependem essencialmente do tempo de exposição ao *stress* térmico e não tanto do valor absoluto. Por estes motivos é muito difícil identificar os limites letais de cada espécie (Chaves e Pereira, 1992 *cit in*. Pereira, 2000).

Vento

Vento pode alterar o microclima da vinha. O ar em volta da videira aquece com o Sol em condições calma e pode ser de 10 °C mais quente do que a da videira que está exposta a um vento frio. Também em condições secas, o vento promove a transpiração e, portanto, a taxa de crescimento da videira é retardada devido à perda hídrica (Jackson, 2001).

Aquelas vinhas que são cultivadas em áreas propícias a rajadas de vento podem quebrar os novos ramos, as consequências do que vai acontecer dependerá da época do ano. Caso venham a ocorrer no início da temporada, nos padrões ramificação não se verificam perdas acentuadas, se ocorrer mais tarde, as culturas podem muito bem ser perdidas (Pearson & Goheen, 1988).

2.5. Variabilidade climática e a viticultura

As regiões vitivinícolas de qualidade na produção de vinho tem um relacionamento relativamente estreito com nichos geográficos e climáticos, portanto, estão sujeitas a um maior risco. De um modo geral, o vinho de dada região apresenta características resultantes de um tipo de clima, enquanto a variabilidade climática determina as diferenças na qualidade (Jones *et al.*, 2005).

As zonas climáticas mais favoráveis ao desenvolvimento das potencialidades produtivas de uma determinada casta são delimitadas através de índices bioclimáticos que se baseiam directa ou indirectamente na temperatura do ar (Pereira, 2000).

Tendo em conta este tipo de limitações verifica-se que as zonas mais adequadas à produção vitícola ocorrem principalmente entre as latitudes de 30° a 50°, o que geralmente corresponde a média anual de temperaturas 10 °C e 20 °C (Jackson, 2001). Outros factores importantes são as características do solo e a altitude. Em alguns casos a grande altitude pode compensar a baixa latitude (Leeuwen & Seguin, 2006).

Nas baixas latitudes, acontece precisamente o oposto, o clima é quente, as uvas podem atingir a maturação no início do Verão. Uma maturação rápida das uvas, também é prejudicial, pois reduz a expressão aromática dos vinhos (Leeuwen & Seguin, 2006).

As regiões equatoriais apresentam ciclos vegetativos contínuos e podem ter em simultâneo na mesma parcela de terreno vinhas no final da maturação e outras ainda no início. Apesar de estas cultivares não terem o mesmo potencial enológico das suas

parentes de latitudes mais altas, consegue-se uma boa produção de uvas de mesa (Leeuwen & Seguin, 2006).

Na Europa, a vinha atinge geralmente a maturação entre Setembro e Outubro, apesar de o clima variar de forma muito diferente nas várias regiões Europeias, como por exemplo a diferença entre clima da Alemanha e de Portugal (Leeuwen & Seguin, 2006).

Alterações nas condições ambientais têm consequências nos ecossistemas agrícolas. Se por um lado em larga escala as alterações nas condições ambientais podem modificar a localização das principais zonas de produção no planeta, tal como das áreas onde as culturas e as técnicas culturais estarão adaptadas, de modo a tornar possível atingir níveis de produtividades rentáveis. Por outro lado, não existe uma resposta única por parte das diferentes plantas, ou seja, haverá vantagens para umas e desvantagens para outras. Pode-se, por isso, afirmar que a produtividade agrícola é vulnerável à alteração climática (Reddy & Hodges, 2000).

O aumento da temperatura reduz a duração dos estádios de desenvolvimento das culturas. Os efeitos podem ser maiores ou menores, dependendo de quais são os estádios atingidos. Assim, se houver encurtamento da fase de maior crescimento as consequências serão maiores, do que se houver redução da duração dos estádios iniciais do ciclo da cultura (Lawlor & Mitchell, 2000 *cit in*. Brandão, 2006).

As tendências observadas nas temperaturas têm sido relacionadas com a variabilidade da produção agrícola pelos impactos dos Invernos rigorosos, ocorrência de geadas e a duração da época de crescimento (Cárter *et al.*, 1991).

Os impactos na qualidade dos vinhos, relacionados com as mudanças do clima na época da maturação da vinha, poderão ser comprovados com um rápido aumento do crescimento das plantas para fora da época de equilíbrio e amadurecimento (Jones *et al.*, 2005).

A história tem mostrado um aumento da produção vitícola nas regiões desenvolvidas, onde o clima se tornou favorável, onde posteriormente se desenvolveram grandes regiões produtoras de vinho. Contudo as eventuais alterações climáticas têm vindo a modificar os climas existentes, provocando novas mudanças nestas regiões que podem ser favoráveis ou desfavoráveis dependendo do tipo de mudança que se proporcionou. (Jones *et al.*, 2005).

Na Europa tem-se mantido registo das datas da colheita e do rendimento obtido, com aproximadamente um milhar de anos, revelando períodos em que as temperaturas são mais benéficas na época de crescimento, verifica-se uma maior produtividade e sem dúvida melhor qualidade em algumas regiões (Jones *et al.*, 2005).

3. Metodologia

3.1. Dados Utilizados

No decorrer da realização desta dissertação efectuou-se a análise de séries temporais de temperatura do ar média mensal e de precipitação mensal com a produtividade vitivinícola (hl/ha) no período de 1986-2008 (23 anos), para a região de Trás-os-Montes (em que a Região Demarcada do Douro é largamente a principal produtora).

Os dados de produtividade da vinha foram, então, recolhidos no Instituto Nacional de Estatística (INE), tendo sido apenas utilizados dados a partir de 1986, pois para os anos precedentes não estavam disponíveis.

Refira-se que numa fase inicial, foi equacionado o estudo de outras culturas (ex: macieira, batateira), que acabou por ser abandonado, devido ao número reduzido de dados.

Os dados meteorológicos foram obtidos para região de Vila Real através de séries temporais (temperatura do ar e quantidade de precipitação) obtidas no Posto Climatológico da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

3.2. Análise de dados

3.2.1. Reanálises

As reanálises são um conjunto de dados atmosféricos gerados por modelos numéricos atmosféricos a partir da combinação de dados observados na rede mundial de estações meteorológicas. No decorrer deste trabalho, a temperatura do ar, a precipitação e a pressão atmosférica ao nível médio do mar foram obtidos das reanálises do *National Centers for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research* (NCEP/NCAR).

O programa escolhido para criar os campos das reanálises foi o GrADS (*Grid Analysis and Display System*). Esta é uma ferramenta interactiva, que está actualmente em uso a nível mundial para a análise e visualização de dados das Ciência da Terra. O GrADS implementa um modelo 4-dimensional de dados, onde as dimensões são normalmente a latitude do lugar, a longitude, o nível e o tempo. Cada conjunto de dados está localizado dentro deste espaço 4-dimensional através da utilização de uma base de dados descritiva.

3.2.2. Diagrama “Box-Plot”

O diagrama “box-plot” possibilita visualizar graficamente as características das variáveis presentes na amostra (temperatura do ar e a precipitação) ao longo do ano, para os 23 anos em estudo.

Este diagrama representa a distribuição de um conjunto de dados com base em alguns de seus parâmetros descritivos, como: a mediana (Q2), o 1º quartil (Q1), o 3º quartil (Q3) e o intervalo inter-quartil ($AIQ = Q3 - Q1$).

A Figura 8 apresenta um esquema explicativo do diagrama “box-plot”, destacando suas principais características:

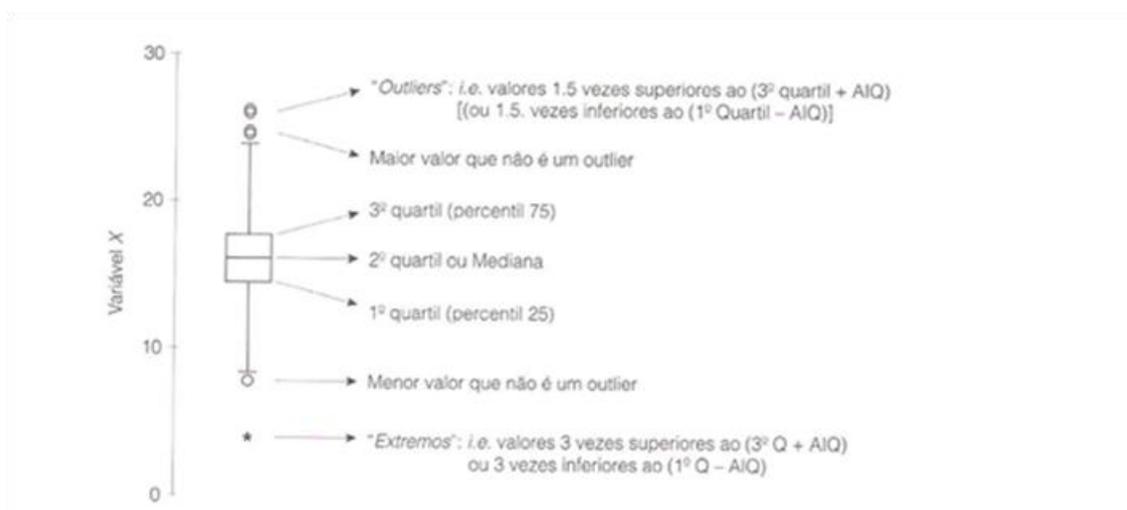


Figura 8. Esquema de um diagrama “box-plot” (Maroco, 2007).

A linha central da caixa identifica a mediana (Q2) do conjunto de dados e implica, por isso, que 50 % dos valores lhe são inferiores. A parte inferior da caixa é delimitada pelo primeiro quartil (Q1), 25 % dos valores na série são inferiores, e a parte superior pelo terceiro quartil (Q3), com 75% dos valores na série são inferiores.

Os extremos (inferior e superior) correspondem aos máximos e mínimos que não excedam os limites $Q1 - 1.5 \cdot AIQ$ e $Q3 + 1.5 \cdot AIQ$. Fora destes limites, os valores são designados por “outliers”.

3.2.3. Correlação

As correlações são obtidas através do coeficiente de correlação de Pearson, que se apresenta como a medida do grau de relação linear entre duas ou mais variáveis quantitativas.

Tem-se uma variável estatística bidimensional quando, relativamente a cada elemento da população, se observa e estuda duas características distintas, a produtividade correlacionada com a temperatura do ar e a produtividade correlacionada com a precipitação.

Este coeficiente varia entre os valores -1 e 1, em que o valor 0 (zero) significa que não existe relação linear, o valor 1 indica uma relação linear perfeita e o valor -1 também indica uma relação linear perfeita, mas inversa, ou seja quando uma das variáveis aumenta a outra diminui exactamente na mesma proporção. Quanto mais próximo o coeficiente de correlação se situar de 1 ou -1, mais forte é a associação linear entre as duas variáveis. Valores, em módulo, superiores a 0,70 indicam uma forte correlação. Valores, em módulo, entre 0,30 e 0,7 indicam correlação moderada e valores entre 0 e 0,30 indicam baixa correlação ou correlação inexistente (independência das variáveis).

Qualquer que seja a correlação verificada, esta não significa causalidade.

3.3. Modelo estatístico e sua validação

3.3.1. Regressão linear

A análise de regressão linear é uma metodologia estatística que utiliza a relação entre duas ou mais variáveis quantitativas (ou qualitativas) de tal forma que uma variável (dependente ou predictanda) pode ser modelada, ou prevista, a partir de outras variáveis (independentes ou predictoras).

Na análise de regressão linear as variáveis independentes relacionam-se através de uma combinação linear (modelo linear aditivo), onde também se inclui um componente aleatório. Assim, o modelo pode ser matematicamente representado por:

$$Y = f(X) + \varepsilon$$

f- Função linear que descreve a relação entre X e Y.

ε - Erros aleatórios.

Y = variável resposta ou dependente;

X = variável independente ou predictor.

A regressão linear multivariada é a relação funcional entre a variável dependente (produtividade) e as variáveis independentes (precipitação e temperatura do ar). É um dos tipos de regressão mais correntemente utilizados e pode ser representada por:

$$Y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + \dots + B_kX_k + \varepsilon$$

Em que B_0, B_1, \dots, B_k são os coeficientes de regressão, ajustados a partir dos dados experimentais; Y a variável dependente, X_1, X_2, X_k são as variáveis independentes e ε é o erro cometido, que afecta a variável dependente, sendo desprezável face à amplitude da variação das variáveis independentes.

3.3.2. ANOVA

O método de análise de variância (ANOVA) deve ser aplicado para testar a perícia e significância estatística de uma modelo qualquer de regressão linear. A variância total é

dividida em duas partes: a primeira explicada pelo modelo de regressão e a segunda atribuível aos resíduos (erros). A magnitude numérica destas variâncias é comparada formalmente através de uma função de distribuição F . O objectivo inferencial consiste em verificar se alguma das variáveis independentes pode ou não influenciar a variável dependente. Deste modo, o modelo é ou não estatisticamente significativo. Esta hipótese teórica pode ser formalizada por:

$$\text{Hipótese nula (H}_0\text{): } B_1 = B_2 = \dots = B_p = 0$$

$$\text{Hipótese alternativa (H}_1\text{): } \exists_1 B_i \neq 0 \quad (i = 1, \dots, p)$$

(H₁ lê-se como existe pelo menos um i tal que B_i é diferente de zero).

O programa estatístico utilizado (SPSS, *Statistical Package for the Social Sciences*) produziu um valor de F associado a esta estatística teste. Então, se o $F \leq 0,05$ rejeita-se a H_0 em benefício de H_1 . Pode, então, concluir-se que pelo menos uma das variáveis independentes possui um efeito significativo sob a variação da variável dependente. Deste modo, o modelo ajustado é estatisticamente significativo.

3.3.3. Coeficiente de determinação

O coeficiente de determinação (geralmente representado por R^2) é uma medida da dimensão do efeito das variáveis independentes sob a variável dependente, como descrito no método de regressão. Na regressão linear este coeficiente é uma das estatísticas da qualidade de ajustamento mais populares. O R^2 mede a proporção da variabilidade total que é explicada pela regressão ($0 \leq R^2 \leq 1$) ou, de modo equivalente, a proporção da variabilidade total da variável dependente que depende das variáveis independentes, definido pelo ajustamento do modelo de regressão linear aos dados. Quando $R^2 = 0$ o modelo não se ajusta aos dados e quando $R^2 = 1$ o ajustamento diz-se perfeito.

3.3.4. Criação do modelo

Para a análise das séries temporais foi utilizado o referido programa estatístico SPSS e calculadas as correlações da produtividade com a temperatura do ar e com a precipitação. Apenas foram tidas em conta as correlações, em módulo, superiores a 0,30; pois só assim são consideradas correlações moderadas, foram analisadas com recurso à regressão linear múltipla para a modelação da produtividade.

3.3.5. Validação do modelo

Para a obtenção da produtividade validada recorreu-se à validação cruzada. Este modelo de regressão pode ser usado com objectivos de estimação e de influência das relações fundamentais entre a variável dependente e a variável independente. A criação do modelo no SPSS consiste em retirar o ano que pretende ser validado e calcular os coeficientes de correlação (B) para os restantes anos e proceder da mesma forma para todos os anos em estudo. Com os resultados dos coeficientes de correlação e usando a equação da regressão linear foi calculada a produtividade validada. Obtém-se um resultado validado para cada ano retirado, dando origem posteriormente a um novo modelo com todos os resultados igualmente validados.

4. Resultados e discussão

4.1. Produtividade e clima

A Figura 9 apresenta a produtividade vitivinícola de Trás-os-Montes para os anos de 1986 a 2008, destacando-se os anos em que a produtividade foi elevada (ex: 1989) e os anos em que foi reduzida (ex: 1987).

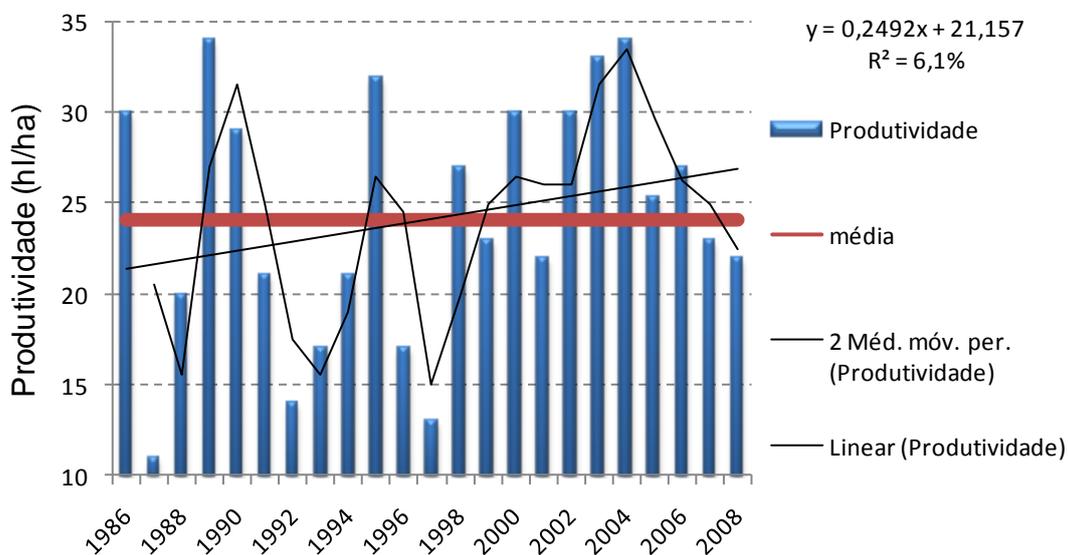


Figura 9. Produtividade vitivinícola (hl/ha) de Trás-os-Montes, no período 1986-2008. Estão ainda representadas as médias móveis de 2-anos, a média aritmética e a recta de regressão linear com a respectiva equação e coeficiente de determinação (%).

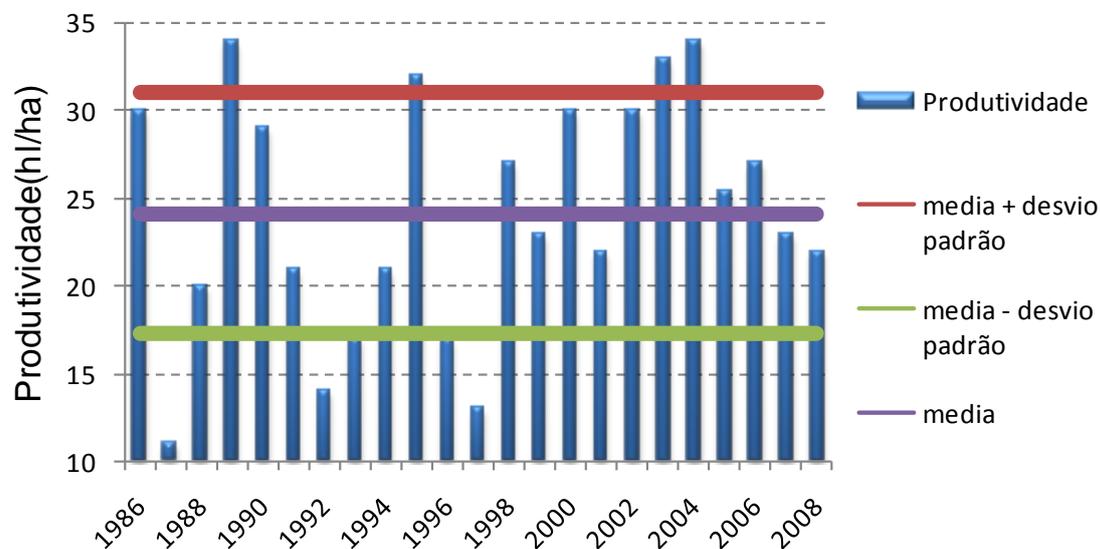


Figura 10. Produtividade vitivinícola (hl/ha) de Trás-os-Montes, no período 1986-2008. Estão ainda representadas a média aritmética, a média menos o desvio padrão e a média mais o desvio padrão.

Na Figura 10 observa-se o desvio médio da produtividade relativamente à média, e igualmente os anos em que ocorreu uma produtividade muito elevada e os anos em que foi muito reduzida.

O diagrama “Box-Plot” (Figura 11) revela o comportamento da precipitação ao longo do ano, para as médias mensais de 1986-2008, identificando-se a existência de uma maior precipitação nos meses de Inverno relativamente aos meses de Verão. A variação do comportamento da temperatura do ar (Figura 12), média mensal, ao longo do tempo mostra uma curva em S, típica de temperaturas baixas no Inverno e altas no Verão.

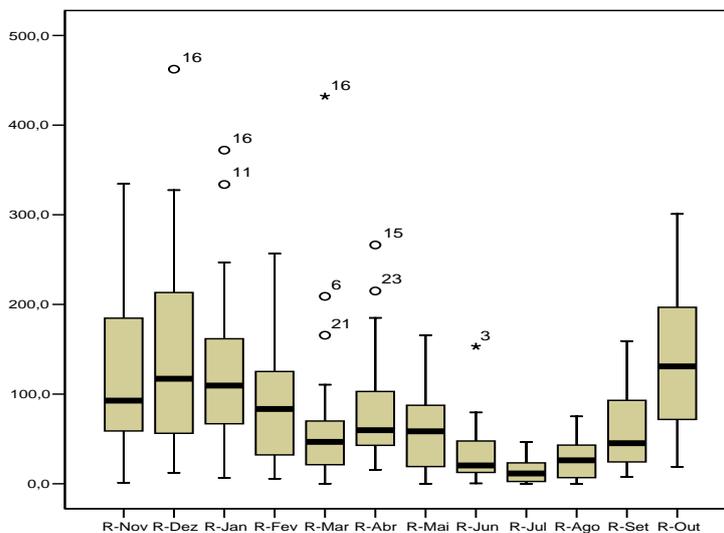


Figura 11. Diagrama “BOX-PLOT” das médias areolares para a precipitação (mm), para o período de 1986-2008 em Vila Real.

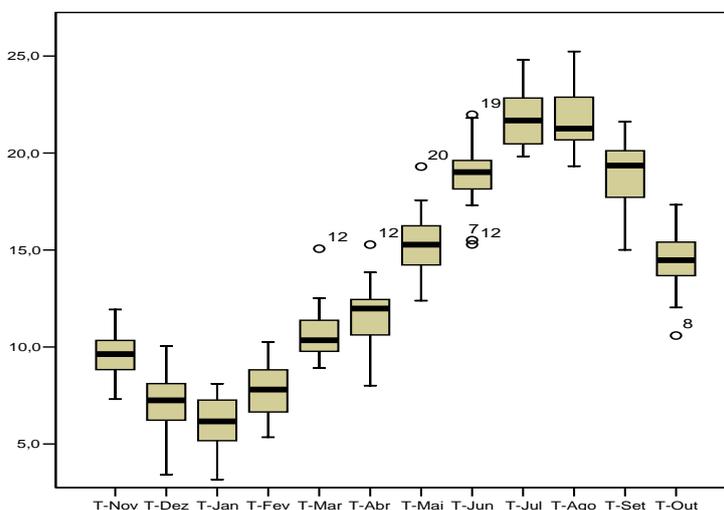


Figura 12. Diagrama “BOX-PLOT” das médias areolares para a temperatura do ar (°C), para o período de 1986-2008 em Vila Real.

O coeficiente de correlação indica a alteração média da variável dependente que resulta da alteração unitária da variável independente, conforme apresentado anteriormente na metodologia. Os coeficientes estimados para criar o modelo estatístico encontram-se no Quadro I em baixo.

Quadro I. B's com coeficientes de correlação superior 0,30, para o período de 1986-2008.

	(Const)	R-Mai	R-Jun	R-Jul	R-Aug	R-Sep	R-Out	T-Abr	T-Jun
B	24,15	0,00	0,06	-0,02	0,16	0,01	-0,04	-1,04	3,52

A tabela ANOVA (Quadro II) testa a possível existência de uma relação significativa entre as variáveis independentes (temperatura do ar e precipitação) e a variável dependente (produtividade). O valor da significância indica que o modelo é adequado.

Quadro II. Resultados da tabela ANOVA, para o período de 1982-2008.

Soma dos quadrados	Graus de liberdade (gl)	Quadrado médio	F	Sig.
812,670	8,00	101,584	6,560	0,001
216,788	14,00	15,485		
1029,457	22,00			

O coeficiente de correlação quadrático mostra um resultado de 79% (Quadro III) da produtividade que se deve à precipitação e à temperatura do ar. Esta fracção demonstra o grau de associação entre as 3 variáveis.

Quadro III. Resultados da regressão linear, para o período de 1986-2008.

R	R ²	R ajustado	Sig. F Change	Durbin- Watson
0,89	0,79	0,67	3,94	2,59

A relação da produtividade observada com a validada estatisticamente é demonstrada na Figura 13. Tendo em conta as barras de erro da produtividade modulada, verifica-se que na maior parte dos anos não existem diferenças acentuadas. Logo, o modelo criado é estatisticamente significativo e de utilidade.

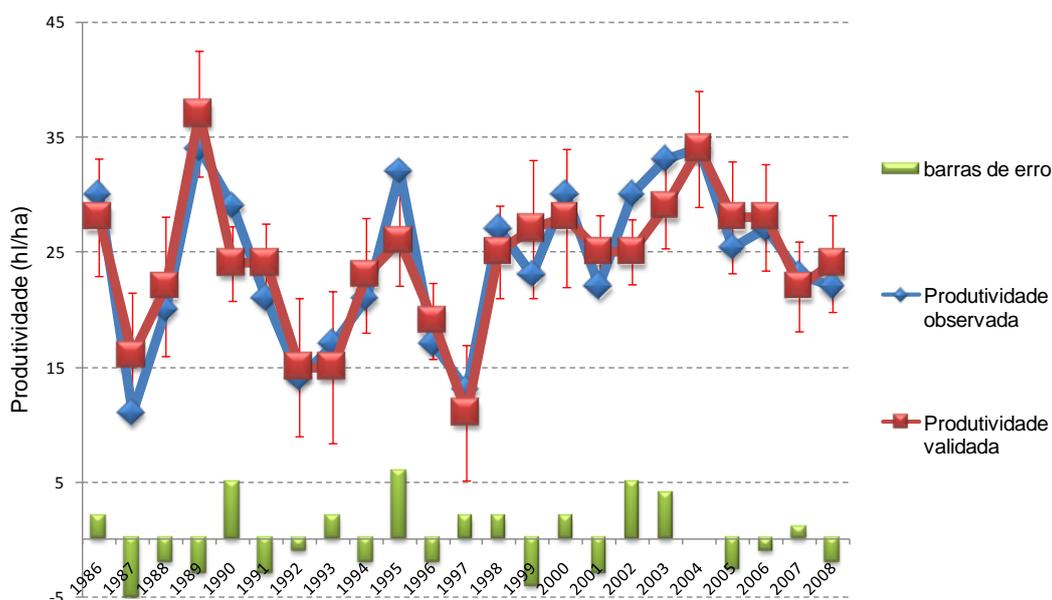


Figura 13. Produtividade vitivinícola (hl/ha) observada vs validada com respectivo erro padrão de Trás-os-Montes, no período 1986-2008 e as diferenças entre as duas produtividades (barras de erro).

O coeficiente de correlação (Figura 9) exhibe a relação linear existente entre as duas variáveis (produtividade observada e produtividade validada) e como elas se relacionam entre si, que neste caso é de 79%.

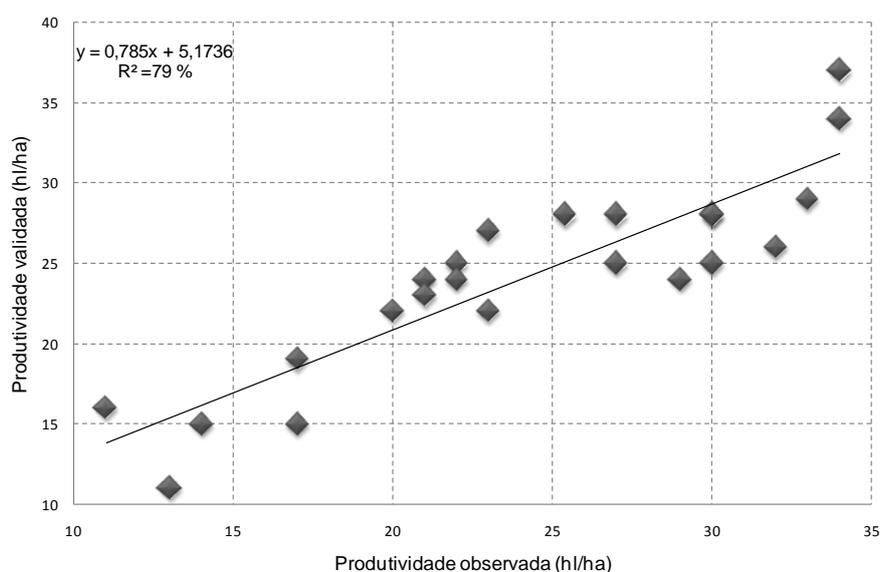


Figura 14. Dispersão da produtividade observada vs validada (hl/ha) de Trás-os-Montes, no período 1986-2008 e a recta de regressão linear, com a respectiva equação e coeficiente de determinação (%).

4.2. Reanálises de temperatura do ar, precipitação e pressão atmosférica

De acordo com os registos médios mensais da temperatura do ar em Vila Real, para Abril de 1987 foi atingido 12,7 °C, enquanto em 1989 esse valor foi de 9,5 °C. Este facto pode ser confirmado através dos campos da temperatura média no sector Euro-Atlântico (Figura 15a e b). De facto, as diferenças entre os campos das temperaturas (Figura 15c) indicam para 1987 sobre o interior norte de Portugal uma diferença de temperatura da ordem dos 2 – 4 °C mais elevada que no ano de 1989.

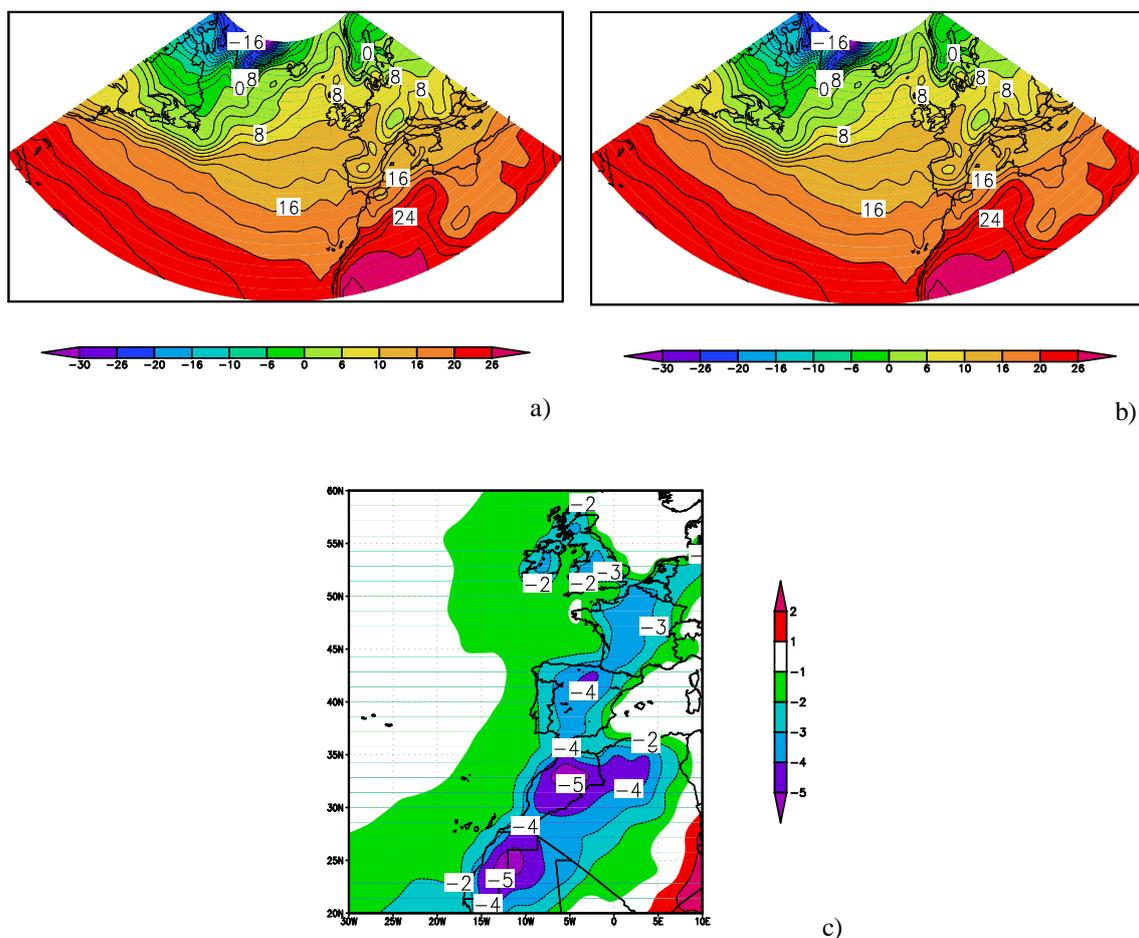


Figura 15. Campo médio mensal da temperatura do ar a 2 m da superfície, para o mês de Abril de 1987 (a), Abril de 1989 (b) e a diferença numérica dos campos de temperatura do ar nos anos de 1987 e 1989 (1989-1987) (c).

Os campos de pressão atmosférica apresentaram, para Abril de 1987 (Figura 16a), ventos fracos de sudoeste. Estes ventos são quentes e com alguma probabilidade de ocorrência de precipitação. Para 1989 (Figura 16b) os ventos predominantes foram de nordeste, relativamente frios e secos.

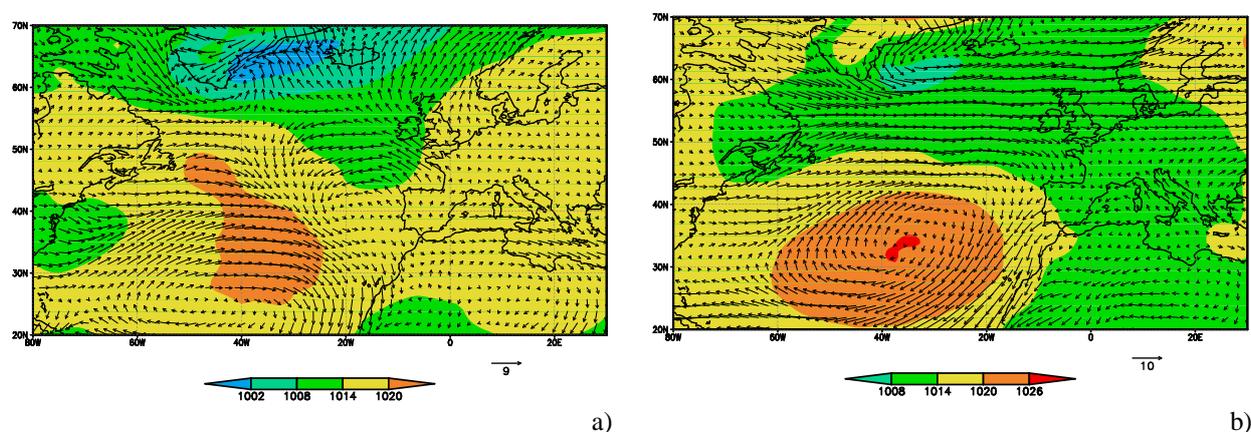


Figura 16. Campo médio mensal da pressão ao nível médio do mar (hPa) para Abril de 1987 (a) e Abril de 1989 (b).

No que respeita às temperaturas do ar anormalmente elevadas no mês de Abril (Figura 15), estas indicam serem prejudiciais à produtividade da vinha. Este resultado poderá ser justificado pelas temperaturas mais altas, nesta época proporcionarem um crescimento vegetativo mais rápido, levando a um aumento do risco e exposição a geadas primaveris. As geadas poderão queimar os ápices vegetativos e parar o crescimento vegetativo, nos casos mais extremos. Verificou-se em 1989 (Figura 16b), ocorreram condições atmosféricas mais instáveis e ventos mais frios provenientes das Ilhas Britânicas. Para 1987 (Figura 16a) temos ventos quentes provenientes do Sahara com baixa probabilidade de ocorrer precipitação. Estes campos demonstram que em Portugal a precipitação é quase nula. Não se verificando assim diferenças significativas nas reanálises de precipitação, motivo pelo qual não se encontram aqui referenciadas.

A precipitação registada em Vila Real para no mês de Maio de 1987 foi de 0,57 mm/dia e em 1989 foi de 1,36 mm/dia. Os campos de precipitação média mensal apresentam uma ténue precipitação em praticamente todo o Atlântico norte (Figura 17a e b). No

entanto, no campo das diferenças entre os dois anos (Figura 17c) observa-se uma precipitação aproximada de 3 mm/dia em 1989 relativamente a 1987.

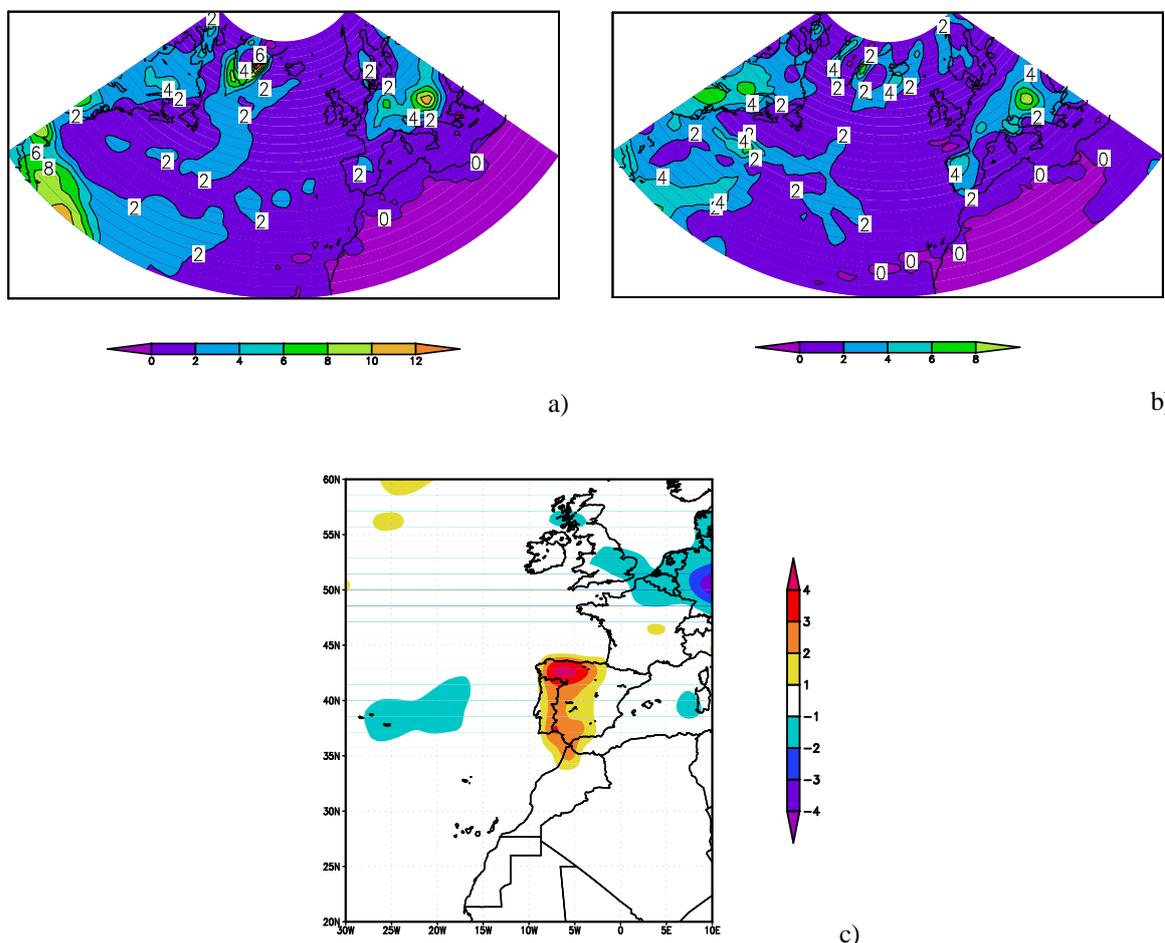


Figura 17. Campo médio mensal da precipitação (mm/dia) à superfície para Maio de 1987 (a), Maio de 1989 (b) e as diferenças entre os dois campos anteriores, 1989 menos 1987 (c).

As evidências para os campos de pressão atmosférica em de Maio de 1987 (Figura 18a) exibem ventos de norte com tendência para ventos de nor-nordeste, com ventos não muito frios, mas com fraca intensidade e com pouca precipitação. Para 1989 (Figura 18b), Portugal foi afectado por ventos de norte, frios e com pouca precipitação.

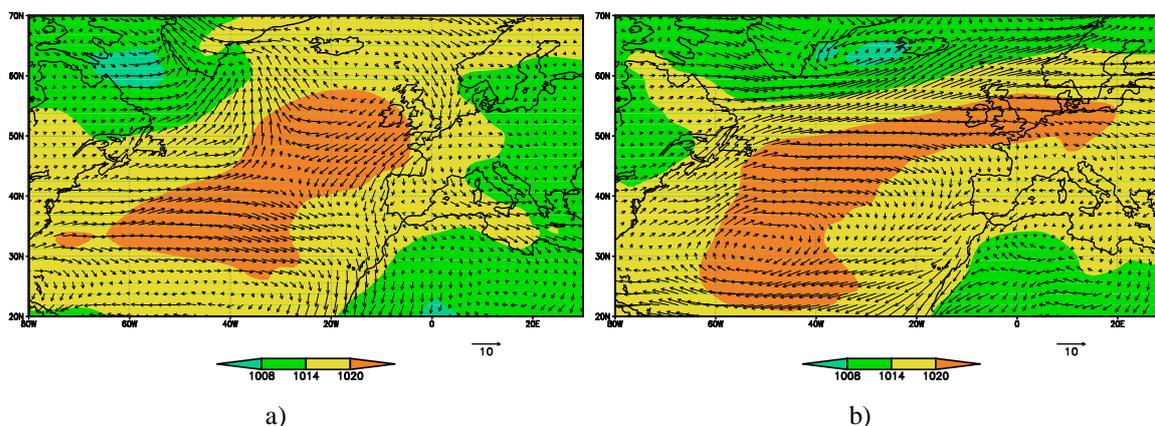


Figura 18. Campo médio mensal da pressão atmosférica ao nível médio do mar (hPa) para Maio de 1987 (a) e para Maio de 1989 (b).

A produtividade vitivinícola pareceu ser favorecida pela precipitação anormalmente elevada (acima da média) no mês de Maio (Figura 17). Para se verificar um correcto desenvolvimento a vinha necessita de água para desenvolver os seus ápices vegetativos, para o crescimento das folhas e, posteriormente, para o desenvolvimento dos bagos, já que sem água a capacidade de estes se desenvolverem é menor. A velocidade do vento apresenta para os dois anos em causa (Figura 18) pouca intensidade, com proveniência das Ilhas Britânicas. Relativamente à temperatura do ar, neste mês nada se pode concluir, pois os campos de temperatura obtidos não foram significativos.

A temperatura do ar média mensal em Vila Real, para o mês de Junho de 1987 (Figura 19a) foi de 19,2 °C e em 1989 (Figura 19b) foi na ordem dos 19,4 °C. De facto, a diferença de temperaturas entre os dois anos (Figura 19c) indica que em 1989, sobre o interior norte de Portugal, a temperatura do ar foi na ordem de 1 a 2 °C mais elevada que em 1987.

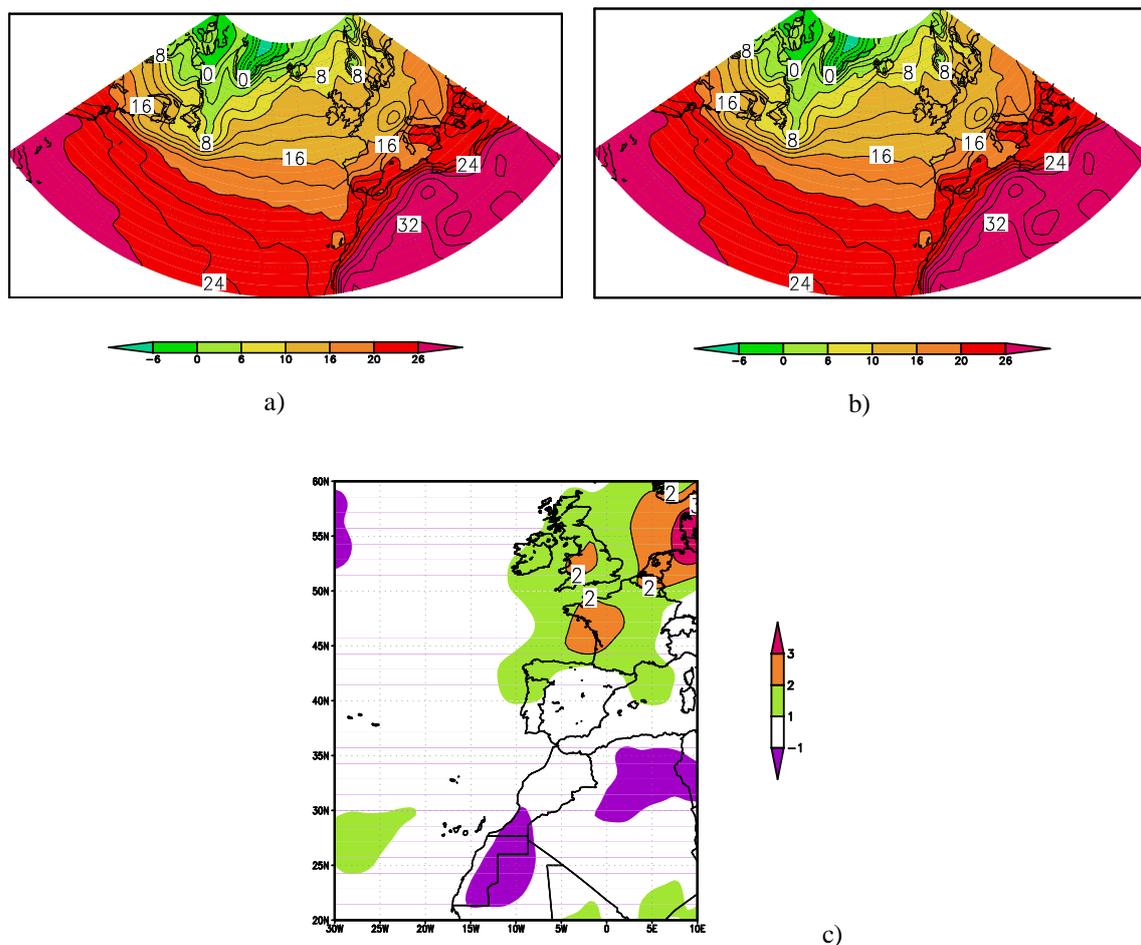


Figura 19. Campo médio mensal da temperatura do ar a 2 m da superfície para Junho de 1987 (a), Junho de 1989 (b) e a diferença numérica dos campos de temperatura nos anos de 1987 e 1989 (1989-1987) (c).

Os campos de pressão atmosférica apresentam para o mês de Julho de 1987 (Figura 20a) ventos de nordeste, relativamente frios e secos. Para 1989 (Figura 20b), Portugal foi afectado por ventos predominantes de norte, com fraca intensidade, relativamente frios e com pouca probabilidade de precipitação.

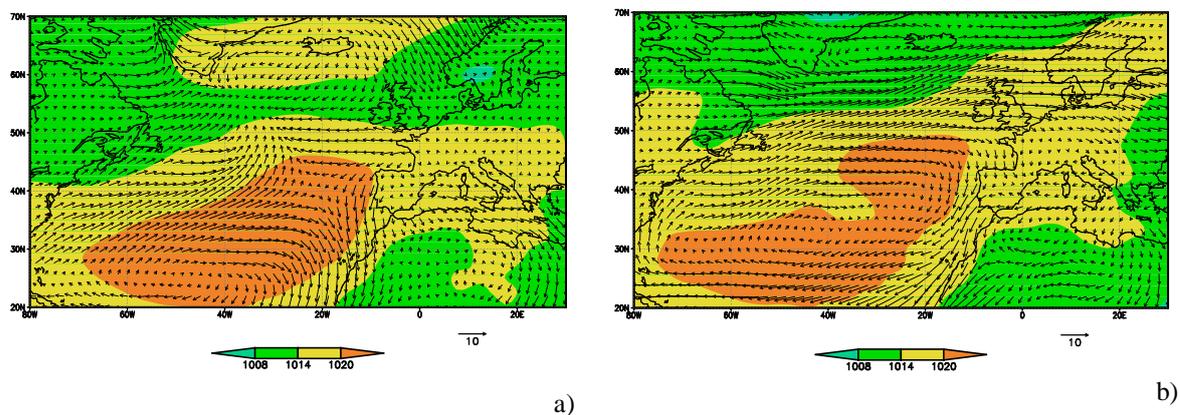


Figura 20. Campo médio mensal da pressão atmosférica ao nível médio do mar (hPa) para Junho de 1987 (a) e Junho de 1989 (b).

Relativamente ao mês de Junho, pode-se verificar que temperaturas superiores (Figura 19) indiciam o favorecimento da produtividade da vinha. Nesta época estar a decorrer a floração, que se caracteriza pela abertura das flores. É também nesta época que se realiza a fecundação (polinização). Para que tal aconteça, são necessárias temperaturas elevadas e precipitações relativamente reduzidas. Para ocorrer a polinização são necessários ventos que transportem o pólen para fecundar a videira. Nem todas as flores fecundadas conseguirão ser bagos de uva, já que as flores podem cair da planta (causadas por chuvas ou granizo) ou a fecundação ser imperfeita, originando bagos muito pequenos, sem grainhas e de difícil maturação.

No que respeita aos campos de pressão (Figura 20) pode verificar-se para o mês de Junho de 1989 a ocorrência de vento fraco e com pouca probabilidade de ocorrência de precipitação, o que facilita o transporte do pólen pelo vento. O mesmo se verifica para o ano de 1987, onde predominam ventos relativamente mais frios e secos. No que concerne à ocorrência de precipitação, a diferenças entre os anos em estudo é quase nula nesta época do ano. Por este motivo, não se obteve qualquer resultado viável para os campos de reanálises de precipitação.

Para Vila Real, em 1987 (Figura 21a) foi registada uma temperatura do ar média mensal de 22,9 °C, enquanto em 1989 (Figura 21b) esta foi da ordem dos 24,8 °C. De facto, a diferença de temperaturas entre os dois anos (Figura 21c) indica que em 1989, sobre o interior norte de Portugal, a temperatura do ar foi da ordem de 2 a 3 °C mais elevada que em 1987.

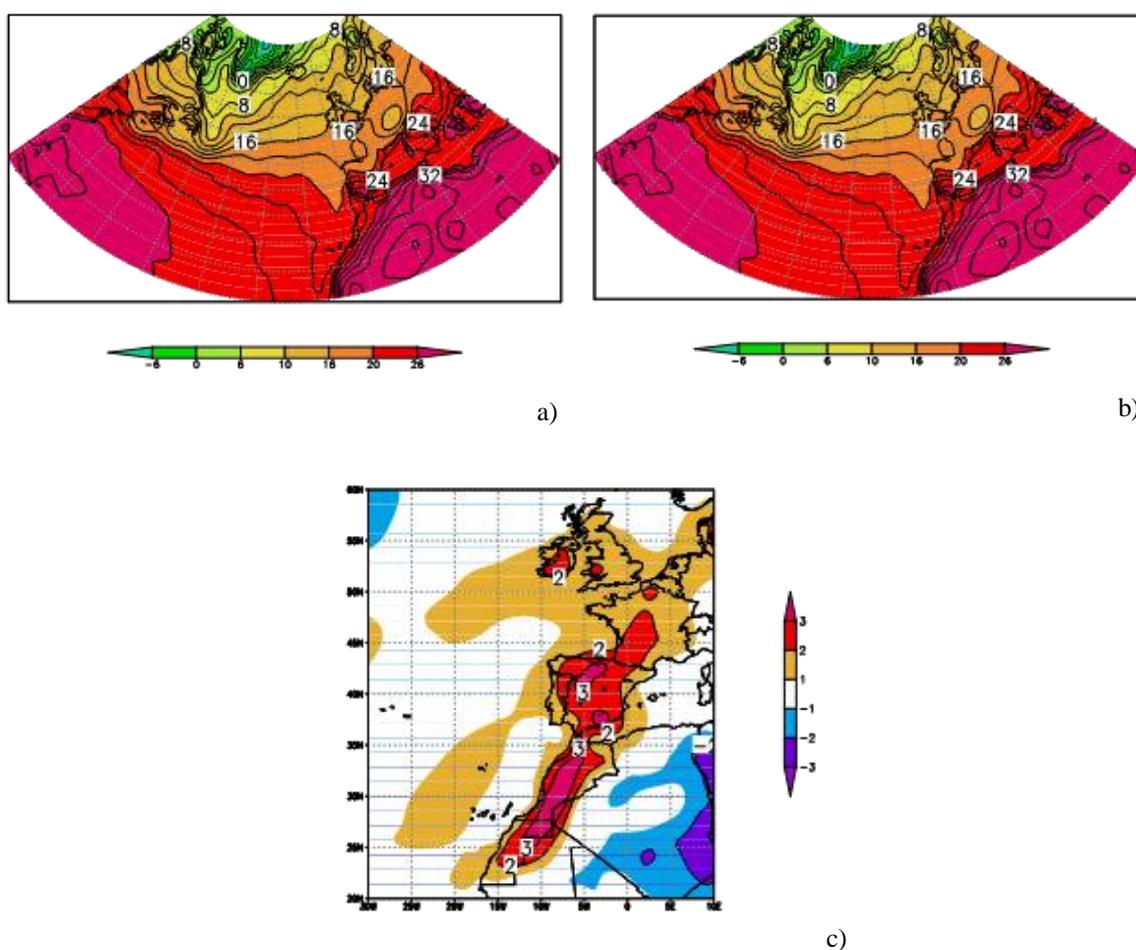


Figura 21. Campo médio mensal da temperatura do ar a 2 m da superfície para Julho de 1987 (a), Julho de 1989 (b) e a diferença numérica dos campos de temperatura nos anos de 1987 e 1989 (1989-1987) (c).

Os campos de pressão apresentaram para o mês de Julho de 1987 (Figura 22a) ventos de norte, frios e secos. Para 1989 (Figura 22b), Portugal foi afectado por ventos

predominantes de norte, com fraca intensidade, frios e com pouca probabilidade de precipitação.

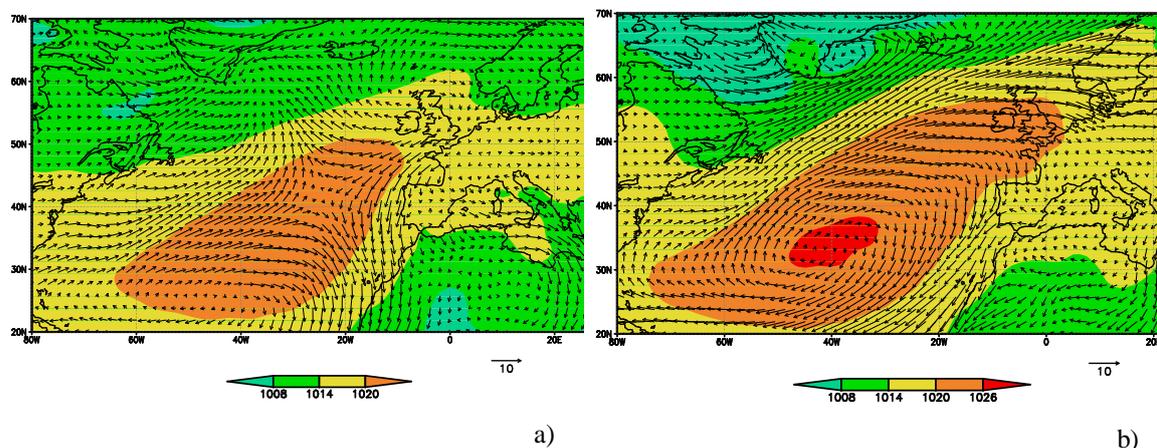


Figura 22. Campo médio mensal da pressão ao nível médio do mar (hPa) para Julho de 1987 (a) e para Julho de 1989 (b).

Por conseguinte, uma temperatura do ar superior em Julho apontou para um aumento da produtividade vitivinícola (Figura 21). É neste mês que tem início a maturação das uvas, os bagos aumentam de tamanho e alteram a sua composição química. Numa primeira fase, os bagos verdes aumentam de tamanho e mudam de cor, adquirindo tonalidades douradas ou avermelhadas. Posteriormente, iniciam-se os processos de transformações químicas, nomeadamente o equilíbrio da acidez dos bagos. Para tal poder acontecer é necessário ocorrerem temperaturas elevadas para uma correcta maturação e que não ocorra precipitação. Relativamente aos campos de pressão (Figura 22) pode-se verificar que a precipitação é quase nula para anos em estudo. Portugal continental tem uma atmosfera estável, com condições que proporcionam tempo quente, seco e sem nebulosidade. Nesta fase, se existir elevada precipitação, podem verificar-se as maiores ameaças para a vinha como as doenças criptogâmicas. Como na análise dos campos de precipitação não se verificaram diferenças significativas, eliminou-se este factor para o mês de Julho.

Vila Real apresentou para Setembro de 1987 (Figura 23a), uma precipitação de 2,64 mm/dia e para 1989 (Figura 23b) de 0,41 mm/dia. Os campos de precipitação mensal (Figura 23c) mostraram precipitação em todo o Atlântico Norte, contudo não influenciaram Portugal continental. No campo das diferenças (anomalias), verificou-se uma precipitação maior em 1987 de aproximadamente 2 mm/dia relativamente a 1989.

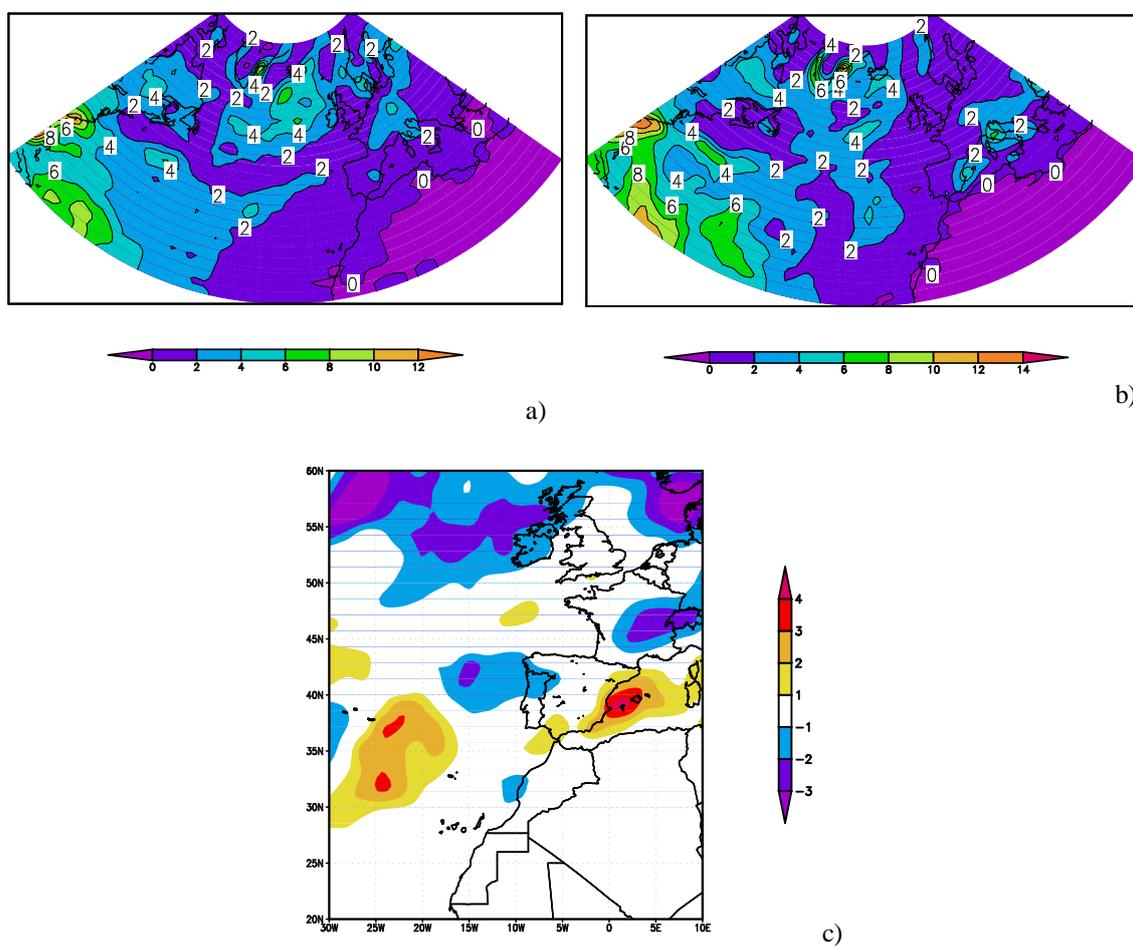


Figura 23. Campo médio mensal da precipitação (mm/dia) à superfície para Setembro de 1987 (a), Setembro de 1989 (b) e a diferença entre os dois anos (1989-1987) (c).

A temperatura média mensal de Setembro registada em Vila Real em 1987 (Figura 24a) foi de 21,6 °C e em 1989 (Figura 24 b) foi na ordem dos 18,6 °C. De facto, a diferença de temperaturas (Figura 24c) entre os dois anos indica que em 1987, sobre o interior norte de Portugal, a temperatura foi cerca de 2 a 3 °C mais elevada que em 1989.

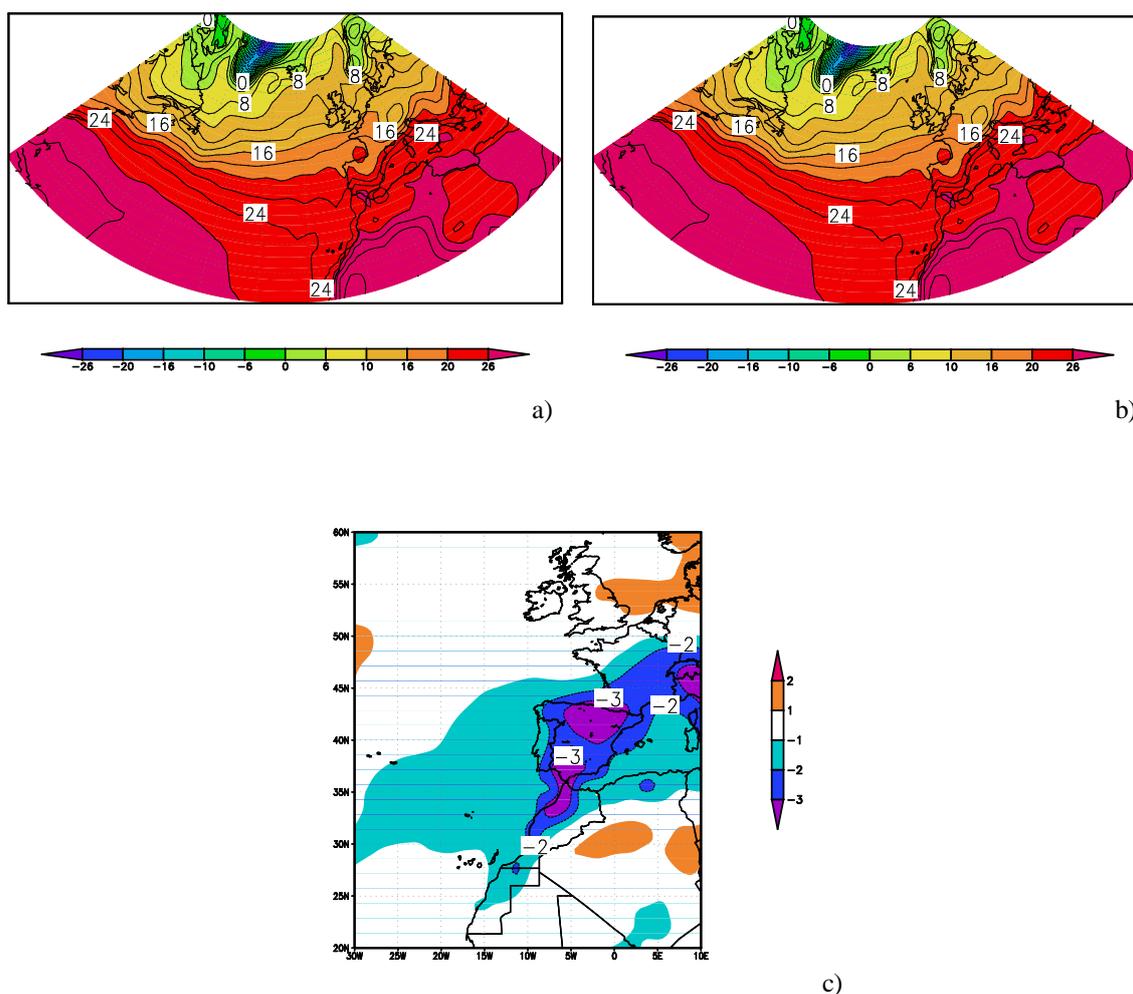


Figura 24. Campo médio mensal da temperatura do ar a 2 m da superfície para Setembro de 1987 (a), Setembro de 1989 (b) e a diferença numérica dos campos de temperatura do ar nos anos de 1987 e 1989 (1989-1987) (c).

Nos campos de pressão atmosférica para Setembro de 1987 (Figura 25a) verificam-se ventos muito fracos. Já para 1989 (Figura 25b), Portugal foi afectado por ventos de norte, com fraca intensidade, relativamente frios e com pouca probabilidade de precipitação.

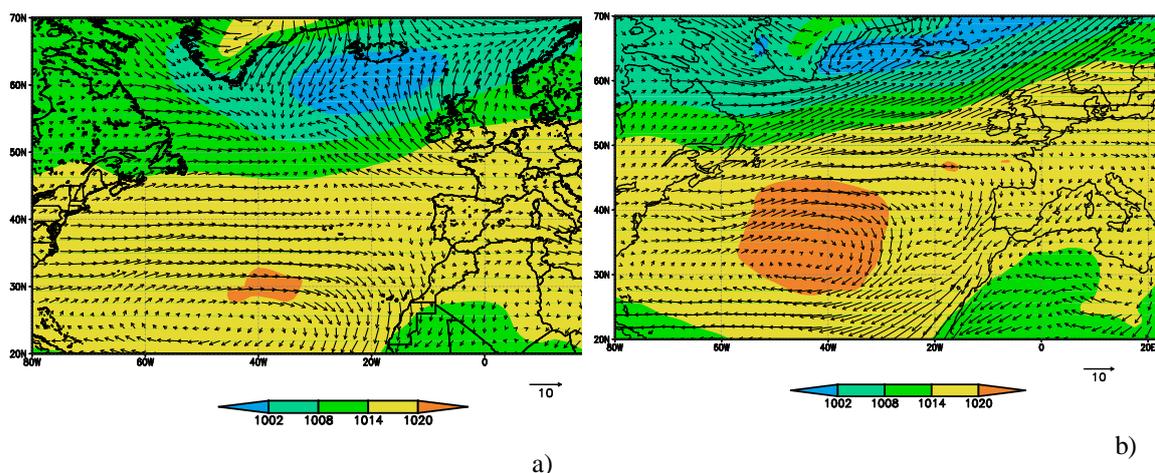


Figura 25. Campo médio mensal da pressão atmosférica ao nível médio do mar (hPa) para Setembro de 1987 (a) e para Setembro de 1989 (b).

Por conseguinte, uma subida da temperatura em Setembro (Figura 24 a) e uma precipitação elevada (Figura 23a) indiciam prejudicar a produtividade vitivinícola. Nesta fase verifica-se o amadurecimento dos bagos, que antecede a vindima e permite que as uvas atinjam um grau de açúcar ideal, de forma a adquirir características organolépticas únicas. Se, porventura, a temperatura do ar for muito elevada, os bagos ficam desidratados e é obtido um rendimento enológico muito menor. Por outro lado, caso chova neste período podem eventualmente desenvolver-se podridões (fungos). Segundo as reanálises de pressão atmosférica (Figura 24a), Portugal encontra-se numa zona de calmaria (Figura 25b) e existiu possibilidade de ocorrência precipitação, pois os ventos são provenientes das Ilhas Britânicas.

Em Vila Real, a precipitação para Outubro de 1987 foi de 9,18 mm/dia e em 1989 foi de 3,52 mm/dia. Os campos de precipitação média mensal mostraram uma forte precipitação em praticamente todo o Atlântico Norte no ano de 1987 (Figura 26a), estando 1989 (Figura 26b) com precipitação quase nula sobre Portugal. No entanto, no campo das diferenças entre os dois anos (Figura 26c) podemos observar uma precipitação aproximada maior de 4 mm/dia em 1987 relativamente a 1989.

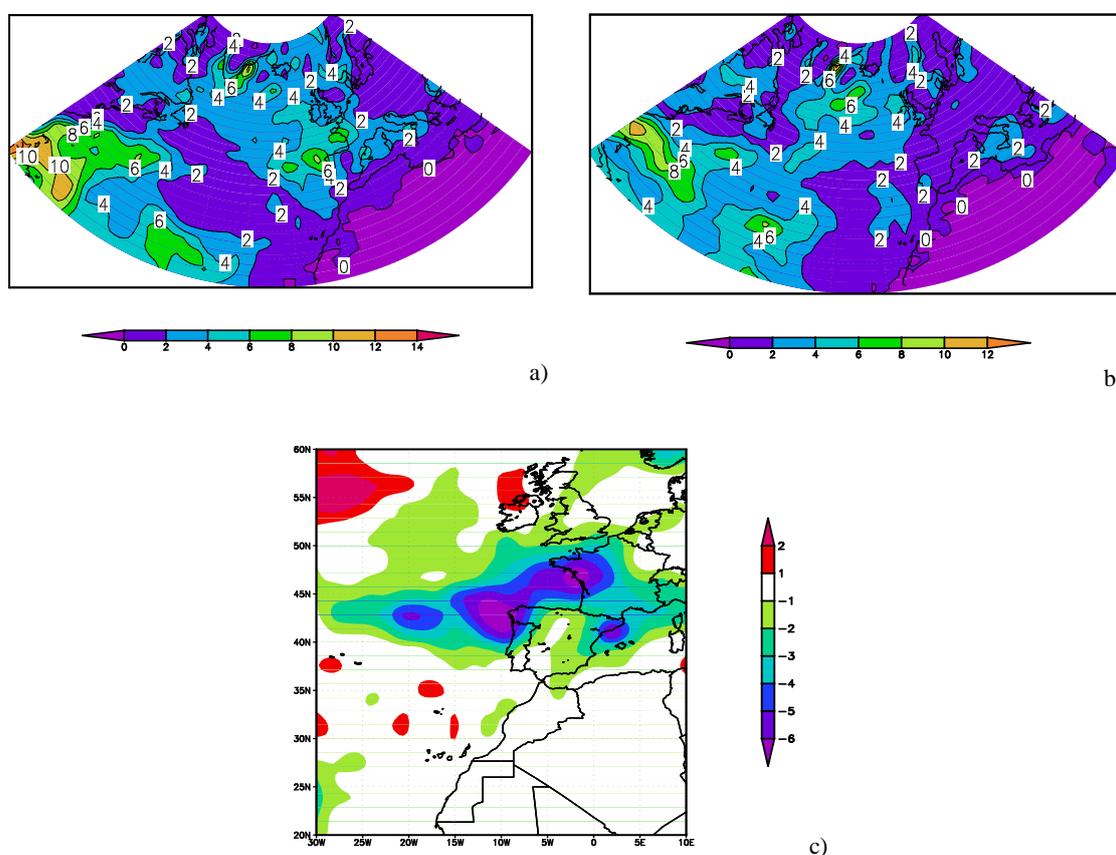


Figura 26. Campo médio mensal da precipitação (mm/dia) à superfície para o mês para Outubro de 1987 (a), para Outubro de 1989 (b), e a diferença entre os dois campos anteriores nos anos de 1989 menos 1987 (c).

Em Vila Real, no mês de Outubro de 1987 (Figura 27a), foi atingida uma temperatura do ar média mensal de 12,4 °C, enquanto para 1989 (Figura 27b) registou-se um valor na ordem dos 16,3 °C. De facto, a diferença de temperaturas entre os dois anos (Figura 27c) aponta para que em 1989, sobre o interior norte de Portugal, a temperatura do ar tenha sido cerca de 3 a 4°C mais elevada que em 1987.

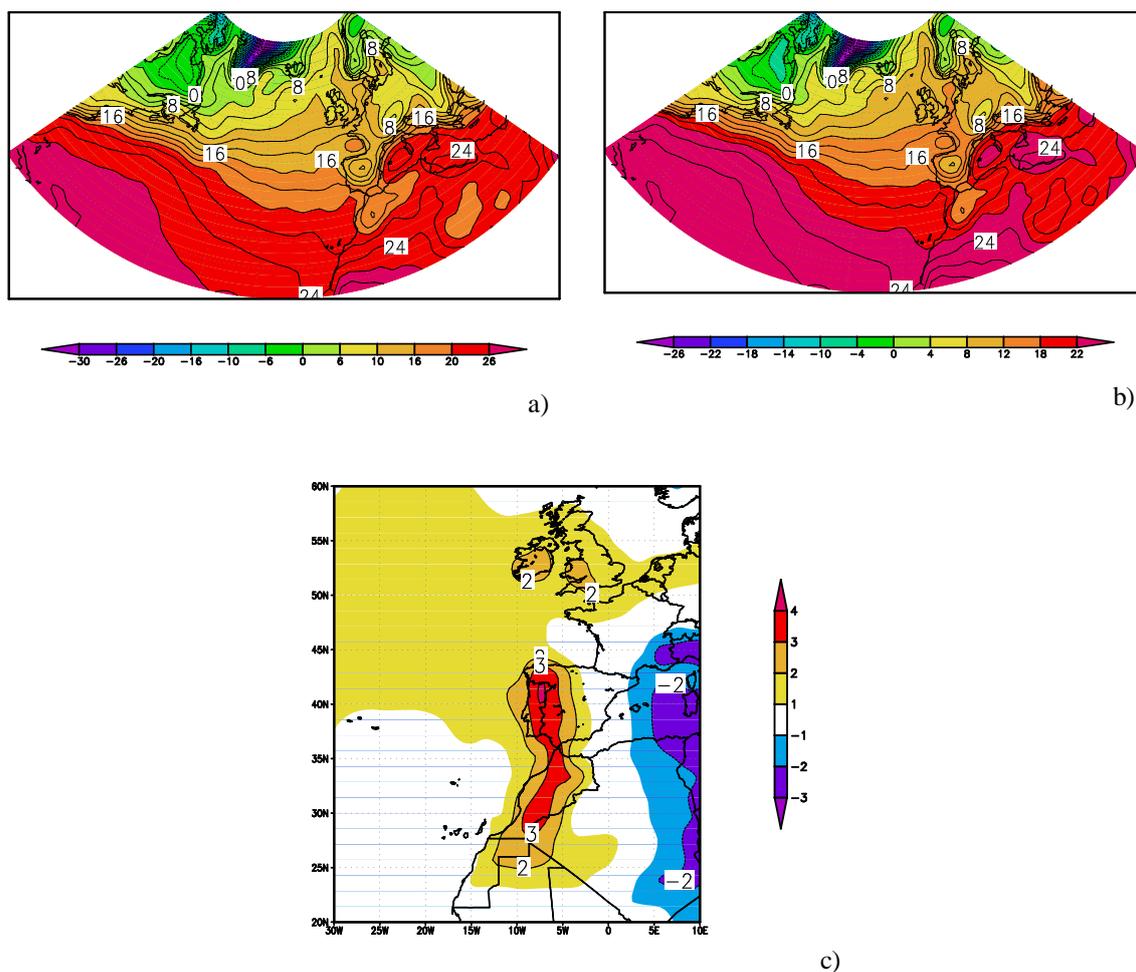


Figura 27. Campo médio mensal da temperatura a 2 m da superfície para Outubro de 1987 (a), Outubro de 1989 (b) e a diferença numérica dos campos de temperatura nos anos de 1987 e 1989 (1989-1987) (c).

Os campos de pressão atmosférica apresentam para Outubro de 1987 (Figura 28a) ventos de sul, quentes e húmidos. Para 1989 (Figura 28b), Portugal foi afectado por ventos predominantes de leste, continentais quentes e secos.

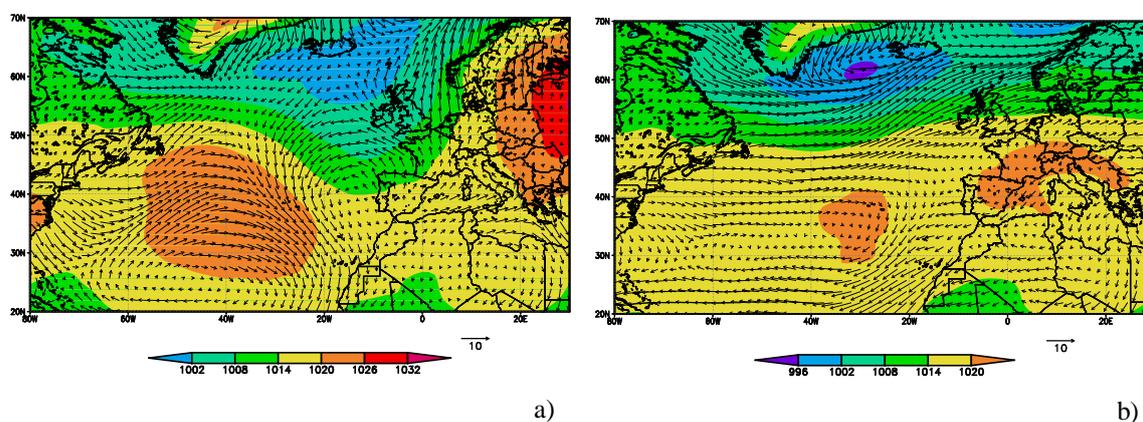


Figura 28. Campo médio mensal da pressão atmosférica ao nível médio do mar (hPa) para Outubro de 1987 (a) e para Outubro de 1989 (b).

Consequentemente, temperaturas do ar superiores em Outubro (Figura 27) são favoráveis à produtividade da vinha. Pelo contrário, a precipitação indicia prejudicá-la, como mostra a Figura 26. Neste sentido, em 1987 houve uma maior quantidade de precipitação, possivelmente afectando negativamente a colheita e a qualidade do vinho. Segundo as reanálises de pressão atmosférica para este mês (Figura 28) verificou-se um período quente para os dois anos, mas com elevada probabilidade de ocorrência de precipitação para o ano de 1987, sendo 1989 um ano mais seco, sem precipitação. Por esta razão, em 1989 a produtividade da vinha foi favorecida. Aliás, nesta época ainda se verificam algumas vindimas, sendo favorável tempo relativamente quente e seco.

5. Conclusões

O objectivo geral deste estudo foi avaliar a influência da variabilidade climáticas sobre a produtividade vitivinícola de Trás-os-Montes no sentido de uma melhor compreensão das respostas da cultura da vinha ao ambiente que a rodeia.

Neste sentido, foi desenvolvida uma análise do efeito de algumas variáveis meteorológicas (temperatura do ar, precipitação e vento) durante o ciclo cultural, no período de 1986 a 2008, com maior ênfase na diferença entre os anos de maior (1989) e menor produtividades (1987).

Com a criação do modelo estatístico da produtividade, através de um método de regressão linear, foi possível obter um coeficiente de determinação de 79%, que comprova a perícia e utilidade do modelo. Para além disso, verificou-se uma elevada correlação (0.89) entre a produtividade observada e validada.

Constatou-se que o elemento climático mais importante na produtividade vinícola, e eventualmente no seu crescimento e desenvolvimento, foi a temperatura do ar, uma vez que existe um maior número de meses (5) em que esta variável surge com significado no modelo relativamente à precipitação (3). Contudo, esta diferença poderá ser explicada pela maior variabilidade inter-anual da precipitação, com consequências óbvias na identificação de relações robustas estatisticamente significativas.

Os resultados apontam que temperaturas do ar superiores nos meses de Junho, Julho (época do pintor dos cachos) e Outubro (colheita das uvas) são benéficas para um bom desenvolvimento da vinha. Nos meses de Abril (abrolhamento), e Setembro (maturação e/ou colheita das uvas) temperaturas do ar superiores indicam prejudicar o desenvolvimento da vinha.

Embora a temperatura do ar seja o elemento climático mais importante, a precipitação teve igualmente influência na produtividade. De facto, para o mês de Maio (período da floração da videira), uma precipitação superior apresentou um efeito positivo. Pelo contrário, nos meses de Setembro e Outubro (época das vindimas), a pluviosidade indicia prejudicar a produção vinícola.

Como foi verificado, na região de Trás-os-Montes, e certamente noutras regiões vitícolas, a temperatura e a precipitação são elementos essenciais ao desenvolvimento da Vinha.

.

6. Bibliografia

- Brandão, A. P. (2006). *Alterações Climáticas na Agricultura Portuguesa: instrumentos de análise, impactos e medidas de adaptação*. Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia. Lisboa - Tese de Doutoramento.
- Calo, A., & Costacurta, A. (1974). Sulla reazione delle varietà della specie *Vitis vinifera* L. ad alcuni fattori ambientali. *Rer. Vit. Enol.*, 1:5-14.
- Campagnol, F. (1984). *Elements de physiologie de la vigne et de viticulture general*.
- Carter, T. R., Parry, M. L., & Porter, J. H.: (1991). *Climatic change and future agroclimatic potential in Europe*, *Int. J. Climatol.* 11, 251–269.
- Carvalho, B. & Correia, L. (1983). *Vinhos do Nosso País*. 3ª Edição da Junta Nacional do Vinho. Lisboa.
- Cavaco, C. (2005). *História(s) do vinho e da vinha*. Pessoas e Lugares, 1-20: http://www.leader.pt/PESSOAS_LUGARES.HTM. Obtido em Abril de 2008
- Cortez, R. (1951). *Escavações arqueológicas do “Castellum” da Fonte do Milho*. Anais IVP .
- Dessai, S. & Trigo, R. (2001). *A Ciência das Alterações Climáticas*. Finisterra XXXVI, 71 , 117-132.
- Ferreira, T. (1996). *Factors affecting the responses of potatoes to irrigation in the hot, dry climate of N.E Portugal*. Cranfield university. School of Agriculture, Food and Environment Silsol College. PhD thesis.
- Fonseca, A. M., Galhano, A., Pimentel, E. S. & Rosas, J. R.-P. (1998). *O Vinho do Porto. Notas sobre a sua História. Produção Tecnológica*. Instituto do Vinho do Porto. 5ª Edição.
- Gladstones, J. S. (1992). *Viticulture and environment*. Winetitles, Adelaide, Australia.
- Gonçalves, D. A. (1985a). *A Rega de lima no Interior de Trás-os-Montes*. Instituto Universitário de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real. Prova complementar de Doutoramento.

- Gonçalves, D. A. (1985b). *Contribuição para o estudo do clima da bacia superior do rio Sabor. (Influência da circulação geral e regional na estrutura da baixa atmosfera)*. Instituto Universitário de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real. Tese de Doutoramento.
- Guimarães, R. C: & Cabral, J. A. S. (1997). *Estatística* : McGraw-Hill, XVI, 621 pp. Lisboa.
- Instituto de Meteorologia*. (Julho, 2009.). Obtido de www.meteo.pt
- Instituto de Meteorologia*. (Maio, 2008.). Obtido de www.meteo.pt
- Instituto do Vinho e da Vinha* (Outubro , 2008). Obtido de <http://www.ivv.min-agricultura.pt>
- Instituto dos Vinhos do Douro e Porto* (Novembro de 2008). <http://www.ivp.pt>
- Instituto Nacional de Estatística* (Fevereiro, 2008). Obtido de <http://www.ine.pt>
- IPCC (2001): *The Physical Science Basis* (www.ipcc.ch, Maio de 2009).
- Jackson, D. (1997). *Monographs in cool climate viticulture – 2. Climate*. Gypsum Press
- Jackson, D. (2001). *Monographs in Cool Climate Viticulture – 2: Climate*. Daphne Brasell Associates Ltd, Wellington.
- Jones, G. V., White, M. A., Cooper, O. R. & Storchmann, K. (2005). Climate change and global wine. *Climate Change*, 319-343.
- Leeuwen, C. V. & Seguin, G. (2006). *Concept of Terroir in Viniticulture*. *Jornal of Research Vol. 17, n°1*, 1-10.
- Lombard, P. & Richardson, E.A., (1979). *Physical principles involved in controlling physical development*. In: B.J. Barfield and J.F. Garfield (Editors), *Modification of New Zealand Meteorological Service*. 1978. Average degree-day tables, selected New Zealand stations. New Zealand Meteorological Service. Miscellaneous Publication N°. 159.
- Magalhães, N. (2008). *Tratado de Viticultura - A videira, a vinha e o terroir*. Chaves Ferreira Publicações.

- Malheiro, A. N. C. (2005). *Microclimate, yield and water use of vineyards in the Douro Region, Portugal*. PhD Thesis, Cranfield University, UK.
- Maroco, J. (2007). *Análise estatística com utilização do SPSS*. Edições Sílabo.
- Miranda, P. M., Valente, M., Tomé, M. A., Coelho, M. F., Aguiar, A. & Azevedo, E. B. (2006). *O clima de Portugal nos Séculos XX e XXI. In Alterações Climáticas em Portugal. Cenários, Impactos e Medidas de Adaptação. Projecto SIAM II*. Lisboa: Gradivía.
- National Centers for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research* (NCEP/NCAR). Estes dados estão disponíveis em <http://www.cdc.noaa.gov/>.
- Pearson, G., & Goheen, A. (1988). *Compendium of grape diseases*. APS Press. Paul, Minnesota, USA.
- Pereira, J. M. (2000). *Caracterização fisiológica e agronómica de diferentes estratégias culturais para minimizar o stress estival em Vitis Vinifera L. na Região Demarcada do Douro*. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- Pereira, N. (1984). *O Sistema de Agricultura do Nordeste*. Instituto Universitário de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real.
- Reddy, K.R. & Hodges, H.F., (2000). *Climate Change and Global Crop Productivity*. CABI Publishing, Wallingford, UK. pp. 472.
- Santos, F. D. & Miranda, P. (2006). *Alterações climáticas em Portugal. Cenários, Impactos e Medidas de Adaptação. Projecto SIAM II*. Lisboa: Gradivía.
- Santos, J. C. A. (1998). *Contribuição para a análise da variabilidade interanual da Precipitação e da Temperatura na Península Ibérica*. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real.
- Schaffer, B. & Andersen, B. (1994). *Handbook of environmental physiology of fruit crops. Volume I: Temperature crops*. Tropical research and Education Center. University of Florida.

- Seguin, G. (1986). *Terroirs' and pedology of vinegrowing*. *Experientia*, 42, 861-873.
- Seguin, G. (1998). *Ecosystems of the great red wines produced in the maritime climate of Bordeaux*, in: L. FULLER-PERRINE (ed.) *Proceedings of the Symposium on Maritime Climate Winegrowing*. Geneva, NY: Departement of Horticultural Siences, Cornell University.
- Shönwiese, C. D., Rapp, J., Fuchs, T. & Denhard, M. (1993). *Klimatrend-Atlas Europe 1981-1990*. Bertchte des Zentrums für Umweltforschung N° 20. ZUF: Verlag, Frankfurt.
- Sluys, S. L. (2006). *Climatic Influences on the Grapevine: A Study of Viticulture in the Waipara Basin*. University of Canterbury- Tese de Mestrado.
- Winkler, A.J., Cook, J., Kliewer, W. & Lider, L. (1974). *General Viticulture*. University of California Press, Berkeley.

Anexos

Quadro IV. Precipitação mensal (R, mm), temperatura do ar média mensal (T, °C) para Vila Real e produtividade vitivinícola (hl/ha) de Trás-os-Montes: 1986-2008.

	R-Nov	R-Dez	R-Jan	R-Fev	R-Mar	R-Abr	R-Mai	R-Jun	R-Jul	R-Ago	R-Set	R-Out
1986	69,0	67,7	164,0	256,7	31,3	76,3	0,0	13,2	0,0	12,5	100,8	52,4
1987	92,7	82,8	139,8	162,1	63,4	92,3	17,0	20,4	37,1	17,6	79,1	275,4
1988	27,2	162,7	246,6	106,6	3,2	111,6	116,6	153,1	35,6	0,0	13,0	129,4
1989	59,2	41,0	30,7	190,3	41,5	111,3	40,7	74,7	2,5	61,0	12,4	105,6
1990	186,4	327,5	109,5	55,0	3,5	54,4	18,4	37,2	9,3	33,4	61,3	228,6
1991	88,6	29,2	97,1	144,9	209,0	36,6	19,9	12,0	12,6	6,2	94,3	53,1
1992	183,0	62,3	85,0	25,9	51,3	66,2	49,7	25,3	0,6	51,0	27,4	130,9
1993	35,2	198,1	48,8	5,7	15,8	121,3	148,3	50,9	2,0	2,6	125,0	300,9
1994	109,9	18,6	166,3	112,1	3,5	38,3	165,6	6,4	2,6	26,1	22,3	90,2
1995	114,1	113,1	132,5	114,9	26,7	34,5	80,9	18,0	19,2	31,3	57,5	77,2
1996	202,6	312,4	333,8	111,4	57,3	59,3	76,7	42,6	13,2	1,9	67,2	88,2
1997	137,2	197,4	159,4	14,7	0,1	49,5	115,1	57,1	46,6	47,8	7,6	135,0
1998	334,5	228,5	105,2	40,0	41,8	185,0	77,0	42,6	13,2	0,2	102,2	18,9
1999	58,5	327,5	85,1	18,6	76,5	81,6	58,5	3,9	7,9	75,1	159,2	207,8
2000	27,3	174,0	16,6	27,0	12,1	266,3	86,8	6,1	31,9	7,5	36,3	66,2
2001	226,7	462,4	372,1	135,5	432,1	32,1	89,5	2,3	20,0	38,6	45,0	148,1
2002	1,2	12,2	145,1	58,6	110,5	15,6	44,8	15,7	11,5	38,9	101,2	164,6
2003	219,5	280,5	246,8	83,4	93,8	94,5	7,2	44,4	10,5	47,3	16,0	205,7
2004	133,4	83,9	87,1	25,7	54,6	47,4	34,8	0,4	0,3	68,7	24,2	258,8
2005	18,4	50,2	6,5	37,4	55,6	50,5	0,0	14,8	8,9	2,4	24,5	143,2
2006	66,3	117,1	30,5	110,7	165,6	59,7	6,7	74,1	26,5	31,9	91,8	187,9
2007	215,3	120,6	17,6	166,4	46,7	36,1	64,8	79,5	27,3	15,5	32,5	21,6
2008	62,8	21,8	127,5	43,5	43,5	215,0	88,3	13,6	2,1	11,1	45,2	40,3

Quadro IV. (cont.) Precipitação mensal (R, mm), temperatura do ar média mensal (T, °C) para Vila Real e produtividade vitivinícola (hl/ha) de Trás-os-Montes: 1986-2008

	T-Nov	T-Dez	T-Jan	T-Fev	T-Mar	T-Abr	T-Mai	T-Jun	T-Jul	T-Ago	T-Set	T-Out	Produtividade vitivinícola
1986	8,8	6,2	5,9	6,6	9,2	8,0	14,4	18,6	23,5	19,3	19,6	16,1	30,0
1987	9,2	6,3	5,6	7,4	11,2	12,7	15,7	19,2	22,9	23,1	21,6	12,4	11,0
1988	9,9	8,7	8,1	8,0	10,3	11,1	13,3	17,5	20,1	21,1	20,2	14,7	20,0
1989	10,3	6,1	3,7	8,3	11,7	9,5	17,6	19,4	24,8	22,7	18,6	16,3	34,0
1990	10,8	10,0	5,2	10,2	11,5	10,8	16,7	19,3	23,8	23,6	20,6	13,7	29,0
1991	8,4	5,4	5,7	5,9	9,8	11,2	16,2	19,0	22,9	23,9	20,1	12,2	21,0
1992	9,6	7,2	3,2	7,5	11,3	11,7	16,3	15,5	22,3	21,6	17,4	12,0	14,0
1993	10,3	7,4	4,7	7,6	9,4	9,9	12,4	18,3	20,8	21,0	15,0	10,6	17,0
1994	8,0	7,6	6,2	6,7	12,5	10,4	13,3	18,4	20,9	20,3	16,0	14,6	21,0
1995	10,6	8,0	7,3	8,6	10,6	13,8	15,9	19,6	21,4	22,2	16,4	17,3	32,0
1996	11,5	8,2	7,2	5,9	9,4	12,4	15,0	17,9	22,5	20,0	17,0	14,5	17,0
1997	9,5	7,2	5,6	10,0	15,1	15,3	14,1	15,3	21,0	21,3	20,4	16,6	13,0
1998	10,3	7,8	7,8	10,2	12,5	9,5	15,0	18,0	22,0	25,2	18,6	13,9	27,0
1999	10,1	10,0	6,5	7,6	9,8	12,3	15,3	18,9	22,8	20,2	17,8	13,7	23,0
2000	8,3	7,0	3,6	10,3	11,3	9,1	15,5	19,9	20,1	20,7	19,4	13,7	30,0
2001	8,8	8,6	7,6	8,7	10,3	12,0	15,1	19,6	19,8	21,7	19,4	15,2	22,0
2002	8,7	3,4	7,2	9,0	11,0	12,5	13,3	19,4	21,2	20,9	18,0	14,5	30,0
2003	10,0	8,8	6,6	6,4	11,4	12,3	16,5	20,4	20,1	24,6	20,6	12,9	33,0
2004	10,4	7,0	7,9	7,8	8,9	11,6	14,6	22,0	21,7	20,1	19,7	14,2	34,0
2005	7,3	6,2	4,6	5,3	10,2	12,2	19,3	21,8	22,0	23,9	19,3	15,6	25,4
2006	8,8	6,6	5,1	6,5	10,0	13,6	16,9	20,2	23,1	22,3	20,2	15,7	27,0
2007	11,9	6,0	6,5	8,2	9,8	13,2	15,4	17,3	19,9	20,7	20,1	14,8	23,0
2008	9,3	6,2	7,5	10,0	9,4	12,3	13,4	19,0	20,0	20,7	17,7	14,3	22,0