

EXTREMOS TÉRMICOS E VULNERABILIDADE NUM VINHEDO DO ENTRE DOURO E MINHO*

ÂNGELA MACIEL¹

ANA MONTEIRO¹

HERVÉ QUÉNOL^{2, 3}

GÉRARD BELTRANDO³

Resumo – Através da implementação de uma monitorização à escala microclimática num vinhedo da região de Entre Douro e Minho, constatou-se a ocorrência frequente de valores térmicos extremos e susceptíveis de causar danos na vinha. Além disso, fruto da interferência de diversos factores (topografia, ocupação do solo, etc.), a distribuição espacial das temperaturas evidenciou contrastes significativos. Estas foram representadas espacialmente através da realização de mapas de *hazards* associados às temperaturas mínimas e máximas.

As medições da temperatura decorreram de Fevereiro a Setembro de 2004 para contemplar o período activo do ciclo vegetativo da videira, estados fenológicos de maior vulnerabilidade perante valores térmicos extremos. Assim, foi possível estudar o segundo elemento do risco: a vulnerabilidade. Para comprovar a eventual interferência da temperatura no desenvolvimento e crescimento da planta, foram também realizadas observações de cariz agronómico (seguimento dos estados fenológicos das videiras e medições do teor de açúcar das uvas). Constatou-se uma clara relação entre a distribuição das temperaturas e a dos dados agronómicos recolhidos, o que demonstra a pertinência de um conhecimento exacto dos topoclima e microclima dos *terroirs* vitícolas.

Palavras-chave: Microclimatologia, vinha, extremos térmicos, SIG, vulnerabilidade.

Abstract – CLIMATIC EXTREMES AND VULNERABILITY ON AN *ENTRE DOURO E MINHO* VINEYARD. The carrying out of fine scale measurements on an *Entre Douro e Minho* vineyard permitted the observation of extreme temperatures that can be the cause of damages for the vine. It was noticed a strong spatial variation of temperatures, generated by the surface characteristics (topography, soil occupation, etc.). Hazard charts of “minimum and maximum temperatures” were produced from a considerable amount of data, obtained on a microclimatic scale.

* Recebido: 2/02/2006. Revisto: 19/12/2006 e 11/09/2007. Aceite: 14/10/2007.

¹ Faculdade de Letras da Universidade do Porto. E-mail: angela@fe.up.pt; anamt@letras.up.pt

² Laboratoire COSTEL, UMR6554 LETG, Université Rennes 2. E-mail: herve.quenol@uhb.fr

³ UMR8586 PRODIG, Université Denis Diderot (Paris 7).

This climatic study (temperature measurement) was developed between February and September 2004, during the vine growing cycle. This is the active vine period and the most vulnerable vine stages in the presence of extreme temperatures. So, it was possible to study the second component of risk: vulnerability. To prove the eventual interference of the temperature in the development and growing of the plant, there were also agronomical observations (following of the vine growing stages and measurement of the grapes' sugar degree). There was a strong relation between the temperature distribution and the agronomic data collection. This shows the importance of an exact knowledge of topo and microclimate of the vineyards.

Key words: Microclimatology, vine, climatic extremes, GIS, vulnerability.

Résumé – EXTRÊMES THERMIQUES ET VULNÉRABILITÉ DANS UN VIGNOBLE DE L'ENTRE DOURO E MINHO. La réalisation de mesures aux échelles fines dans un vignoble de la région de l'Entre Douro e Minho a permis l'observation des températures extrêmes, qui pouvaient causer des dégâts à la vigne. Une forte variabilité spatiale des températures engendrée par les caractéristiques de surface (topographie, occupation du sol, ...) a été constatée. A partir des nombreuses mesures réalisées sur le terrain aux échelles parcellaire et microclimatique, des cartes d'aléas au niveau des "températures minimales et maximales" ont été réalisées.

Cette étude climatique s'est déroulée de février à septembre 2004, c'est-à-dire durant le cycle de croissance de la vigne, période allant du débourrement de la vigne à la récolte. Ainsi, il a été possible d'étudier les deux facteurs caractérisant le risque : l'aléa et la vulnérabilité. Pour étudier la relation entre la température et le développement de la vigne, des observations agronomiques ont été réalisées (suivi du développement et de la croissance de la vigne et registre des taux de sucre des raisins au moment de la récolte). Nous avons pu constater une forte relation entre la distribution spatiale des températures et les variations des données agronomiques. Cela montre l'importance de la connaissance de la topographie et du microclimat des terroirs viticoles.

Mots-clés: Micro-climatologie, vigne, extrêmes climatiques, SIG, vulnérabilité.

I. INTRODUÇÃO

O clima e seus elementos (temperatura, humidade, insolação, precipitação, vento) são pilares incontornáveis para a obtenção de condições óptimas para o desenvolvimento e o crescimento adequado da vinha, possibilitando uma produção de qualidade e em quantidade (Lakso, 1987). Esta deve ser uma preocupação importante de qualquer exploração vitícola, principalmente se a produção se destinar à exportação e ao mercado internacional, que se rege por um ambiente de crescente competitividade.

Todavia, as condições óptimas encontram-se em espaços relativamente restritos, uma vez que cada área, independentemente da sua extensão, apresenta características climáticas únicas, em resultado de inter-relações existentes entre a morfologia/topografia, ocupação, estrutura e composição do solo, etc. Esta multiplicidade de mosaicos climáticos é ainda, muitas vezes, desconhecida. Em

consequência, no Entre Douro e Minho, os *terroirs*⁴ vitícolas encontram-se frequentemente mal localizados, situando-se no fundo dos vales (abaixo de 300m), em solos mal drenados e sujeitos a frequentes nevoeiros, o que aumenta a probabilidade de ocorrência de danos (Marques, 1987).

Face à imprevisibilidade das condições meteorológicas, o papel do viticultor circunscreve-se quase exclusivamente à minimização dos danos através da implementação de tecnologia adequada, como sistemas de irrigação. Mas, aquando da implementação de novas áreas de cultivo, a sua intervenção pode ser mais incisiva, podendo minimizar os prejuízos futuros através de uma adequada localização dos *terroirs* vitícolas e/ou plantação de castas.

Perante esta conjuntura, bem como a crescente preocupação e interesse pelo sistema climático e suas manifestações, os estudos geocindínicos⁵ revelam-se imprescindíveis. Contribuem para a aquisição de respostas mais adequadas e para a implementação de uma cultura de mitigação e de atitudes pró-activas, uma vez que um conhecimento tão completo quanto possível do clima é fundamental para a melhoria das condições de produção (Correia, 1998). Esses objectivos só são atingidos através de uma melhor compreensão dos dois elementos implícitos no risco: o *hazard*⁶ e a vulnerabilidade da população-alvo (videiras)⁷.

De entre os diversos elementos climáticos, cujos valores demasiado elevados ou reduzidos podem causar danos na vinha, este trabalho concentrou-se na temperatura.

Distinguem-se para a temperatura diversas situações causadoras de danos: as geadas advectivas ou radiativas no que concerne às temperaturas mínimas,

⁴ Um *terroir* é um termo que inclui a interacção entre solo, clima, topografia e vinha. O seu estudo é fundamental para criar as bases científicas e para delimitar as áreas de produção de vinhos de alta qualidade (Bonnardot, 2001).

⁵ Os estudos geocindínicos debruçam-se sobre as inter-relações existentes entre um potencial fenómeno causador de danos, a área, a população vítima e o aparecimento de prejuízos. Revelam-se fundamentais para uma melhor compreensão dos factores e fenómenos “ameaçadores”, o surgimento de respostas adequadas e a promoção de uma cultura de mitigação.

⁶ Perante a controvérsia e a divisão existente entre os autores portugueses acerca da terminologia a utilizar (*hazard*, perigosidade, eventualidade ou risco), optámos pelo termo *hazard* uma vez que é aquele que traduz algo de incontornável e independente da vontade e da acção humana (Rebello, 2001). Responde assim à distinção estabelecida pelos autores anglo-saxónicos entre *risk* (probabilidade espacial e temporal da ocorrência de um acontecimento que poderá originar consequências negativas) e *hazard* (algo de aleatório, ocasional, que não se pode prever e que afecta diferentes locais, em diversos momentos). Este último conceito foi traduzido pelos autores franceses pelo termo *aléas*.

É, no entanto, incontestável que o “risco terá sempre uma dimensão probabilística, próxima de um sentimento de incerteza (...), diferentemente sentida e percebida pela população, em função do tempo histórico, do estatuto económico, social e cultural e, em função de outros dados demográficos como o sexo e a idade, ou geográficos”. (Cunha *et al.*, 2002).

⁷ O conceito de vulnerabilidade, associado ao de *risco*, procura traduzir as consequências nefastas do fenómeno (*hazard* ou *aléa*) sobre o ser humano e as suas actividades. “Pode ser avaliada de diferentes modos, desde o valor económico-financeiro dos prejuízos (análise custo-benefício), a quantidade de energia necessária para reparar as perdas e danos, às chamadas técnicas multicritério em que se conjugam diversos elementos” (Dauphiné, 2001).

e os períodos de temperaturas elevadas ou “ondas de calor” no período estival. As geadas advectivas devem-se à chegada de uma massa de ar frio enquanto que as radiativas ocorrem em noites de céu limpo, vento fraco ou inexistente, por perda da energia infravermelha para a atmosfera criando um deficit radiativo (Oke, 1987; Cellier, 1989; Geiger, 1990; Girard, 1994; Fernandez Garcia, 1995; Raposo, 1998; Arya, 2001; Quenol, 2002 e 2003).

Para além dos factores meteorológicos, o *hazard* e sua distribuição encontra-se dependente de um conjunto diversificado de factores (topografia, ocupação do solo, tipo do solo, etc.), que interagem de forma diversa e, por vezes, contraditória consoante os extremos térmicos (Oke, 1987; Cellier, 1989; Geiger, 1990; Girard, 1994; Fernandez Garcia, 1995; Raposo, 1998; Arya, 2001; Quenol, 2002 e 2003). A título de exemplo, o factor altitude acentua o *hazard* associado às temperaturas mínimas e atenua-o quando relacionado com as máximas.

A conjuntura propiciada pela conjugação dos vários factores origina uma importante variabilidade espaço-temporal das temperaturas a nível topo e microclimático, à escala da parcela agrícola ou mesmo em apenas alguns metros. Torna-se assim importante a realização de diagnósticos físicos e a aplicação prática dos conhecimentos científicos para a delimitação de áreas de risco climático, com o intuito de minimizar os danos. Os *terroirs* vitícolas devem para isso assegurar um menor arrefecimento nocturno possível e um aquecimento diurno pouco acentuado, para fazer face a situações extremas invernais e estivais.

As consequências dos extremos térmicos não variam apenas em função do *hazard* (temperaturas mínimas e máximas atingidas), mas igualmente da vulnerabilidade da vinha (capacidade em resistir a esses valores). Esta última varia em função da casta, do porta-enxerto, das variedades híbridas, da disponibilidade hídrica, etc., assim como ao longo dos ciclos vegetativo e reprodutor da videira. Em relação às temperaturas mínimas, cujos efeitos são mais visíveis durante o período primaveril, a vulnerabilidade aumenta desde o abrolhamento até ao final da floração.

Quanto às temperaturas máximas, devem ser alvo de atenção ao longo de todo o ciclo vegetativo, embora com especial incidência no período estival, dada a sua maior probabilidade de ocorrência. Apesar do limite térmico máximo tolerável variar em função da casta, da intervenção humana e, principalmente, da disponibilidade hídrica, consideram-se as temperaturas na ordem de 30°C, o limite a partir do qual a planta entra em dormência, e os 35°C para surgirem os primeiros danos (Bravo *et al.*, 1974; Eliard, 1979; Diehl, 1989; Oliveira e Pinho, 1993).

Este estudo procurou estudar as inter-relações existentes entre o elemento temperatura e o desenvolvimento e crescimento das videiras. Mais concretamente, através da realização de medições microclimáticas num vinhedo de Entre Douro e Minho e de observações de cariz agronómico (seguimento dos estados fenológicos das videiras e medições do teor de açúcar das uvas), pretendeu-se relacionar os dois elementos do risco (*hazard* e vulnerabilidade) para determinar as áreas de maior risco para cada extremo térmico. Possibilita por isso aos técnicos e intervenientes no sector da viticultura o recurso a tecnologia e práticas mais adequadas à realidade, garantindo uma produção em qualidade.

II. CAMPO EXPERIMENTAL E METODOLOGIA

1. Área de estudo: Estação Vitivinícola Amândio Galhano – EVAG

A área de estudo localiza-se, precisamente, no concelho de Arcos de Valdevez, junto ao rio Lima (fig. 1) que apresenta uma direcção ENE-WSW, oferecendo o seu vale à influência do Oceano Atlântico. Enquadra-se por isso no subtipo climático de fachada atlântica, caracterizado por fracas amplitudes térmicas (embora se registem alguns valores extremos). Apresenta precipitações e nebulosidade elevadas e persistentes, com menores quantitativos no Verão (Daveau, 1994; Monteiro, 2003)⁸.

Pela existência de relevos acidentados a Oeste da área de estudo (Serra de Arga, Padela e Nora), observa-se uma influência marítima inferior à de Viana do Castelo, que se traduz por um aumento da amplitude térmica, uma diminui-

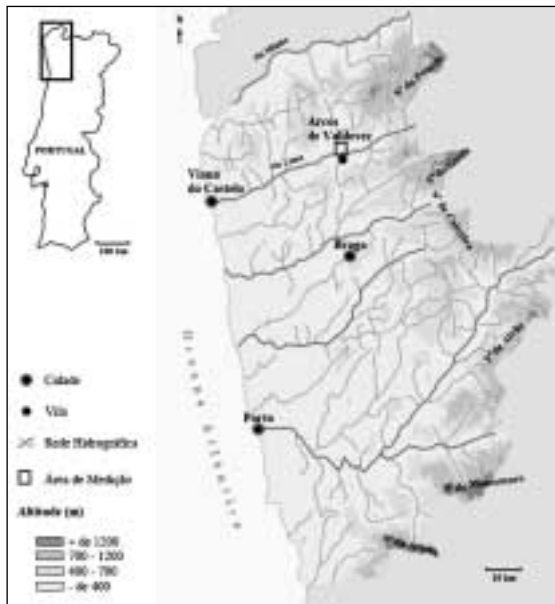


Fig. 1 – Localização da EVAG em Portugal Continental e no Entre Douro e Minho.
 Fig. 1 – EVAG localization in Continental Portugal and Entre Douro e Minho region.

⁸ A estação meteorológica de Viana do Castelo (situada à beira-mar e distante cerca de 40km da área de estudo) apresenta uma amplitude térmica de 10°C e uma temperatura média anual de 14,3°C. A precipitação é elevada e constante ao longo do ano (entre 1 000 e 2 800mm). Os quantitativos máximos são na estação fria (em média 245mm em Janeiro) e os mínimos no estio (20mm em média em Agosto).

Registam-se 110 dias com céu muito encoberto, principalmente no Inverno, onde podem representar 40 a 50% dos dias.

ção da humidade relativa do litoral para o interior assim como pelo surgimento de numerosas variações micro e topoclimáticas (Daveau, 1994; CCRN, 2000).

Situada na margem direita de um vale aberto, a EVAG (fig. 2a) oferece uma exposição predominante a Sul, embora existam algumas parcelas orientadas para Este, Oeste e Norte. O declive médio é de 3°, aumentando as altitudes progressivamente a partir do rio Lima (20m), atingindo os 81m no topo da colina. Esta situação confere-lhe boas condições climáticas para a prática da viticultura. Contudo, as condições meteorológicas são frequentemente nefastas à obtenção de uma produção de qualidade, agravadas pela especificidade da pedologia da área de estudo, a ocupação do solo, etc.

O solo da EVAG, de origem granítica, deveria apresentar uma textura ligeira, com elevados teores de areia grossa e saibro, sendo, por isso, pobre em nutrientes e terra fina (fig. 2b). Contudo, devido às surribas, terraplanagens e incorporação de estrumes alteraram-se os horizontes, a composição e compactação do solo original. Em consequência, a EVAG divide-se em quatro categorias pedológicas: antrossolos de surriba dístricos de drenagem deficiente com dificuldades de drenagem, antrossolos de surriba úmbricos com baixo teor de potássio e de fósforo, antrossolos de

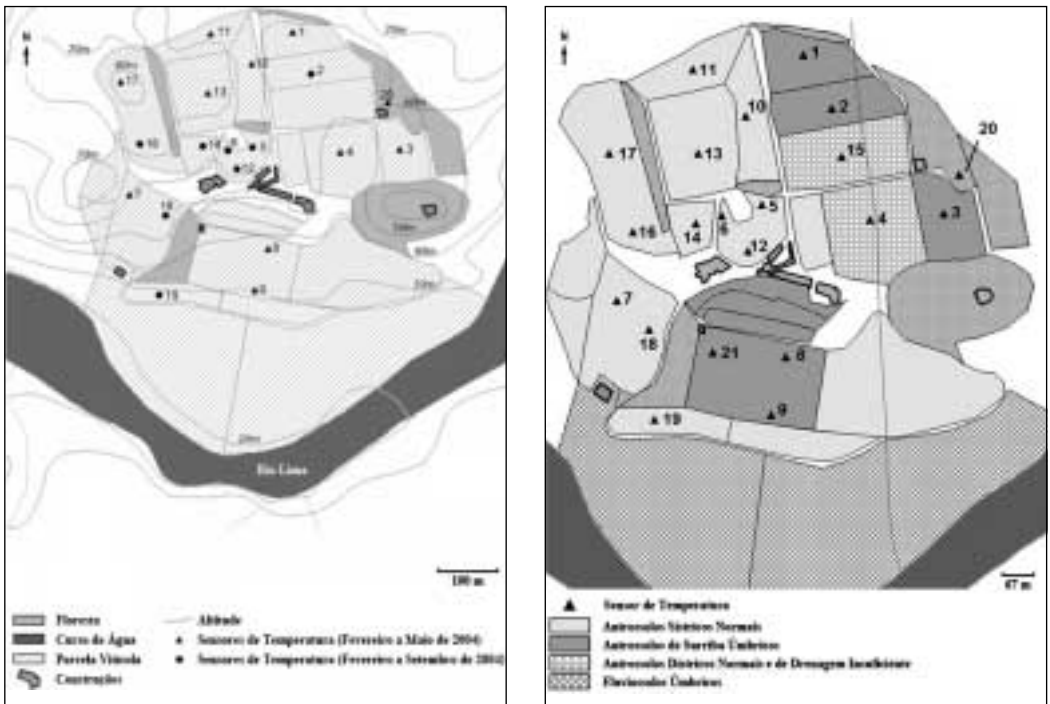


Fig. 2 – (a) Ocupação do solo, altimetria; (b) pedologia e localização dos sensores de temperatura na EVAG.

Fig. 2 – (a) Land use, altitudes; (b) pedology and localization of the temperature sensors in EVAG.

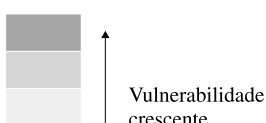
surrriba dístricos normais com grande susceptibilidade de erosão e fluvissoles úmbricos com deficiente retenção de nutrientes e de água no solo (Armada, 1990).

Na ocupação do solo, a EVAG apresenta habitações, cobertos para as máquinas agrícolas, estradas em redor e socalcos. Destaca-se igualmente a existência de manchas florestais a Este e a Norte, disseminadas entre as parcelas agrícolas.

Predominam na EVAG as castas brancas com destaque para a de Loureiro. Algumas parcelas são compostas por castas Pedernã, Azal Branco e Trajadura. Embora em menor proporção, três parcelas possuem castas tintas com características semelhantes: Vinhão e Azal Tinto. As características de cada casta e a evolução de cada ciclo vegetativo e reprodutor determinam de forma significativa o grau de vulnerabilidade da planta perante os condicionalismos climáticos, modificando a quantidade e o tipo de danos causados (quadro I). Os técnicos responsáveis pela exploração tiveram em atenção essas características aquando da plantação do vinhedo, o que diminui a ocorrência de eventuais danos.

Quadro I – Vulnerabilidade das castas aos *hazards* associados à temperatura⁹.
Table 1 - Vulnerability of the vines variety to the temperature hazards.

Castas	Sensibilidade ao gelo	Sensibilidade às temperaturas elevadas
Loureiro		
Pedernã		
Azal Branco		
Trajadura		
Vinhão		
Azul Tinto		



2. Procedimento metodológico

Sendo a vinha objecto de estudo, a recolha de dados decorreu de Fevereiro a Setembro 2004 (do choro às vindimas), em seguimento daquele realizado na Primavera 2003 (Quenol, 2003).

Após a análise minuciosa da EVAG (topografia, morfologia, declive, exposição e ocupação do solo, etc.), foram instalados, no centro das parcelas agrícola-

⁹ Estes resultados basearam-se na sensibilidade ao gelo das videiras durante a fase fenológica de abrolhamento.

Para as temperaturas elevadas, considerou-se apenas a sensibilidade das vides durante os meses de Julho e Agosto. Esta decisão encontra-se fundamentada nos quantitativos térmicos recolhidos nesses meses e no facto de a divergência de vulnerabilidade entre castas ser mínima em Setembro, pelo avançar do ciclo vegetativo.

las, dezanove instrumentos digitais para monitorizar em contínuo e sob abrigo a variável temperatura (quadro II). Recorreu-se a sensores electrónicos do tipo *Tiny Talk* da *Geminy Datta Logers* com uma precisão de cerca de 0,3°C, uma vez que possibilitam a obtenção de registos em vários locais em simultâneo. Recolhendo dados todos os 15 minutos, os sensores estiveram colocados em abrigos meteorológicos¹⁰ a 1,5m de altura. Paralelamente, com o intuito de obter valores térmicos em condições muito próximas daquelas a que estão expostas os gomos, em noites radiativas¹¹, os termómetros foram expostos ao ar livre, fora do abrigo (em índice actinotérmico)¹², no final do dia e retirados pouco antes do nascer do sol. Nessas mesmas noites, foram também realizadas medições aerológicas¹³.

Quadro II – Principais características dos vários pontos de medição.
Table II – Principal characteristics of the different measuring points.

Ponto	Altitude (m)	Declive(°)	Exposição	Proximidade ao rio (m)i	Proximidade à floresta (m)i	Casta	Observações
1	60	3	SSE	661	81	Vinhão	Socalco e depressão topográfica
2	56	1	SSE	594	77	Vinhão	Socalco e depressão topográfica
3	52	3	O	619	40	Loureiro	Socalco rodeado de árvores
4	50	1	S	450	89	Braçal	Socalco e afunilamento a sul
5	60	11	E	424	20	Pedernã	–
6	61	6	O	385	74	Pedernã	–
7	59	8	SSE	203	52	Loureiro	–
8	37	2	S	314	136	Loureiro	Socalco com construções a montante
9	31	2	S	273	162	Pedernã	Socalco e ponto mais próximo do rio
10	64	10	E	446	30	Loureiro	–
11	67	5	N	521	45	Loureiro	Protegido a sul por um obstáculo
12	58	10	S	374	130	Pedernã	Algumas árvores a montante
13	68	3	S	449	81	Loureiro	–
14	63	6	E	359	41	Loureiro	–
15	54	2	SSE	517	91	Trajadura	–
16	70	4	S	315	40	Azal	Área ventosa
17	81	5	SSO	383	42	Azal	Área ventosa
18	50	3	SSE	214	31	Loureiro	–
19	27	2	S	123	25	(vinha nova)	Socalco e ponto mais próximo do rio
20	55	–	S	–	–	–	Ponto situado no seio do manto florestal.
21	38	2	S	308	28	Loureiro	–

i) Medições realizadas em linha recta e evitando eventuais obstáculos existentes

¹⁰ Os abrigos meteorológicos foram criados por Quénol. A fiabilidade dos dados recolhidos foi testada comparando-os com os de um abrigo certificado da *Meteo-France*.

¹¹ São as noites que apresentam céu limpo (nebulosidade inferior a 1/8), vento fraco ou inexistente (inferior ou igual a 2m/s) e reduzida humidade relativa.

¹² Os sensores foram retirados dos abrigos meteorológicos e colocados ao ar livre (em índice actinotérmico). Esta metodologia possibilitou a obtenção de valores térmicos em condições muito próximas daquelas a que estão expostos os gomos.

¹³ Estas consistiram em medições de direcção e velocidade do vento a diversas altitudes e em várias parcelas da área de estudo (fig. 10), assim como em observações da direcção dos escoamentos gravíticos de ar frio.

Para se avaliar a vulnerabilidade das vides perante os condicionalismos climáticos, realizaram-se medições agronómicas acompanhando, desde o choro até à floração (Fevereiro a Maio), o desenrolar do ciclo vegetativo e reprodutor das vides nas parcelas que possuíam pontos de medição. Procurou-se assim evidenciar a interferência das temperaturas no desenvolvimento das plantas. Todavia, não se podem menosprezar outros factores como a casta, a época de poda, etc., que retardam ou aceleram o desenrolar dos estados fenológicos. No momento das vindimas, foram igualmente registados os teores de açúcar em cada parcela.

Após o tratamento estatístico dos dados (médias, mínimos, máximos), foram realizados documentos cartográficos relacionando, entre outros, os dados meteorológicos com as castas, a ocupação do solo, etc.

III. RESULTADOS

1. *Hazard*: elevada probabilidade de ocorrência de valores térmicos extremos

1.1. *Temperaturas mínimas diárias extremas*

Sabendo que a vinha possui como limite térmico crítico mínimo $-0,5^{\circ}\text{C}$ a -1°C após o abrolhamento, consideraram-se, para esta análise, as temperaturas inferiores a 0°C como valores extremos (Marro, 1986; Oliveira e Pinho, 1993).

Assim, no ciclo vegetativo 2004, os valores térmicos extremos sob abrigo foram relativamente numerosos, representando 51,5% em Fevereiro, 21% em Março e 5% em Abril, e atingindo temperaturas na ordem de -4°C (figs. 3 e 4). Com o decorrer do tempo, acentua-se a probabilidade de ocorrência de danos pelo aumento da vulnerabilidade da vinha. Esta relação foi mais vincada após o dia 13 de Março dado que as várias parcelas da EVAG já tinham iniciado o abrolhamento, encontrando-se no estado fenológico C (*ponta verde*)¹⁴.

Após o dia 13 de Março, registaram-se, por diversas vezes, temperaturas extremas, citando-se por exemplo os dias 13, 14, 27 de Março e 17 de Abril (figs. 4 e 5). Registaram-se mais de cinco dias com temperaturas inferiores a 0°C , metade dos quais em Abril, momento em que a vinha apresenta uma elevada vulnerabilidade por se encontrar nos estados fenológicos F (*cachos visíveis*) ou G (*cachos separados*). No dia 27 de Março, obtiveram-se valores na ordem de -1°C .

Embora o período de exposição a essas temperaturas não fosse suficientemente prolongado (3-4 horas nas áreas mais frias) para causar danos irreversíveis (fig. 6), retardou o desenvolvimento das videiras e levou ao emurchecimento temporário de alguns pânpanos.

Com a aproximação do estio, as temperaturas inferiores ao limite térmico crítico escassearam e apresentaram um período de exposição progressivamente

¹⁴ Os estados referidos ao longo do texto estão presentes na figura 14.

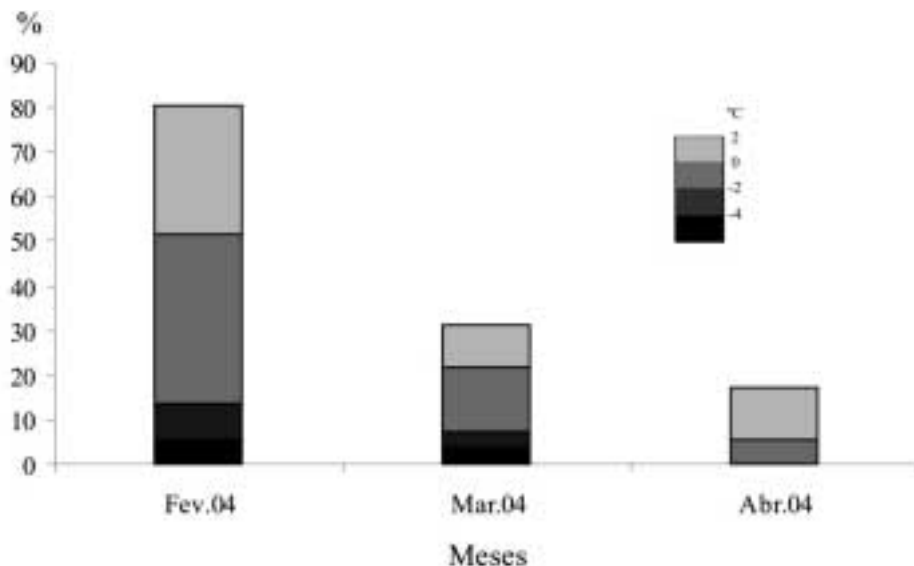


Fig. 3 – Frequências acumuladas (percentagem) das temperaturas mínimas diárias sob abrigo (Fev.-Abr. 2004).

Fig. 3 – Accumulated frequencies (percentage) of the daily minimal sheltered temperature (February to April, 2004).

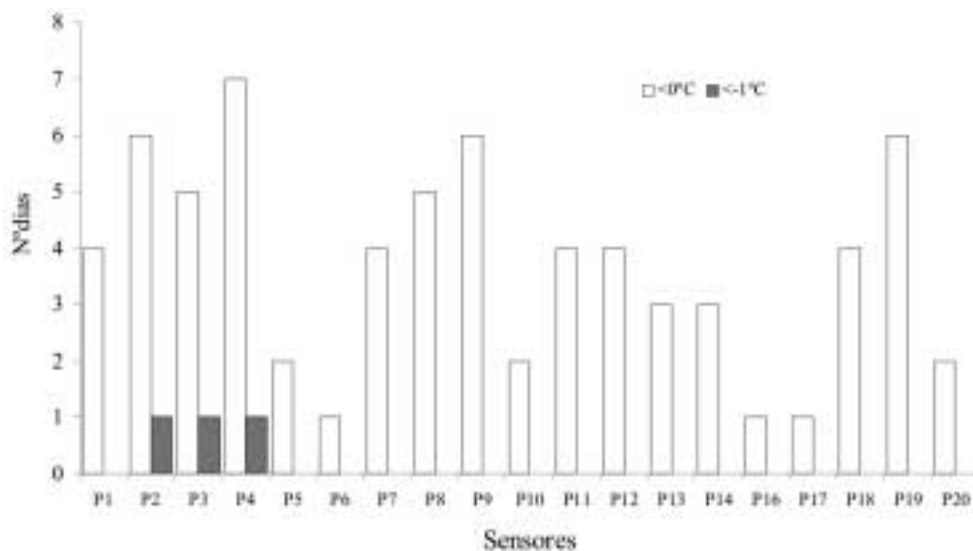


Fig. 4 – Número de dias com temperaturas $< 0^{\circ}\text{C}$ após o início do abrolhamento (13 de Março).

Fig. 4 – Number of days with temperatures below 0°C after the beginning of the vine growing cycle (March 13th).

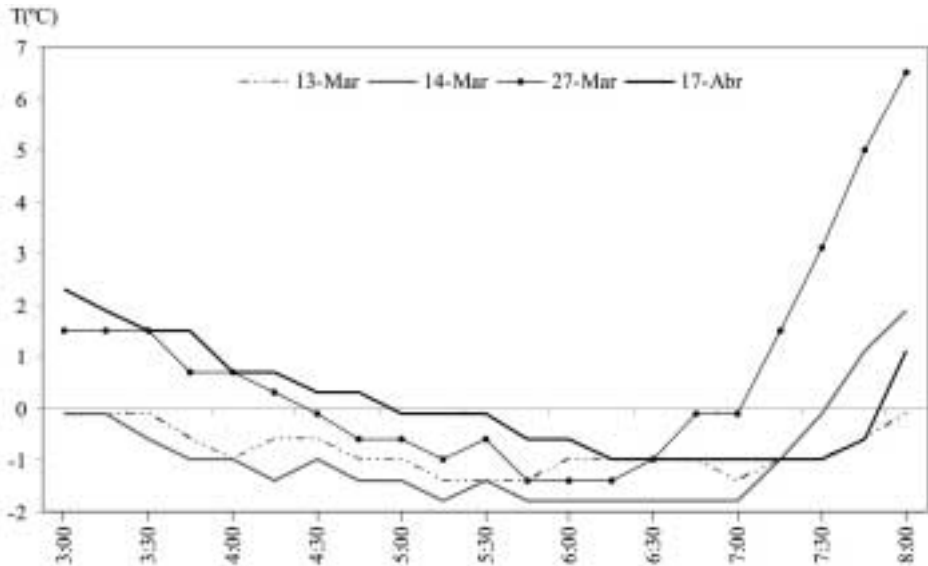


Fig. 5 – Evolução das temperaturas mínimas diárias sob abrigo em Março e Abril de 2004 (em P4).

Fig. 5 – Evolution of the minimal daily sheltered temperature in March and April, 2004 (P4).

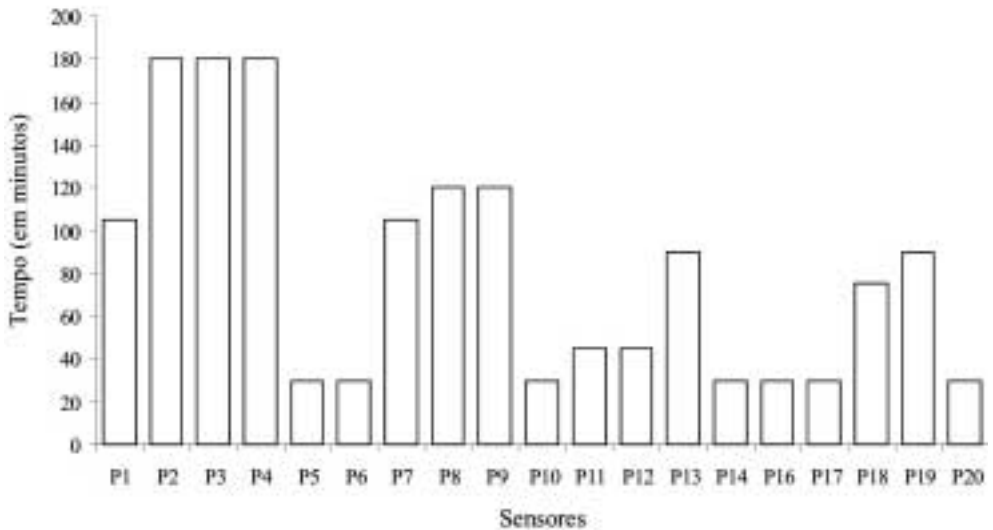


Fig. 6 – Duração máxima do período de temperaturas inferiores a 0°C após o abrolhamento (15 de Março).

Fig. 6 – Maximum duration of the period with temperatures below 0°C after the beginning of the vine growing cycle (March 15th).

menor. Esta situação permitiu minimizar os danos, uma vez que se assiste, nesse período, a um aumento da vulnerabilidade por parte das vides.

1.2. *Temperaturas máximas diárias extremas*

Embora a vinha atenua a sua actividade vegetativa com temperaturas na ordem dos 30°C entrando em dormência, deu-se ênfase aos valores térmicos superiores a 35°C pela probabilidade de ocorrência de danos (*brunissure*¹⁵, escaldões, desidratação dos cachos, etc.).

Em 2004, os valores elevados foram bastante frequentes em Junho e Julho (fig. 7). Nesses meses, registaram-se, em média, mais de 35% de dias com temperaturas superiores a 35°C assim como 14,4% e 13,9%, respectivamente, com valores térmicos acima dos 39°C. As temperaturas superiores a 41°C foram obtidas em 5,7% e 7,4% dos dias, respectivamente.

Em Agosto e Setembro (fig. 7), os valores térmicos muito altos quase desapareceram, registando-se temperaturas máximas diárias na ordem dos 35-37°C, sendo relativamente frescas para os meses considerados. Contudo, embora a média das temperaturas máximas diárias não o demonstrasse, Agosto teve ocorrências de temperaturas máximas diárias mais elevadas do que Setembro (2,3% dos dias com valores superiores a 39°C).

Contudo, as consequências desses valores térmicos encontram-se dependentes da duração de exposição. Assim, quanto mais demorada for a exposição, maior a probabilidade de ocorrência de danos nas vides¹⁶. Em média, a exposição a temperaturas superiores a 35°C oscilou entre 175 e 227 minutos diários respectivamente em Junho e Julho (fig. 8). Nos dias 13 de Junho, 14, 15, 24 e 25 de Julho, o *hazard* acentuou-se, uma vez que se registaram temperaturas extremas durante 480 minutos (8 horas). Estas exposições demoradas, juntamente com a falta de água sentida no momento, originaram diversos danos, principalmente nas parcelas mais favoráveis à recepção dos raios solares. Cita-se, por exemplo, a *brunissure* nas videiras mais jovens, o *pardeamento* das folhas, o *stress* hídrico.

Em Agosto e Setembro, fruto da descida da temperatura e dos dias mais nublados e chuvosos, não se registaram prejuízos causados pelas temperaturas demasiado elevadas, apesar de sua ocorrência em alguns dias.

1.3. *Distribuição espacial das temperaturas extremas*

A distribuição espacial das temperaturas revela contrastes significativos ao nível das parcelas agrícolas e no seu interior. O seu estudo torna-se assim indispensável para a compreensão adequada do microclima em ambiente vitícola.

¹⁵ Doença da vinha causada por temperaturas demasiado elevadas com sintomas semelhantes aos dos escaldões.

¹⁶ Possuindo registos de temperaturas obtidos de 15 em 15 minutos, procedemos à contagem do número de parcelas (valores) que apresentavam temperaturas superiores a 35°C (valor considerado como limite térmico superior crítico para as videiras). Seguidamente, converteu-se o número obtido em minutos, de acordo com a seguinte relação: 1 parcela = 15 minutos.

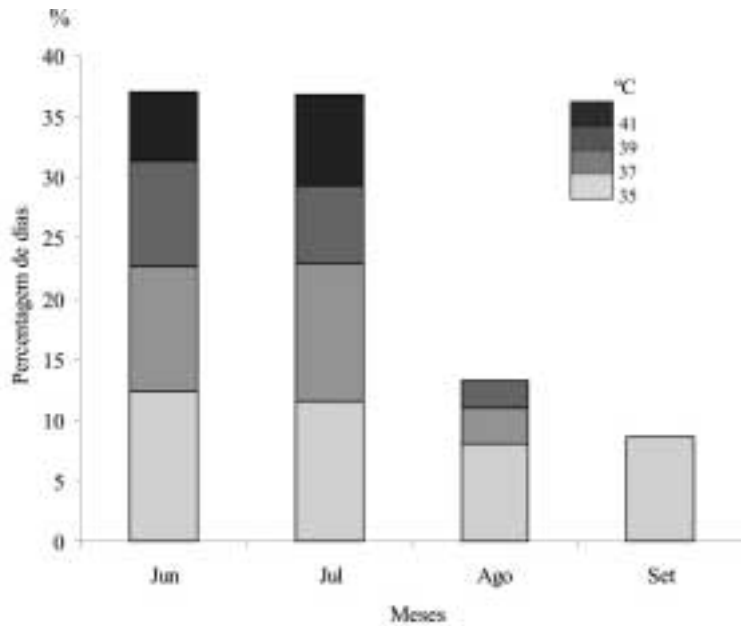


Fig. 7 – Frequências acumuladas das temperaturas máximas diárias sob abrigo (Jun. a Set. 2004).

Fig. 7 – Accumulated frequencies of the daily maximum sheltered temperature (June to September, 2004).

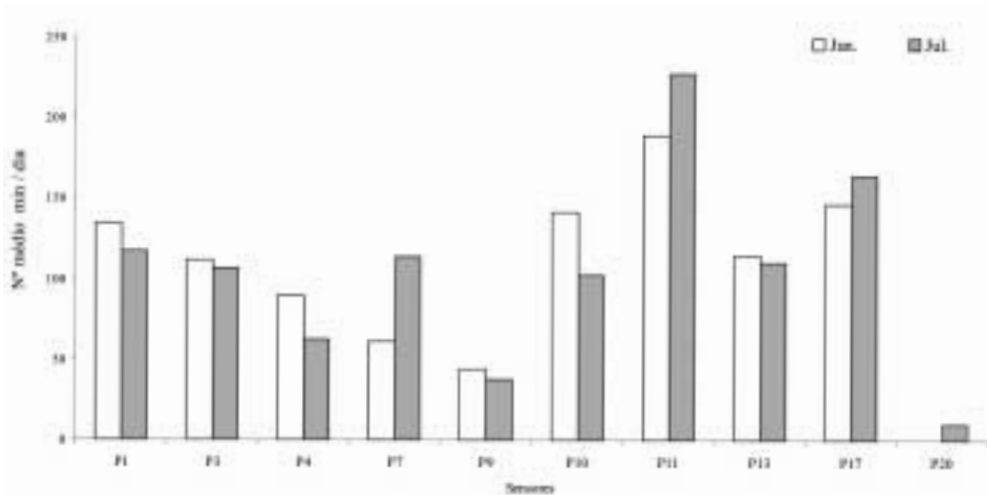


Fig. 8 – Duração média diária (em minutos) das temperaturas superiores a 35°C (Jun. e Jul. 2004).

Fig. 8 – Average duration (minutes) of daily temperatures above 35°C (June and July, 2004).

As temperaturas mínimas evidenciaram uma inter-relação entre o comportamento térmico da EVAG, a morfologia, a topografia e a ocupação do solo. Assim, as temperaturas mínimas mais baixas registaram-se em áreas de fraco declive, geralmente associadas a *depressões* topográficas (P2, P3, P4, P8, P9 e P19). Este facto relaciona-se com o abrandamento ou acumulação de ar frio dos escoamentos descendentes nocturnos das vertentes circundantes (Cellier, 1989; Geiger, 1990; AVC, 1991; Quenol, 2002 e 2003). A geografia das temperaturas mínimas nocturnas está assim dependente, entre outros, da velocidade dos escoamentos gravíticos de ar frio. Uma velocidade elevada de escoamento atenua o arrefecimento por fricção das moléculas de ar (libertação de calor), enquanto um abrandamento leva à estagnação do ar e à intensificação do arrefecimento (Endlicher, 1980; Janex, 1990; Fallot, 1992). Perante o exposto, a variabilidade espacial das baixas temperaturas, pouco vincada em parcelas planas, é importante em terrenos acidentados, localizando-se normalmente as parcelas mais frias em áreas deprimidas ou a montante de obstáculos (bloqueio do ar frio). Este último factor é responsável pelo arrefecimento nocturno mais intenso de P4 dada a recepção de escoamentos de ar frio e ao seu bloqueio pelos obstáculos de habitações e de uma colina a jusante (fig. 9).

A interferência da topografia denotou-se também nas áreas em socacos. Estes proporcionam, no seu conjunto, um escoamento de ar frio relativamente forte e, simultaneamente, a estagnação desse mesmo ar em cada parcela, em resultado do fraco declive. Estes dois fenómenos originam a sobreposição de

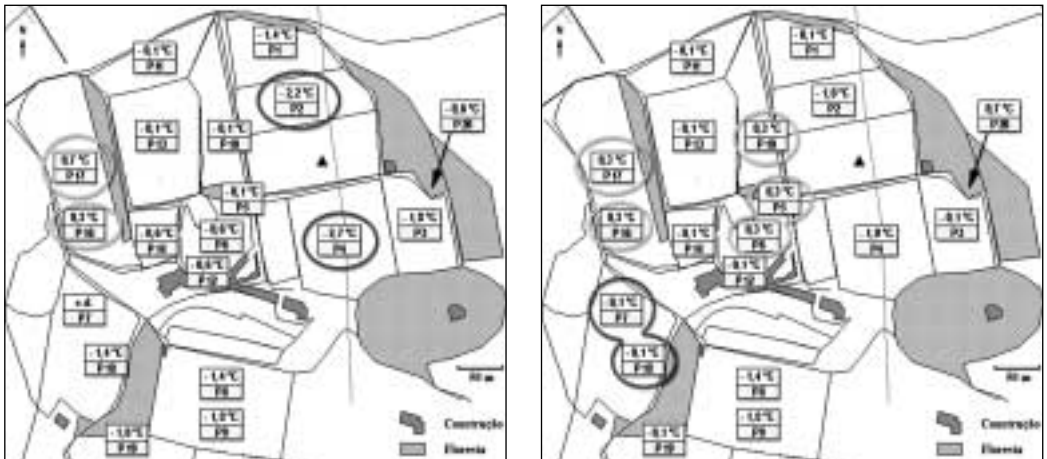


Fig. 9 – Temperaturas mínimas em índice actinotérmico em noites de arrefecimento radiativo de (a) 18 a 19 de Fevereiro de 2004 e (b) de 16 a 17 de Abril de 2004.

(Fonte: Maciel, 2005: 101-103)

Fig. 9 – Minimum temperatures in actinothermic index during nights of radiative cooling (a) February 18th-19th, 2004 and (b) April 16th-17th, 2004.

(Source: Maciel, 2005: 101-103)

camadas de ar e a diminuição da temperatura com a altitude (Quenol, 2003 e 2004). Registou-se por isso uma diminuição térmica de P1 a P4 (fig. 10).

Em oposição, as áreas com temperaturas mínimas mais elevadas (com menor probabilidade de ocorrência de danos) situaram-se nas parcelas das vertentes e nos cumes das colinas (fig. 9). Dado o declive relativamente acentuado, essas áreas são menos susceptíveis aos *hazards* por apresentarem escoamentos de velocidade superior a 2m/s e conseqüentemente sofrerem um aquecimento por fricção (*brassage*) das moléculas de ar (Endlicher, 1980; Cellier, 1989; Geiger, 1990; Janex, 1990; AVC, 1991; Fallot, 1992; Quenol, 2002 e 2003).

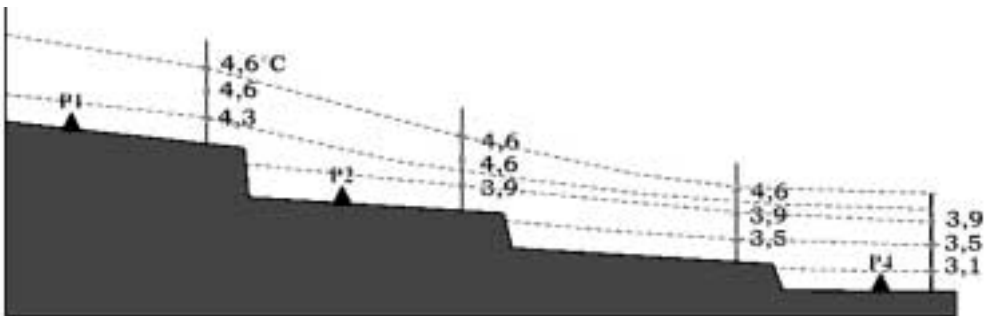


Fig. 10 – Perfil vertical das temperaturas mínimas na noite de 3 a 4 de Maio de 2003.

(Fonte: Quenol, 2003: 24)

Fig. 10 – Vertical profile of the minimum temperatures on the night of May 3rd-4th, 2003.

(Source: Quenol, 2003: 24)

Com o menor *hazard* associado às temperaturas mínimas, salientaram-se também, pela interferência de factores moderadores, P8 e P9, áreas localizadas na proximidade do rio Lima e P20 no seio de uma área florestal (fig. 9). P20 ostentou temperaturas mínimas mais elevadas por acção da arquitectura florestal, que possibilita o armazenamento de energia infravermelha sob as copas (Oke, 1987; Geiger, 1990; Arya, 2001; Quenol, 2002).

Quanto às temperaturas máximas extremas (fig. 11), com o surgimento dos meses mais quentes, as disparidades acentuaram-se registando-se diferenças térmicas na EVAG compreendidas entre 8°C e 10°C. Este facto explica-se pela intervenção de factores como a exposição, a topografia e o declive, que favorecem ou impedem a intercepção dos raios solares e, conseqüentemente, o aquecimento diurno. A maioria das áreas de maior *hazard* localizou-se portanto nas parcelas com declives superiores a 5° (quadro II) e orientações compreendidas entre Sudeste e Sudoeste (P7 e P17), que registaram um número significativo de dias com temperaturas superiores a 35°C e 41°C (fig. 12). Em P7, as temperaturas elevadas, aliadas à falta de água (*stress* hídrico) e à inexistência de remeximento do solo, originaram bastantes danos nas vides.

Contudo, verificaram-se exceções, bem evidenciadas nos valores superiores a 41°C, visto estes concentrarem-se preferencialmente em P10 e P11 (7,4% e 10,4% respectivamente).

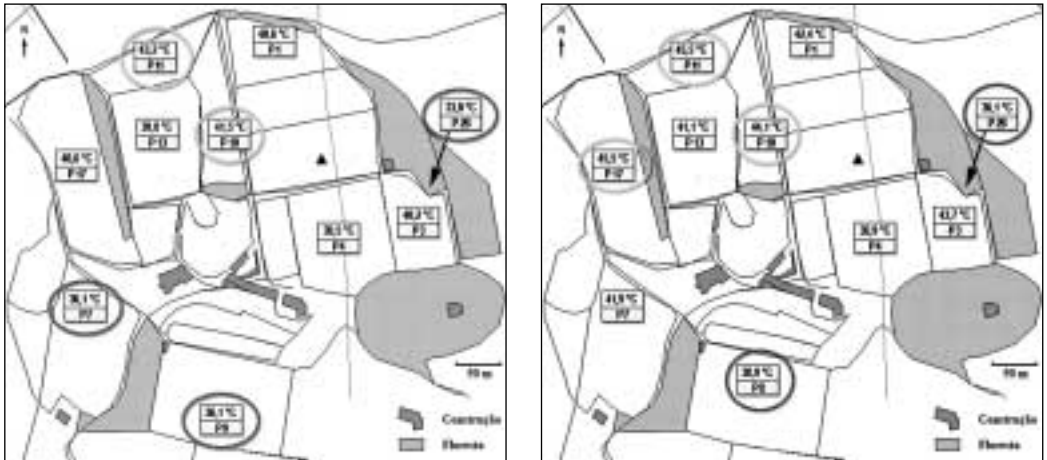


Fig. 11 – Temperaturas máximas sob abrigo no dia (a) 13 de Junho e (b) 25 de Julho 2004.
(Fonte: Maciel, 2005)

Fig. 11 – Maximum sheltered temperatures on (a) June 13th and (b) July 25th, 2004.
(Source: Maciel, 2005)

No caso específico de P11 (parcela plana e ligeiramente inclinada a Norte), esta ostentou as temperaturas mais elevadas até meados de Julho (43% dos dias com temperaturas extremas) (figs. 12 e 13). Esta situação é eventualmente resultado da conjuntura desencadeada pelos factores morfologia, altura do sol, ciclo das estações. Corresponde, assim, a uma área alvo de atenções por parte dos responsáveis da EVAG. Demonstra-se também a importância da realização de estudos microclimáticos para o conhecimento exacto dos *terroirs* vitícolas pelos viticultores.

As temperaturas máximas mais baixas (figs. 11 e 12) localizaram-se nas parcelas de declive inferior a 5° e geralmente em forma de socalco (P3, P4, P9) dada a menor incidência dos raios solares e a ocorrência do processo de evaporação (P9) devido à proximidade do curso de água (Bravo *et al.*, 1974; Oke, 1987; Geiger, 1990; Fernandez Garcia, 1995; Arya, 2001). No caso específico de P4, esses valores térmicos foram também causados pelas baixas temperaturas e o elevado teor de humidade do solo da parcela, conferidos pela drenagem deficiente. Acresce-se a área florestal (P20) que registou as temperaturas máximas diárias mais baixas da EVAG devido à elevada densidade das folhas e das copas das árvores. Com um reduzido *sky view factor*, a energia solar directa recebida no seio do manto florestal é diminuta, o que modera o aquecimento

diurno (Oke, 1987; Arya, 1988; Geiger, 1990). Essa influência amenizadora das árvores é tanto mais intensa quanto maior for a temperatura máxima, atingindo-se diferenças de 6°C em relação ao ponto de medição mais próximo (P3) e 10°C comparativamente com a área mais quente (P11).

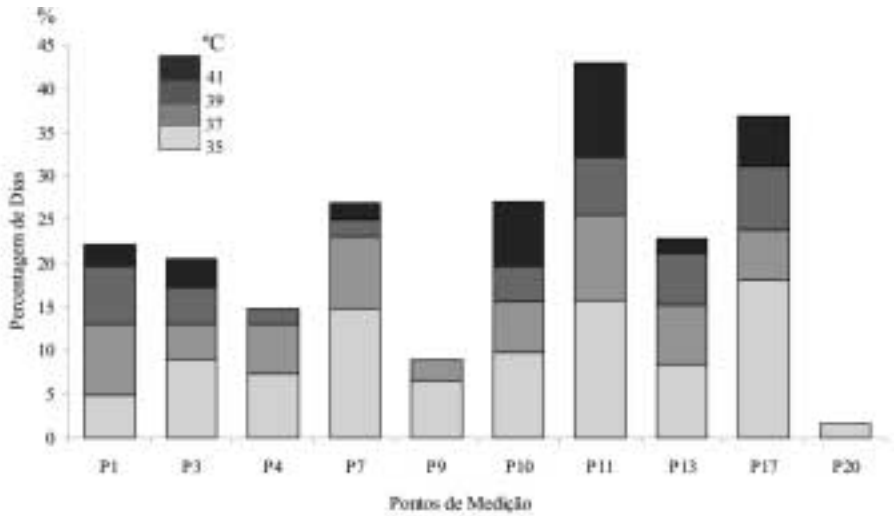


Fig.12 – Frequências acumuladas (percentagem) das temperaturas máximas diárias sob abrigo (Jun-Set 2004).

Fig. 12 – Accumulated frequencies (percentage) of the daily maximum sheltered temperatures (from June to September, 2004).

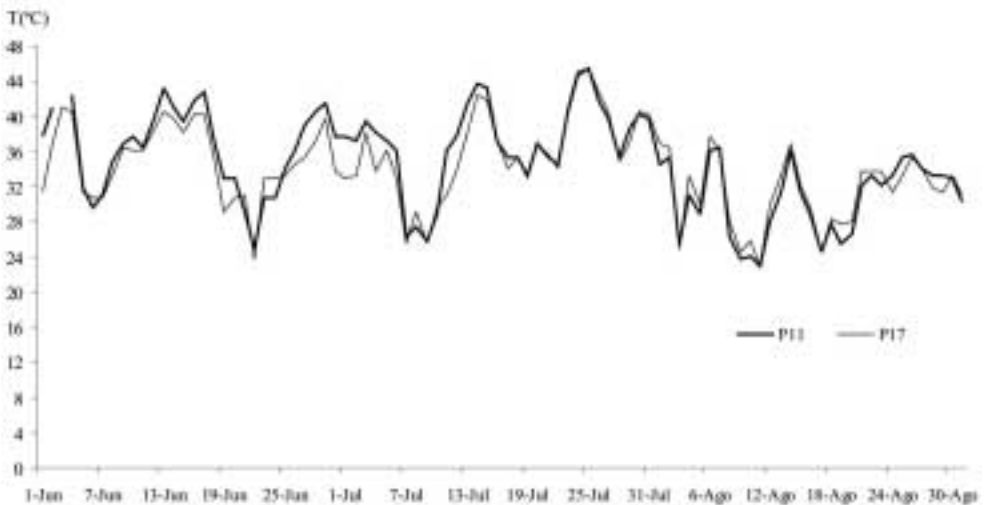


Fig. 13 – Evolução das temperaturas máximas diárias em P11 e P17 (de Jun. a Ago. 2004).

Fig. 13 – Evolution of daily maximum temperatures in P11 and P7 (from June to August, 2004).

2. Vulnerabilidade ao longo do ciclo vegetativo

Um estudo que versa sobre os riscos climáticos revelar-se-ia incompleto sem uma abordagem da vulnerabilidade das videiras perante os extremos térmicos. A ocorrência e a variabilidade espacial dos *hazards* já demonstrada refletiram-se nos danos registados na EVAG. Todavia, estes foram minimizados pela plantação pelos técnicos, nas várias parcelas, de castas adequadas às condições microclimáticas.

No período primaveril (quadro III e fig. 14), as consequências dos extremos térmicos mínimos no desenvolvimento e crescimento da vinha traduziram-se num atraso nos primeiros estados fenológicos do ciclo vegetativo, que foi mais significativo nas áreas mais frias da EVAG. Esta situação ficou a dever-se às temperaturas mínimas e máximas diárias mais baixas e ao número significativo de dias com temperaturas inferiores a 0°C em todos os meses (à exceção de Maio) de 2004. Os danos incluíram também um emurchecimento temporário dos pampas devido à coexistência de temperaturas inferiores ao limite térmico mínimo e de uma vulnerabilidade relativamente elevada por parte das vides (após 13 de Março).



Fig. 14 – Estados fenológicos da videira desde o abrolhamento até à floração (adaptado de Quénol, 2002, esquema elaborado a partir da escala de Baggiolini, 1952).

Fig. 14 – Vine phenologic stages from the beginning of the growing cycle to the flowering stage (adapted from Quénol, 2002, following Baggiolini, 1952).

No período estival (fig. 15), a variação espacial do teor de açúcar das uvas esteve intimamente relacionada com as condições microclimáticas, principalmente durante a maturação dos frutos. Registaram-se graus de açúcar mais elevados (e, consequentemente, futuros vinhos de melhor qualidade) nas áreas mais quentes, ou seja, nas vertentes e nos cumes das colinas (P5, P6, P7, P18, P10, P11, P13, P17). As únicas exceções situaram-se em P1 e P2 (localizados numa área deprimida) apresentando graus na ordem de 11,8°, os mais elevados de 2004.

Quadro III – Seguimento dos estados fenológicos em 2004 (desde o abrolhamento até à floração).
Ver escala cromática na fig. 14.

Table III – Observation of vine phenologic stages in 2004 (from the beginning of the growing cycle to the flowering stage).
See chromatic scale fig. 14.

Ponto	Estados Fenológicos										Casta	Expo- sição de solo	Topografia	
	Fév. 25	Março 13	Março 29	08	17	Abril 24	26	Mai. 17						
P16											Azal branco	S	C	Forte declive
P17											Azal branco	SSO	C	Forte declive
P3											Loureiro	O	A	Socalco rodeado de árvores
P7											Loureiro	SSE	C	Forte declive
P8											Loureiro	S	A	Socalco e área deprimida
P10											Loureiro	E	C	Socalco e forte declive
P11											Loureiro	N	C	Área plana
P13											Loureiro	S	C	Cume da colina
P14											Loureiro	E	C	Socalco e declive moderado
P18											Loureiro	SSE	C	Forte declive
P5											Pedernã	E	C	Socalco e forte declive
P6											Pedernã	O	C	Socalco e forte declive
P9											Pedernã	S	A	Socalco e área deprimida
P12											Pedernã	S	C	Socalco e forte declive
P1											Vinhão	SSE	A	Socalco e área deprimida
P2											Vinhão	SSE	A	Socalco e área deprimida
P4											Azal tinto	SSE	B	Socalco e afunilamento a sul

A – antrossolos de surriba úmbricos

B – antrossolos de surriba distrícos de drenagem deficiente

C – antrossolos de surriba distrícos normais

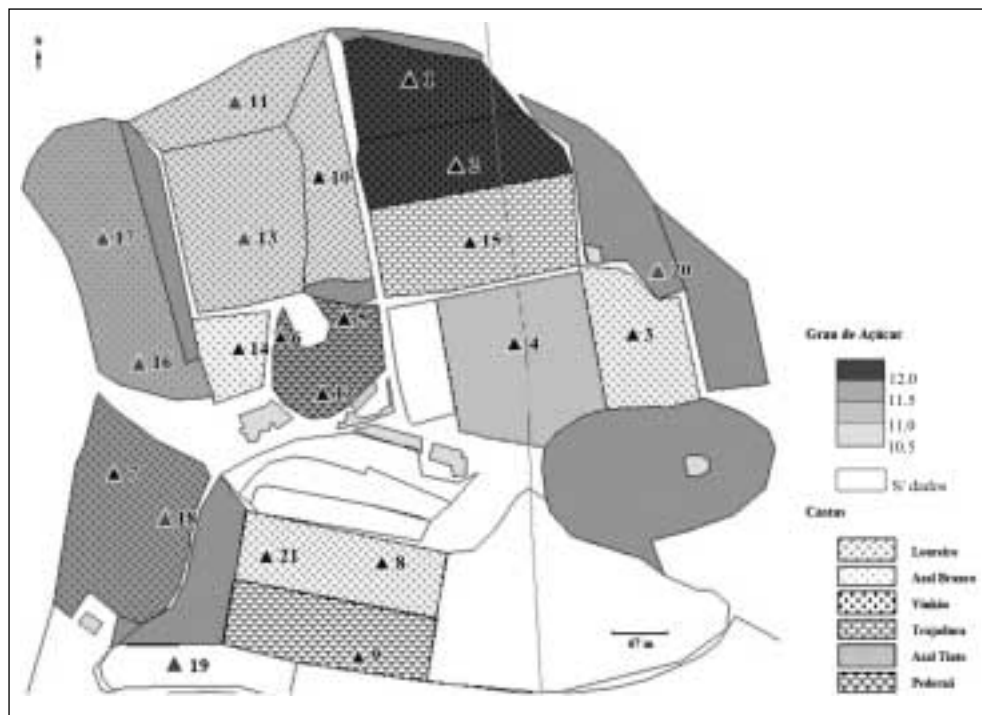


Fig. 15 – Distribuição espacial dos graus de açúcar e castas por parcelas em 2004.

Fig.15 - Spatial distribution of the sugar degree and vine variety in 2004.

O grau de açúcar esteve assim mais dependente das condições microclimáticas de cada parcela do que das características da casta ou do porta-enxerto. Exemplificando o exposto, as parcelas P8 e P13, com as mesmas castas e porta-enxertos, apresentam diferentes graus de açúcar (P8 com 10° e P13 com 11°) resultantes da sua localização geográfica e dos contrastes térmicos¹⁷.

IV. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo do ciclo vegetativo de 2004, denotou-se uma clara inter-relação entre a variável temperatura, mais especificamente os extremos térmicos, e os danos registados dada a coexistência temporal dos dois elementos do risco: o *hazard* e a vulnerabilidade da vinha.

¹⁷ Estas observações foram registadas pelos autores do estudo, com o auxílio, sempre que necessário, dos técnicos da EVAG.

No que concerne ao primeiro, os extremos térmicos (temperaturas máximas estavais e mínimas diárias entre Fevereiro e Maio) revelaram-se frequentes na área de estudo e com uma duração de exposição relativamente prolongada, sendo assim susceptível de causar danos na vinha.

Verificaram-se também assimetrias espaciais bem vincadas dos *hazards* associados às temperaturas mínimas e máximas, por interferência de diversos factores como o declive, a topografia, a pedologia, a disponibilidade hídrica, a morfologia, a proximidade de cursos de água e de áreas florestais. Resumidamente, as parcelas de maior *hazard* associado às temperaturas mínimas são as áreas deprimidas, com solos frios e/ou situadas a montante de obstáculos que impeçam os escoamentos de ar frio. As parcelas com menor probabilidade de sofrerem danos situaram-se nas vertentes e no cume das colinas. Infelizmente, estas últimas são aquelas que apresentam as temperaturas máximas mais elevadas e que sofrem por isso os maiores prejuízos desse extremo térmico.

Embora apresente limites térmicos críticos bastante elevados, a vinha revelou-se vulnerável perante os valores térmicos extremos registados na EVAG em 2004, tendo sido observadas consequências mais ou menos nefastas aquando da ocorrência de temperaturas demasiado baixas (Primavera) e elevadas (Verão). Pela maior duração de exposição e frequente recorrência dos valores extremos, as temperaturas máximas causaram danos mais importantes e alguns irreversíveis (*brunissure*, pequenos escaldões, *pardeamento* das folhas, ...), principalmente nas parcelas mais quentes. Estas agravaram-se nas áreas onde se sentia falta de água.

As *nuances* microclimáticas e os danos registados na EVAG ao longo do período em estudo evidenciam a necessidade de um conhecimento exacto dos *terroirs* vitícolas a nível topo e microclimático, nomeadamente no momento da criação ou da reformulação de explorações agrícolas para adequar as castas e as técnicas à probabilidade de ocorrência de *hazard*. Só assim será possível a obtenção de produção de qualidade minimizando os riscos climáticos. Este facto foi verificado *in loco* através do contacto com técnicos e responsáveis pela prática vitícola. Constatou-se também que, apesar destes últimos possuírem conhecimentos a nível da parcela induzidos pelo trabalho ao longo de vários anos (existência de danos causados pelas geadas, pelo vento forte, pelas ondas de calor, etc.), desconhecem as causas exactas desses danos e a variação microclimática nas áreas com valores menos extremos. A sua sensibilização para a pertinência de um conhecimento exacto dos seus *terroirs* vitícolas a nível microclimático, com o intuito de adequar as suas técnicas é benéfica, garantindo-se uma produção vitícola de qualidade minimizando os custos financeiros, ambientais, etc.

Embora já se denote uma preocupação, talvez crescente, por parte dos intervenientes no sector da viticultura relativamente aos caprichos e consequências nefastas do clima, um longo percurso ainda é necessário percorrer para se possuir um adequado conhecimento de toda a realidade vitícola, tarefa que se torna colossal caso se considere a multiplicidade de contextos microclimáticos existentes na região de Entre Douro e Minho e em Portugal.

Para se garantir com eficácia uma produção em qualidade e fazer face à concorrência crescente do mercado internacional, é premente continuar a realização de estudos microclimáticos em outras realidades vitícolas apoiando os viticultores nas suas tarefas e dificuldades, ajudando-os no conhecimento dos seus *terroirs*.

BIBLIOGRAFIA

- Alcoforado M J, Alegria M F, Pereira, A R, Sirgado, C (1982) *Domínios Bioclimáticos em Portugal, definidos por comparação dos índices de Gaussen e de Emberger*. CEG, Lisboa, 31p.
- Armada N (1990) *Caracterização dos solos da Estação Vitivinícola Amândio Galhano e sua relação com a vinha*. Dissertação de licenciatura, UTAD, Vila Real.
- Arya S P (2001) *Introduction to Micrometeorology*. 2.^a ed. Academic Press, Nova Iorque.
- Arya S P (1988) *Introduction to Micrometeorology*. 1.^a ed. Academic Press, Nova Iorque.
- Association Viticole Champenoise (AVC) (1991) Les gelées de printemps. *Le vigneron champenois, hors série*, Epernay: 4-44.
- Baggiolini M (1952) Les stades repères dans le développement annuel de la vigne et leur utilisation pratique. *Rev. Rom. Agric.*: 8-1.
- Beltrando G (1998) Gelées printanières en Champagne viticole (les); quelques résultats obtenus à partir d'un nouveau réseau de stations automatiques. *La Météorologie*, 21: 26-37.
- Bonnardot V (2001) *Sea breeze mechanism and observations of its effects in the Stellenbosch wine producing area*. Winetech. [Acedido em 05 de Dezembro de 2001]. <http://www.wynboer.co.za/recentarticles>
- Bravo P, Oliveira D (1974) *Viticultura moderna*. Livraria Almedina Editora, Coimbra.
- Carrega P (1994) *Topoclimat et habitat*. Rev. d'Analyse Spatiale Quantitative et Appliquée, Thèse d'Etat, vol. 35 & 36.
- Cellier P (1989) Mécanismes du refroidissement nocturne: application à la prévision des gelées de printemps. *Le gel en Printemps – séminaire*, Paris: 145-163.
- CCRN (2000) *Comissão de Coordenação da Região Norte, PBH do Rio Lima*. 1.^a Fase, volume 3, PA. <http://www.dra-n.pt>
- Correia E (1998) *Condições pluviométricas para a cultura do Milho na ilha de Santiago (Cabo Verde)*. Ministério da Ciência e da Tecnologia, Instituto de Investigação Científica Tropical.
- Cunha L, Dimuccio L (2002) Considerações sobre os riscos naturais num espaço de transição. Exercícios cartográficos numa área a Sul de Coimbra. *Territorium*, 9: 37-51.
- Dauphiné A (2001) *Risques et catastrophes*. Armand Colin, Paris.
- Daveau S (1994) *Geografia de Portugal II - o ritmo climático e a paisagem*. Ed. João Sá da Costa, Lisboa: 337-464.
- Diehl R (1989) *Agricultura Geral*. 2.^a ed., Clássica Editora, Lisboa.
- Eliard J-L (1979) *Manual Geral de Agricultura*. 2.^a ed., Publicações Europa América, Mem-Martins.
- Endlicher W (1980) L'utilisation de mesures itinérantes et de thermographies comme moyen d'études du mésoclimat – l'exemple des vignobles du Kaiserstuhl. *Recherches Géographiques à Strasbourg*, 13/14: 127-133.
- Fallot J M (1992) *Étude de la ventilation d'une grande vallée alpine (la vallée de la Sarine en Gruyère)*. Thèse de Doctorat, Université de Fribourg, Suisse.

- Fernandez Garcia F (1995) *Manual de climatologia aplicada - clima, medio ambiente y planificación*. Editorial Sintesis, Madrid.
- Geiger M (1980) Recherches topoclimatiques au Palatinat. *Recherches Géographiques à Strasbourg*, 13/14: 95-102.
- Geiger R (1990) *Manual de Microclimatologia – O clima da camada de ar junto ao solo*. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.
- Girard G (1994) *Gelées printanières dans le Médoc: le dispositif de protection par aspersion employé au Château Margaux*. Ministère de l’agriculture et de la pêche, Bordeaux.
- Guyot G (1997) *Climatologie de l’environnement*. Masson., Paris.
- Janex F (1990) *Étude de coulées gravitaires*. Mémoire d’Ingénieur, INRA.
- Lakso A N (1987) The importance of climate and microclimate to yield and quality in horticultural crops. In Prodi, Franco *et al.* (ed.) *Agrometeorology*, Cesena: 287-297.
- Maciel A (2005) *Pertinência dos estudos de Microclimatologia para a prevenção de riscos climáticos num vinhedo do Entre Douro e Minho*. Dissertação de Mestrado em Gestão de Riscos Naturais, Faculdade de Letras da Universidade do Porto.
- Marques H (1987) Região Demarcada dos vinhos verdes. *Revista da Faculdade de Letras da Universidade do Porto*, I série, vol. III: 135-142.
- Marro M (1986) *Técnicas de viticultura*. Lisboa, Editorial Presença.
- Monteiro A (2003) *Atlas Agroclimatológico do Entre Douro e Minho*. Proj. POCTI/GEO/14260/1998, 345 p. (no prelo).
- Monteiro A (2001) A fragilidade de um país que ignora o seu clima: uma reflexão sobre o caos provocado pela chuva no Inverno 2000/2001 na área do Porto. *Actas da Aqua 2000*, Porto, Universidade Moderna: 1-21.
- Oke T R (1987) *Boundary Layer Climates*. Londres, Routledge.
- Oliveira e Pinho A J (1993) *Compêndio de Ampelologia II*. Porto, Figueirinhas: 80-158.
- Quenol H (2003) *Evaluation des potentialités climatiques aux échelles fines dans le vignoble de vinho verde (région de Entre Douro e Minho)*. Rapport du Ministère des Affaires Etrangères, programme Lavoisier (publicação interna).
- Quenol H (2002) *Climatologie appliquée aux échelles fines*. Thèse de Doctorat, Université des Sciences et Technologies de Lille 2, Edition ANRT.
- Quenol H, Maciel A, Monteiro A, Beltrando G (2004) Mesures climatiques aux échelles fines (météorologiques et agronomiques) et variabilité spatiale du gel printanier dans le vignoble de *Vinho Verde*. *Presses Universitaires de Rennes*, n.º 193, Sodis, s.l., 2004.
- Quenol H, Maciel A, Monteiro A, Beltrando G (2005) Variabilidade espacial do gelo primaveril nos vinhedos do Vinho Verde (Portugal). *Geografia* (no prelo).
- Raposo J (1998) *As Geadas, suas causas e seus efeitos, como se evitam e como se combatem*. Ministério do Ambiente, Lisboa.
- Rebelo F (2001) *Riscos naturais e acção antrópica*. Imprensa da Universidade, Coimbra.