IVES Technical Reviews
vinha & vinho

https://doi.org/10.20870/IVES-TR.2026.9820

Gestão de ondas de calor: pontos-chave para implementar estratégias de mitigação para a sobrevivência das uvas

Julia Gouot-Davoust[1], Celia Barril[2], Jason Smith[2,4], Bruno Holzapfel[3,4], Leigh Schmidtke[2,4], Joanna Gambetta[5]

[1] VITINNOV, Bordeaux Sciences Agro, ISW, F-33175 Gradignan cedex, France

[2] School of Agricultural, Environmental and Veterinary Sciences, Faculty of Science and Health, Charles Sturt University, Locked Bag 588, Wagga Wagga, 2658, NSW, Australia

[3] Wagga Wagga Agriculture Institute, NSW Department of Primary Industries and Regional Development, Pine Gully Road, Wagga Wagga, NSW 2650,

[4] Gulbali Institute, Charles Sturt University, Mumbarra Drive, Wagga Wagga, New South Wales 2678

[5] School of Environmental and Life Sciences, The University of Newcastle, Brush Road, Ourimbah, NSW 2258, Australia

Os eventos de calor extremo tornaram-se mais frequentes e podem ter um impacto significativo nas culturas agrícolas, incluindo na viticultura. Desde a década de 1970, tanto a duração como a frequência desses eventos aumentaram, resultando em perdas de rendimento, bem como em alterações adversas à composição das uvas devido a modificações técnicas, de sabor e maturação fenólica, além de outros problemas, como queimaduras solares[1]. Compreender o porquê, quando e como ocorrem essas alterações é crucial para ajudar a mitigar os efeitos do calor extremo nas uvas, nas videiras e no vinho, e garantir a sustentabilidade, o rendimento e a qualidade do mesmo[2].

Resposta das plantas ao calor

O calor extremo e as ondas de calor causam danos em graus variados, dependendo da sua duração, intensidade, época em que ocorrem e da presença de outros fatores de stress ambiental[1]. Em geral, o aumento das temperaturas tende a reduzir a fotossíntese e aumentar a transpiração. Embora as videiras possam tolerar o calor e a seca individualmente, têm dificuldade em lidar com ondas de calor em condições de défice hídrico. O stress hídrico é exacerbado pelas plantas que atrasam o fecho estomático para regular os aumentos de temperatura, especialmente em castas anisohídricas e em solos com alta drenagem (por exemplo, arenosos). Sob calor extremo e stress hídrico simultâneos, ocorrem falhas hidráulicas e morte celular, resultando em canópias murchas que aumentam a exposição dos frutos e a temperatura dos cachos.

O stress térmico afeta significativamente a composição da uva e a qualidade do vinho, alterando o teor de açúcares, ácidos, aminoácidos e metabolitos secundários[2], e levando à diminuição da qualidade e a vinhos desequilibrados com maior teor de etanol.

Danos subletais e letais às uvas

Os eventos de calor podem ser catalogados como subletais ou letais, dependendo da temperatura e do grau de dano. Enquanto os eventos subletais (>35 °C) alteram a composição dos bagos e diminuem a qualidade geral, os eventos letais (>40 °C) geralmente levam a perdas significativas de rendimento.

A queimadura solar (SB), uma forma subletal de dano, é causada por uma combinação de alta radiação e alta temperatura. É observada principalmente após a maturação e manifesta-se como manchas amarelas, castanhas ou bronzeadas no lado do fruto exposto ao sol; a cor dessas lesões dependerá da cor do bago e são mais evidentes nas uvas brancas do que nas uvas tintas[1]. Os principais sintomas da SB são observados na película, que perde a sua cor verde devido à degradação da clorofila, torna-se castanha devido à oxidação dos polifenóis[3] e fica mais espessa. As uvas brancas afetadas desenvolvem lesões castanhas, enquanto as uvas tintas perdem a cor devido à degradação das antocianinas. Embora tenham sido observadas alterações nos teores de açúcar e ácido, a SB afeta principalmente a película e não afeta a polpa, com outros efeitos que parecem estar relacionados principalmente com a alta temperatura e não com a SB em si. Níveis baixos de SB induzem uma acumulação de compostos aromáticos importantes, como linalol e α-terpineno, mas níveis de danos mais elevados resultam na sua degradação e perda de aromas florais e frutados positivos e da tipicidade do vinho. Em geral, o SB leva à desvalorização do fruto e a perdas económicas para os viticultores de até 50 % do valor da colheita. É difícil encontrar informações sobre as consequências do SB na qualidade do vinho, mas alguns relatórios indicaram um aumento da amargura e do escurecimento (oxidação) dos vinhos brancos. As videiras com stress hídrico são menos suscetíveis ao SB devido a uma melhor adaptação à luz e aos compostos fotoprotetores[1].

Danos graves (letais) e necrose por queimadura solar (SN) podem ser geralmente observados em temperaturas do ar acima de 40 °C, embora a temperatura da superfície do fruto (FST) seja um melhor indicador do que a temperatura ambiente, pois a FST pode ser 12 a 15 °C mais alta. A SN leva à morte celular, ao murchamento completo dos bagos e a perdas significativas de rendimento. Uma maior proporção de bagos murchos à colheita também pode afetar a cor e o aroma do vinho (Figura 1A, B). Os limiares de temperatura letais para os bagos variam com a fenologia devido a alterações na composição: os bagos Shiraz pré-véraison sofrem necrose a partir de uma FST de 43 °C e a partir de 55 °C pós-véraison[4 5 6]. Outros estudos investigaram também o limiar de temperatura letal para Riesling, Bacchus e Calardis blanc[7]. Em conjunto, os resultados sugerem que a temperatura letal para os bagos de *Vitis vinifera* varia entre 37 °C (floração) e 50 °C (durante a maturação) (Figura 1C).

A suscetibilidade das uvas à SB e SN varia de acordo com a casta, estágio de desenvolvimento, cor da película, localização do cacho e velocidade do vento. Pesquisas recentes mostraram que, com velocidades de vento mais altas, a incidência e a gravidade da SN diminuem devido à menor FST das bagas[7], contrariando os efeitos de secagem ao ar por vezes relatados pelos

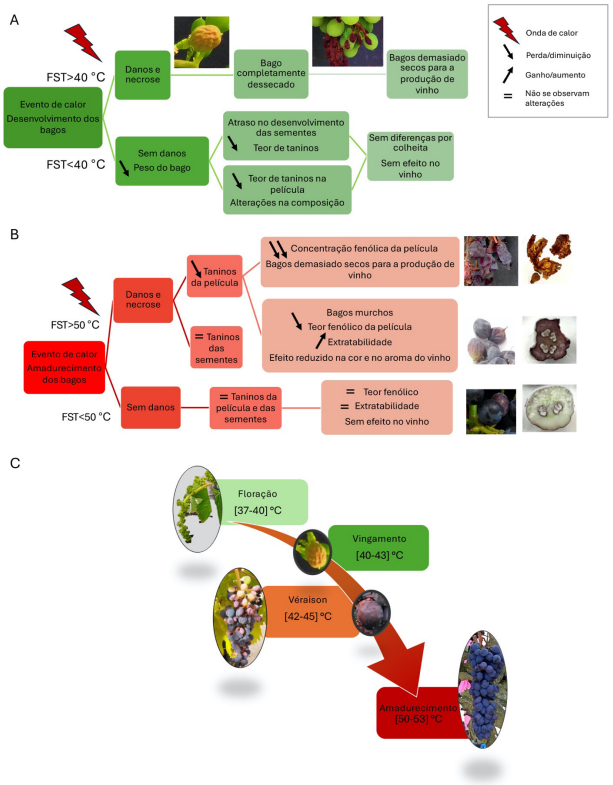


FIGURA 1. Efeito de eventos de calor pré- (A) e pós-véraison (B) no desenvolvimento dos bagos e na composição das uvas e do vinho, dependendo da temperatura da superfície do fruto (FST) e (C) Intervalos de temperatura da superfície a partir dos quais podem ocorrer danos letais para as flores e bagas de *Vitis vinifera*.
As fontes utilizadas para esta figura estão disponíveis mediante solicitação aos autores.

A produção deste artigo em Português foi-lhe oferecida pela Sogrape.

produtores. Independentemente da cor da película, tanto as castas tintas como as brancas podem sofrer danos graves por SB e SN. Entre as castas brancas, a Muscat de Alexandria e a Riesling são altamente suscetíveis à SB, enquanto a Sauvignon Blanc e a Chardonnay são mais tolerantes. As uvas enfrentam janelas de vulnerabilidade distintas em relação aos danos causados pelo calor: o risco de SB é maior após a maturação, enquanto a SN ameaça principalmente os bagos durante os estágios iniciais de desenvolvimento. Compreender esses períodos críticos é essencial para que os produtores possam programar intervenções de proteção de forma eficaz.

Estratégias de mitigação de ondas de calor

O sucesso de qualquer estratégia de mitigação depende da compreensão de quando os bagos correm o risco de danos letais (Figura 1C), que a FST difere da temperatura do ar prevista e da eficácia das estratégias escolhidas. A maioria das estratégias inclui maximizar o arrefecimento por transpiração e minimizar a interceção da radiação para manter as canópias e as uvas o mais frescas possível. Para tal, os métodos incluem aumento da irrigação, gestão da canópia (poda, tipo/altura da treliça, remoção de folhas), sombreamento, gestão da entrelinha, sprays refletores, nebulizadores na canópia, design da vinha (orientação das linhas, culturas de cobertura) e escolha da casta[8] (Figura 2). Estas estratégias variam em eficácia e podem ser classificadas pela sua capacidade de reduzir o ar/canópias e a FST (Figura 3). Variam igualmente em relação ao custo, sustentabilidade e escala em que podem ser implementadas. A sua eficácia dependerá das temperaturas máximas atingidas, da rapidez com que são implementadas e da fase fenológica.

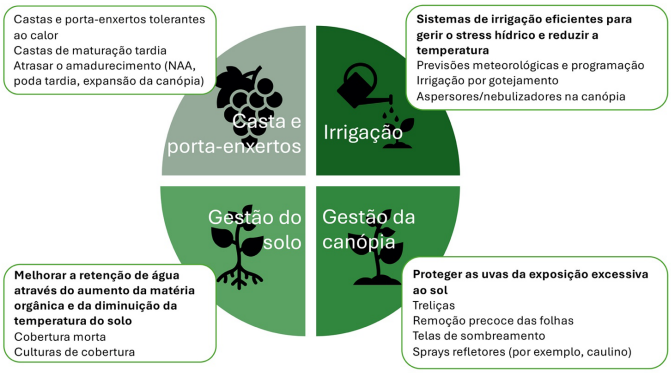


FIGURA 2. Estratégias de mitigação de ondas de calor.

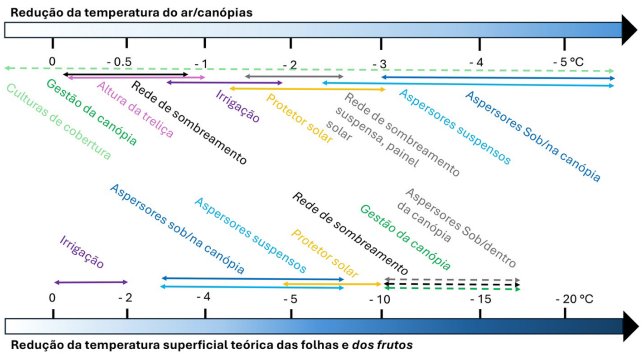


FIGURA 3. Redução da temperatura da canópia, das folhas e dos bagos por diferentes estratégias de mitigação em vinhas (linhas contínuas: valores medidos nos artigos referenciados; linhas tracejadas: valores teóricos).
As fontes utilizadas para esta figura estão disponíveis mediante solicitação aos autores.

O conselho mais comum inclui a irrigação antes e durante uma onda de calor para molhar o máximo possível da zona radicular, reduzir a temperatura do solo e maximizar o arrefecimento por transpiração. O momento da irrigação depende do tipo de solo: os solos argilosos podem ser irrigados dias antes de uma onda de calor, enquanto os solos mais arenosos devem ser irrigados na véspera ou na noite anterior. Emborasó se consiga uma redução modesta da temperatura do ar e dos frutos, esta prática visa diminuir o stress das videiras e garantir a viabilidade da canópia. A irrigação noturna é mais eficiente do que a irrigação durante o dia. Um uso mais eficiente da água inclui o uso de aspersores suspensos ou na canópia, o que reduz significativamente os déficits de pressão de vapor do ar e consegue a maior redução da temperatura da canópia. No entanto, qualquer estratégia que utilize água depende da disponibilidade da mesma para realizar a irrigação, da existência de infraestruturas para fornecer água atempadamente e do direito de irrigar. Embora seja comum na Austrália e noutras regiões irrigadas, a maioria das vinhas europeias depende exclusivamente da chuva para irrigação e só pode obter o direito de irrigar em circunstâncias excecionais. A cobertura morta apresenta uma alternativa adequada para diminuir a temperatura do solo e o aquecimento refletivo da zona dos cachos e da canópia, bem como a evaporação da água. A gestão da canópia ou a utilização de telas de sombreamento para fornecer sombra e evitar a luz solar excessiva são excelentes maneiras de alcançar uma redução de temperatura de até aproximadamente 15 °C. No entanto, estas intervenções são mais viáveis quando integradas ao projeto inicial da vinha, em vez de adaptadas às plantações existentes. Protetores solares comargila (por exemplo, caulino) podem, às vezes, diminuir a incidência de SB, especialmente perto da colheita. Estes produtos com tecnologia de filme de partículas podem ser aplicados no início de uma onda de calor para proteger as canópias, refletindo a luz solar e reduzindo o aquecimento por radiação. Outros produtos, como cal, talco e antitranspirantes, estão a ser testados, com vários resultados, dependendo também da cobertura das folhas e uvas, da formulação do produto, das propriedades de adesão e do momento e frequência da aplicação em relação aos eventos de calor.

É aconselhável combinar duas ou mais estratégias e considerar ações complementares durante a colheita (colheita parcial de bagas verdes, colheita noturna, triagem de bagos para eliminar os danificados) e na adega (por exemplo, adição de água quando permitido, escolha de leveduras e técnicas de vinificação, desalcoolização, etc.). Infelizmente, existem poucas estratégias de mitigação viáveis e eficazes a curto prazo. Se uma vinha estiver localizada numa área propensa a ondas de calor, recomenda-se considerar soluções mais permanentes, que vão desde a implementação de estruturas de sombreamento até à reconfiguração da orientação das linhas e à reconsideração das castas plantadas. Compreender melhor estes parâmetros ajudará os produtores a escolher o método de mitigação adequado. ■

1 Gambetta, J. M., Holzapfel, B. P., Stoll, M., & Friedel, M. (2021a). Sunburn in grapes: A review. *Frontiers in Plant Science*, 11, 604691. https://doi.org/10.3389/fpls.2020.604691

2 Gouot, J. C., Smith, J. P., Holzapfel, B. P., Walker, A. R., & Barril, C. (2019a). Grape berry flavonoids: A review of their biochemical responses to high and extreme high temperatures. *Journal of Experimental Botany*, 70(2), 397-423. https://doi.org/10.1093/jxb/ery392

3 Gambetta, J. M., Romat, V., Schmidtke, L. M., & Holzapfel, B. P. (2021b). Secondary metabolites coordinately protect grapes from excessive light and sunburn damage during development. *Biomolecules*, 12(1), 42. https://doi.org/10.3390/biom12010042

4 Gouot, J., Smith, J., Holzapfel, B., & Barril, C. (2019b). Single and cumulative effects of whole-vine heat events on Shiraz berry composition. *Oeno One*, 53(2), 171-187. https://doi.org/10.20870/oeno-one.2019.53.2.2392

5 Gouot, J. C., Smith, J. P., Holzapfel, B. P., Walker, A. R., & Barril, C. (2019c). Grape berry flavonoid responses to high bunch temperatures post véraison: Effect of intensity and duration of exposure. *Molecules*, 24(23), 4341. https://doi.org/10.3390/molecules24234341

6 Gouot, J. C., Smith, J. P., Holzapfel, B. P., & Barril, C. (2019d). Impact of short temperature exposure of Vitis vinifera L. cv. Shiraz grapevine bunches on berry development, primary metabolism and tannin accumulation. *Environmental and Experimental Botany*, 168, 103866. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2019.103866

7 Muller, K., Keller, M., Stoll, M., Friedel, M. (2023). Wind speed, sun exposure and water status alter sunburn susceptibility of grape berries. *Frontiers in Plant Science*, 14, https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1145274

8 Rogiers, S. Y., Greer, D. H., Liu, Y., Baby, T., & Xiao, Z. (2022). Impact of climate change on grape berry ripening: An assessment of adaptation strategies for the Australian vineyard. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1094633. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1094633

Este trabalho encontra-se publicado com a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional.