

Ana Isabel Miranda  
Alfredo Rocha

António Ribeiro  
Alexandra Monteiro

# DOU RO ZON E

DOUROZONE | RISCO DE EXPOSIÇÃO AO OZONO  
PARA A VINHA DURIENSE EM CLIMA ATUAL  
E FUTURO



universidade de aveiro  
theoria poiesis praxis



ipb  
INSTITUTO POLITÉCNICO  
DE BRAGANÇA

## **FICHA TÉCNICA**

### **Título**

Dourozone - Risco de Exposição ao Ozono para a Vinha Duriense em Clima Atual e Futuro

### **Editores**

Ana Isabel Miranda, Alfredo Rocha, António Ribeiro, Alexandra Monteiro

### **Design**

Ji&Gu - Design e Consultoria Criativa

### **Impressão e acabamento**

Grafigamelas, Indústria Gráfica, Lda

### **Editora**

UA Editora - Universidade de Aveiro

1ª edição - junho 2018

### **Tiragem**

100 exemplares

### **ISBN**

978-972-789-552-6

### **Depósito legal**



**DOUROZONE | RISCO DE EXPOSIÇÃO AO OZONO  
PARA A VINHA DURIENSE EM CLIMA ATUAL E FUTURO**

---

Ana Isabel Miranda  
Alfredo Rocha

António Ribeiro  
Alexandra Monteiro



# ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO .....	1
2.	ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NA REGIÃO DEMARCADA DO DOURO .....	5
2.1.	Simulações utilizadas .....	5
2.2.	Correção das simulações .....	7
2.3.	Alteração climática .....	9
2.3.1.	Temperatura máxima e mínima .....	9
2.3.2.	Índices de alteração climática de temperatura .....	11
2.3.3.	Ondas de calor e de frio .....	12
2.3.4.	Precipitação .....	14
2.4.	Índices bioclimáticos .....	15
3.	AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO DA VINHA AO OZONO .....	20
3.1.	Metodologia .....	20
3.2.	Avaliação do sistema de modelação .....	21
3.3.	Resultados .....	25
3.4.	Comentários finais .....	27
4.	EFEITOS POTENCIAIS DO OZONO NA CULTURA DA VINHA .....	29
4.1.	Efeitos na anatomia e fisiologia da videira .....	29
4.2.	Efeitos na produtividade e composição do bago .....	30
4.3.	Monitorização de ozono na RDD .....	31
4.4.	Concentrações e perfis de variação temporal de ozono na RDD .....	32
4.5.	Avaliação do risco do ozono na vinha .....	34
4.5.1.	Nível Crítico - AOT40 .....	34
4.5.2.	Dose de Ozono Fitotóxica, PODY .....	38
4.6.	Comentários finais .....	39
5.	ATLAS DIGITAL DOUROZONE .....	41
6.	SÍNTESE CONCLUSIVA .....	46



## 6 SÍNTESE CONCLUSIVA

**Ana Isabel Miranda // Alfredo Rocha // António Ribeiro // Carlos Silveira // Daniel Blanco-Ward // Ana Ascenso // Myriam Lopes // Carlos Borrego**

Este livro apresenta os principais resultados do projeto DOUROZONE, que teve como objetivo avaliar o efeito do ozono troposférico nas vinhas da Região Demarcada do Douro, em clima presente e clima futuro. Efetuaram-se simulações de clima e de ozono troposférico, com uma elevada resolução espaço-temporal.

As simulações climáticas, para o clima histórico recente (1986-2005), futuro de médio prazo (2046-2065) e de longo prazo (2081-2100), indicam um aumento generalizado da temperatura máxima, média e mínima na RDD. A estas alterações de temperatura está associado o aumento de ondas de calor (em intensidade, duração e frequência) e a diminuição de ondas de frio (em duração e frequência). No que se refere a alterações de precipitação, prevê-se uma diminuição média anual e para o período do verão, mas no que se refere ao período do inverno a tendência é de aumento dos valores em praticamente toda a RDD. Note-se ainda a redução do número de dias consecutivos com precipitação e o aumento do número de dias consecutivos secos.

Os índices bioclimáticos, calculados especificamente para a vinha, confirmam o aumento significativo da temperatura média durante o período vegetativo da videira, juntamente com uma diminuição significativa na precipitação. As variações dos índices bioclimáticos deverão ser analisadas cuidadosamente face à possibilidade de alterações na produtividade e qualidade das vinhas da RDD.

Note-se que os resultados foram obtidos considerando projeções baseadas no cenário RCP8.5 do IPCC, que considera a inexistência de medidas de mitigação de gases com efeito de estufa, correspondendo ao cenário mais gravoso em relação ao aumento futuro do forçamento radiativo.

No que se refere ao risco de exposição da vinha duriense ao ozono, os níveis elevados de AOT40, calculados para a RDD, indicam que o ozono pode estar a provocar danos diretos nas vinhas e potencialmente a diminuir o seu rendimento e qualidade. A campanha de monitorização realizada no decorrer do projeto DOUROZONE permitiu confirmar que a exposição de médio e longo prazo aos atuais níveis de ozono pode causar danos significativos, na vegetação em geral, incluindo a vinha.

Apesar das alterações climáticas, estes efeitos poderão ser minimizados com a redução futura de emissões de gases para a atmosfera. É importante lembrar que, embora o AOT40 seja um indicador importante para avaliar o risco de exposição da vegetação ao ozono, apresenta algumas limitações. Como indicador de exposição, o AOT40 tende a sobrestimar os danos na vegetação, pois a relação exposição-dose não é linear. O período do dia em que as concentrações de ozono são mais elevadas corresponde às horas em que a absorção da planta é menor, não sendo considerada pelo AOT40 a absorção de ozono pela planta, que depende do fluxo estomático.

Além disso, o valor limite definido na legislação foi estabelecido para uma espécie agrícola genérica e o período de cálculo não abrange todo o período vegetativo da videira.

A aplicação das funções exposição-resposta de Soja *et al.* (2004), que permitem estimar o potencial impacto da exposição ao ozono na produtividade e na qualidade, expressa como teor em açúcares da uva, indica, quer com base nos resultados da modelação, quer com base nos valores medidos no decorrer da campanha, uma perda de produtividade superior a 30%, se a exposição aos níveis registados de ozono ocorrer de forma recorrente em três anos consecutivos. Em relação ao impacto no rendimento em açúcares (glucose + frutose) nos mostos, estes podem sofrer uma redução até cerca de 40% se expostos também a valores similares de AOT40 em três anos consecutivos.

No entanto, a aplicação destas funções implica incertezas adicionais, pois a variedade e a idade das videiras influenciam a sua resposta à exposição ao ozono. O estudo acima referido é o único que apresenta este tipo de funções, tendo sido realizado em condições meteorológicas continentais (Áustria). Adicionalmente, as funções foram definidas em ambiente controlado e, portanto, não têm em conta a influência das condições meteorológicas e de humidade do solo, fatores importantes na avaliação do desempenho da vinha.

As estimativas dos efeitos do ozono troposférico na produtividade da vinha e na composição do bago em açúcares diferem substancialmente, dependendo se é utilizada a exposição ambiental ou a dose introduzida na videira. Apesar do parâmetro de exposição AOT40 ser o utilizado na legislação Europeia, o POD tem um maior fundamento biológico. No caso da vinha há uma ausência de funções adequadas de exposição-resposta e dose-resposta para se adaptar às diferentes Denominações de Origem e em particular em relação às diferentes castas. Estes parâmetros também devem ser considerados na avaliação dos possíveis efeitos das alterações climáticas na vinha.

A poluição atmosférica, as alterações climáticas e a resposta da vegetação estão intimamente relacionadas, mas são reduzidos os estudos de modelação que incorporam as possíveis interações entre estes três aspetos. Tanto a vegetação como o ser humano não respondem impassivelmente às mudanças nos campos agrícolas. A videira pode responder com um adiantamento fenológico a condições de maior heliotermicidade, e o Homem adapta-se através de novas práticas de cultivo, como a seleção de variedades de videira mais apropriadas, o uso de irrigação, ou o uso de novos sistemas de condução. Este avanço fenológico ou o uso de irrigação pode, no entanto, aumentar o risco do efeito fitotóxico do ozono na videira.

Em síntese, o projeto DOUROZONE avaliou pela primeira vez o risco de exposição da vinha duriense ao ozono troposférico, em clima presente e em cenários de alteração climática. Constata-se, apesar das incertezas, uma perda de produtividade e de diminuição dos teores de açúcares das uvas, devido aos elevados níveis de ozono troposférico na RDD. Em cenário de alteração climática, esses efeitos poderão não ser tão evidentes, caso haja uma redução relevante de emissões de gases para a atmosfera.

O projeto permitiu ainda confirmar que a exposição não é a métrica mais adequada para avaliar o efeito do ozono na vinha, pois não considera a resposta da própria planta às condições meteorológicas e de stresse ambiental. Sugere-se, como trabalho futuro, um estudo aprofundado da relação dose-resposta, baseado em monitorização da vinha duriense e acompanhado por trabalho de modelação, que permita alargar o âmbito dos resultados obtidos com o trabalho experimental de campo.





universidade de aveiro  
theoria poiesis praxis



ipb  
INSTITUTO POLITÉCNICO  
DE BRAGANÇA

Cofinanciado por:



UNIÃO EUROPEIA  
Fundo Europeu  
de Desenvolvimento Regional

**FCT** Fundação para a Ciência e a Tecnologia  
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR