



WUE toolkit

Uma ferramenta para avaliar a adaptabilidade das castas às condições ambientais

Cristina Máguas
(cmhanson@fc.ul.pt)

Cristina Antunes, João Jacinto
Joana Jesus, Andreia Anjos, Rodrigo Maia, Catarina Costa 🍇

Miguel Damásio
José Silvestre

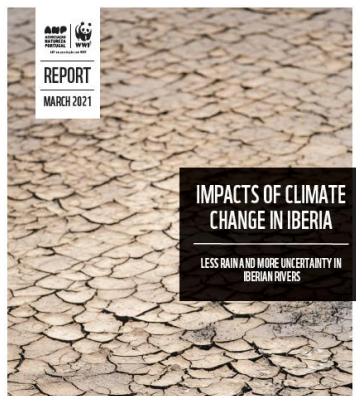




Sumário

- **Breve Introdução** : *O conceito de Eficiência do Uso da Água – WUE (cultura)*
- A aplicação dos isótopos estáveis como uma ferramenta de avaliação da adaptabilidade ao stress hídrico
- O caso particular das variedades do “Wineclimadapt”
- Conclusões

A ESCASSEZ DE ÁGUA NA PENSINSULA IBÉRICA



"IT IS LESS LIKELY THERE WILL BE ENOUGH WATER FOR RIVERS, AQUIFERS AND RESERVOIRS IN THE IBERIAN PENINSULA IN THE NEAR FUTURE"

A FUTURE WITH LESS WATER

Most studies on climate change point to the Mediterranean Region, and in particular the Iberian Peninsula, as a critically vulnerable territory (e.g. EEA 2017, Forster et al. 2015, Ciscar et al. 2014). Uncertain seasonal patterns, increasing temperatures and reduced rainfall will combine to cause a growing risk of water scarcity, along with more frequent droughts, heatwaves, flash floods, wildfires, coastal erosion and progress of desertification due to reduced soil humidity (CEDEX, 2017).

These risks will particularly impact the Peninsula's freshwater resources and ecosystems, already affected by regional scarcity, excessive demand and abstraction, river fragmentation and pollution. As a result, our water sources and allocation systems are already under stress, and the near future will bring greater challenges if we do not change our management and relation with rivers, wetlands and aquifers.

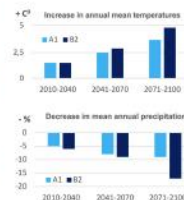
WHAT WILL HAPPEN TO THE CLIMATE?

Country profiles published by the OECD (2013) already pointed to the most significant climate trends that remain valid in the present. The main changes and trends observed for both Portugal and Spain include:

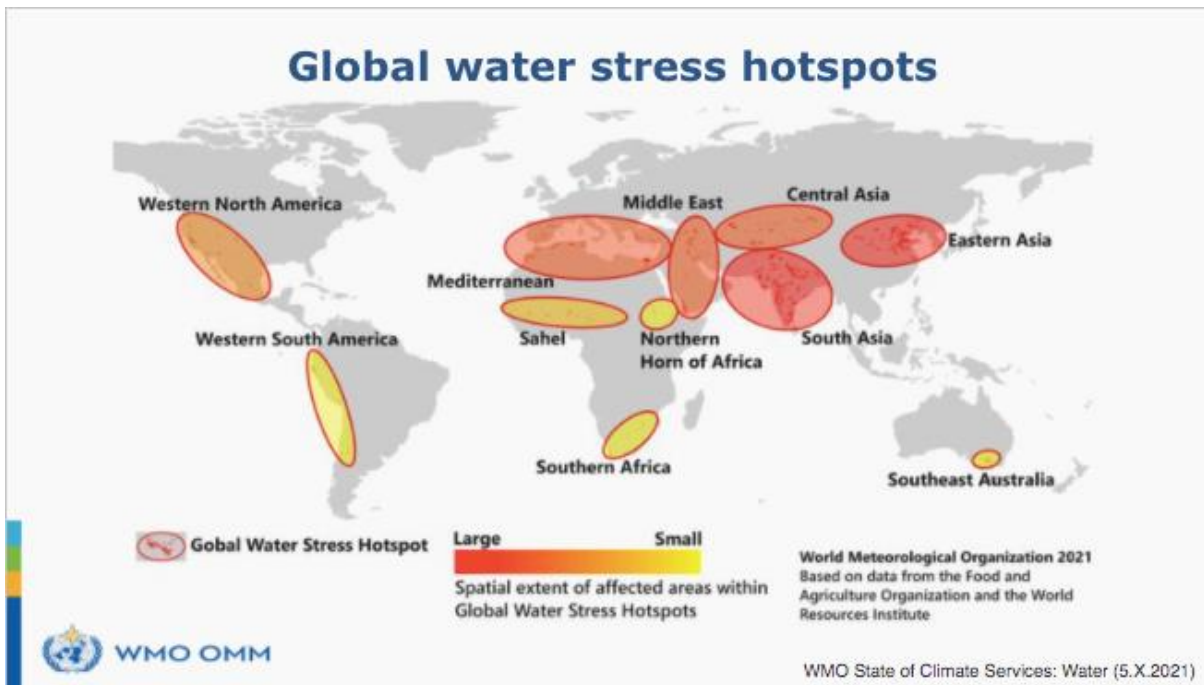
- General increase in temperature over the 20th century of a much greater magnitude than the global average, and more accentuated in winter.
- Rainfall showed a downward trend over the 20th century, especially in the south. However, given the high variability of rainfall, no precise trend is yet clear for the 21st century.
- Frequency of longer droughts has increased over the last 4 decades.

Based on two different Greenhouse Gas (GHG) emission scenarios (A2 and B2), the main projected impacts include:

- Overall increase in annual mean temperature and greater differences are expected during the spring and summer, possibly reaching up to 7°C in the summer season for North-western regions.
- Decrease in mean annual precipitation, but some projections suggest increases in rainfall in the eastern Iberian Peninsula during the period 2031-40.

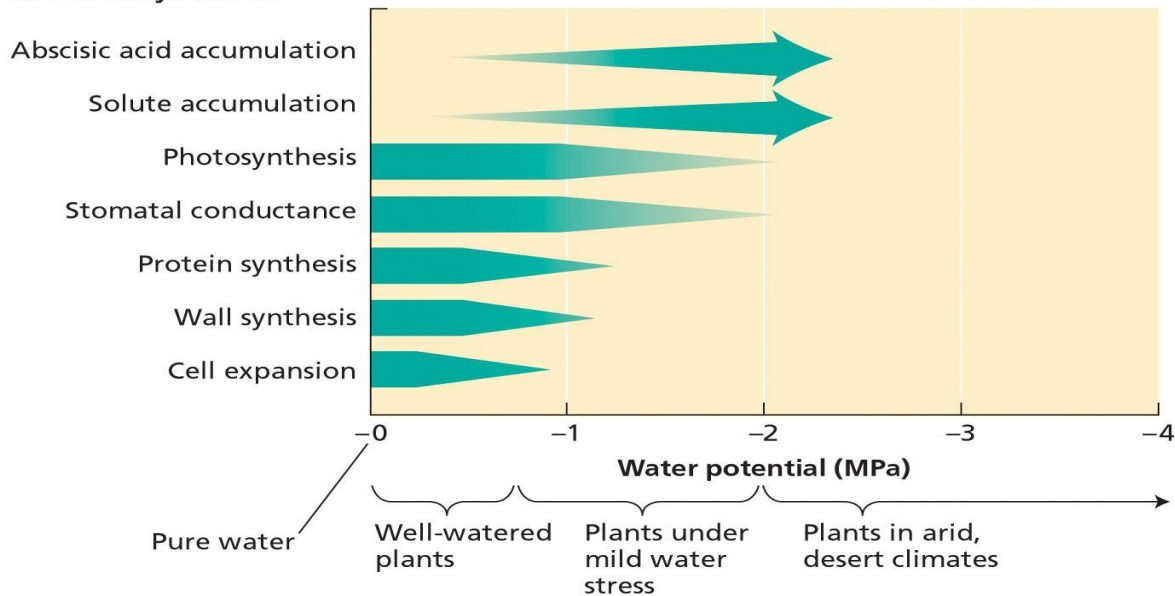


A ESCASSEZ DE ÁGUA A NÍVEL GLOBAL



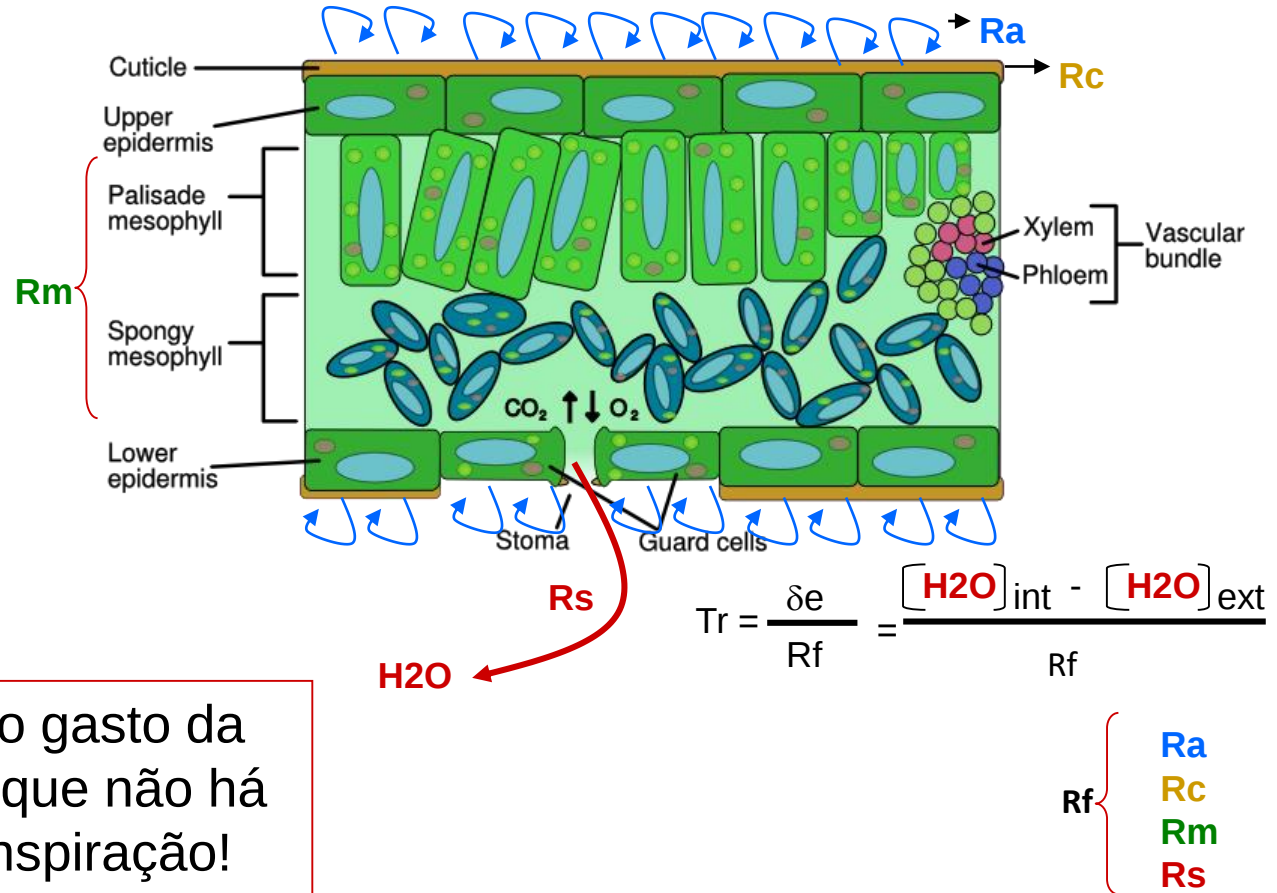
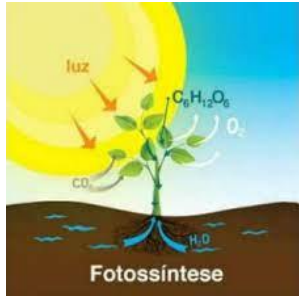
O impacto da seca no metabolismo das plantas

Physiological changes
due to dehydration:



PLANT PHYSIOLOGY, Third Edition, Figure 3.12 © 2002 Sinauer Associates, Inc.

Trocas Gasosas ao nível da folha



O grande problema do gasto da água na agricultura, é que não há fotossíntese sem transpiração!

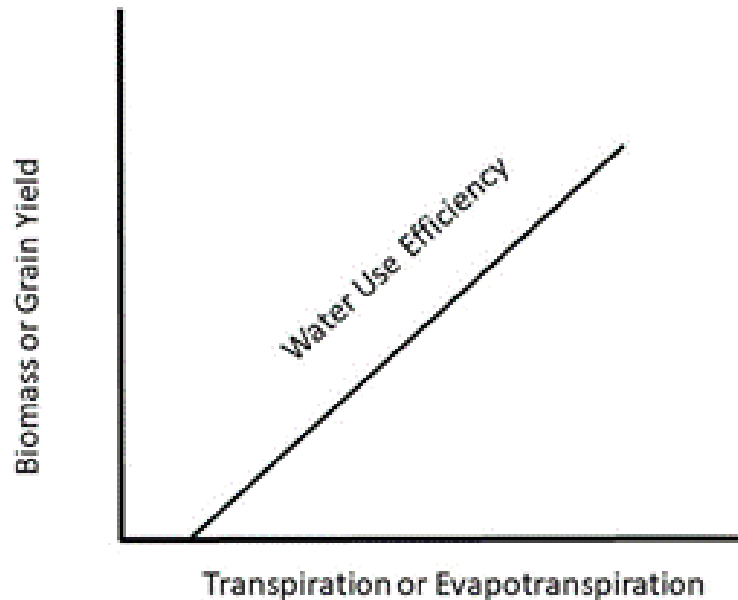
Eficiência do uso da Água (WUE)

$$W = \frac{A}{E} = \frac{p_a (1 - \frac{p_i}{p_a})}{1.6(e_i - e_a)}$$

Ao nível da folha

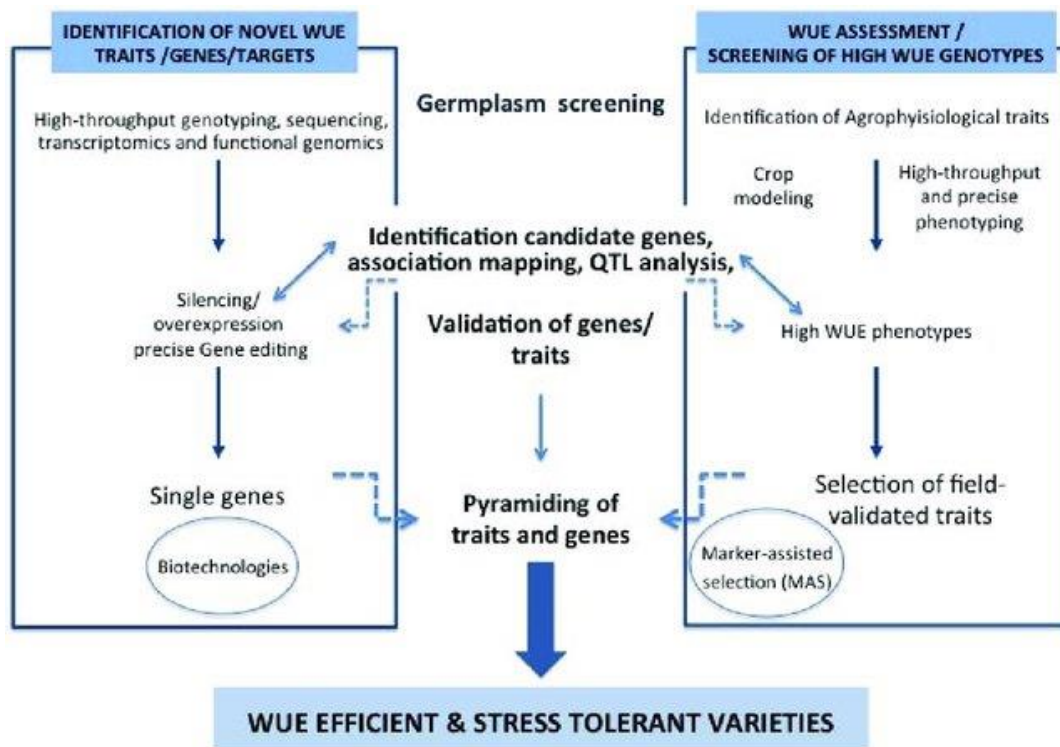
$$WUE = \frac{A}{E} \frac{(1 - \Phi_c)}{(1 + \Phi_w)}$$

Ao nível da planta



Front. Plant Sci., 19 February 2019
Sec. Plant Physiology
<https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00103>

WUE- uma *Tool* para a seleção de variedades



nuggero et al., 2019

^2H ^{13}C ^{18}O ^{15}N ^{34}S stable isotopes

Element	Isotope	Abundance (%)
Carbon	^{12}C	98.89
	^{13}C	1.11
Nitrogen	^{14}N	99,63
	^{15}N	0,37
Hydrogen	^1H	99,98
	^2H	0,02
Oxygen	^{16}O	99.759
	^{18}O	0.204

$$\delta^{13}\text{C} [\text{‰}] = \left(\frac{\left(\frac{^{13}\text{C}}{^{12}\text{C}} \right)_{\text{SAMPLE}}}{\left(\frac{^{13}\text{C}}{^{12}\text{C}} \right)_{\text{STANDARD}}} - 1 \right) * 1000$$

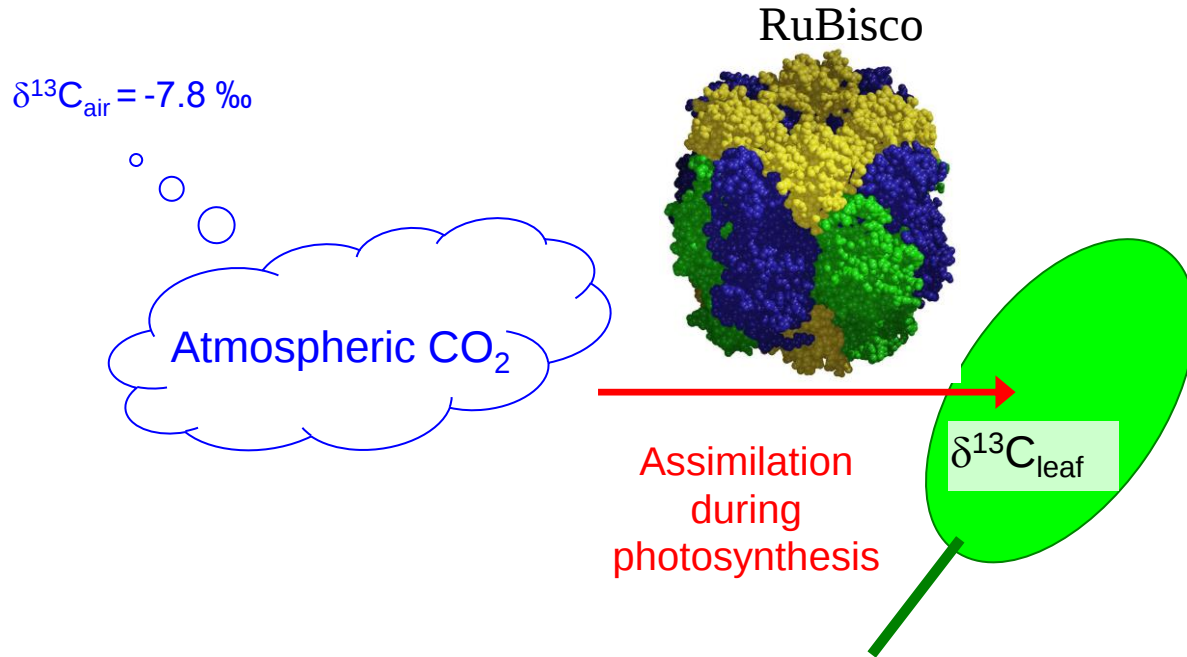
For Carbon **PDB** = 1.12372‰

For Oxygen **VSMOW** = 0.20052‰

After Hayes, 1983

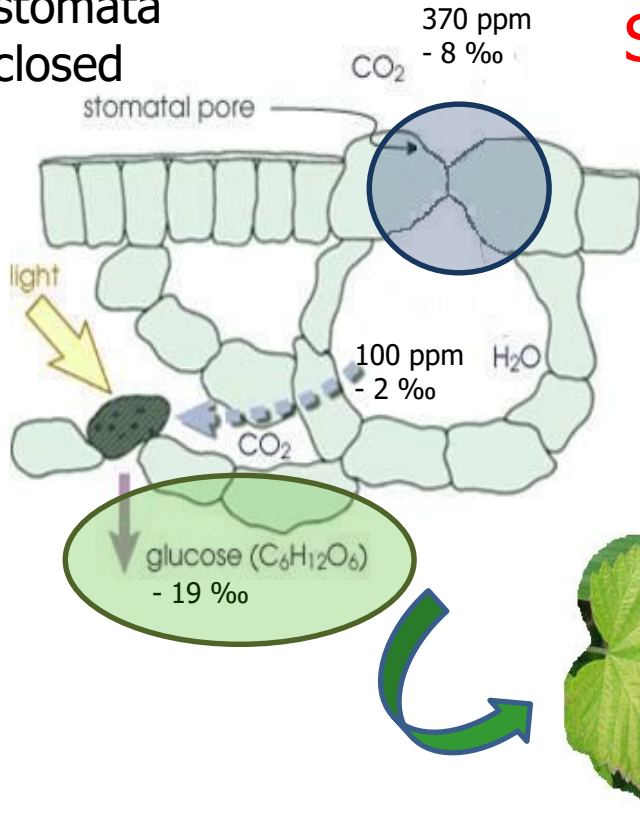
Os isótopos **integram, indicam, registram e rastreiam** processos fundamentais através do fracionamento isotópico (por exemplo, enzimas, metabolismo, altitude, temperatura, uso da terra, origem geográfica)

$\delta^{13}\text{C}$



$\delta^{13}\text{C}$ nas plantas em C3 (e.g. videira)

stomata
closed

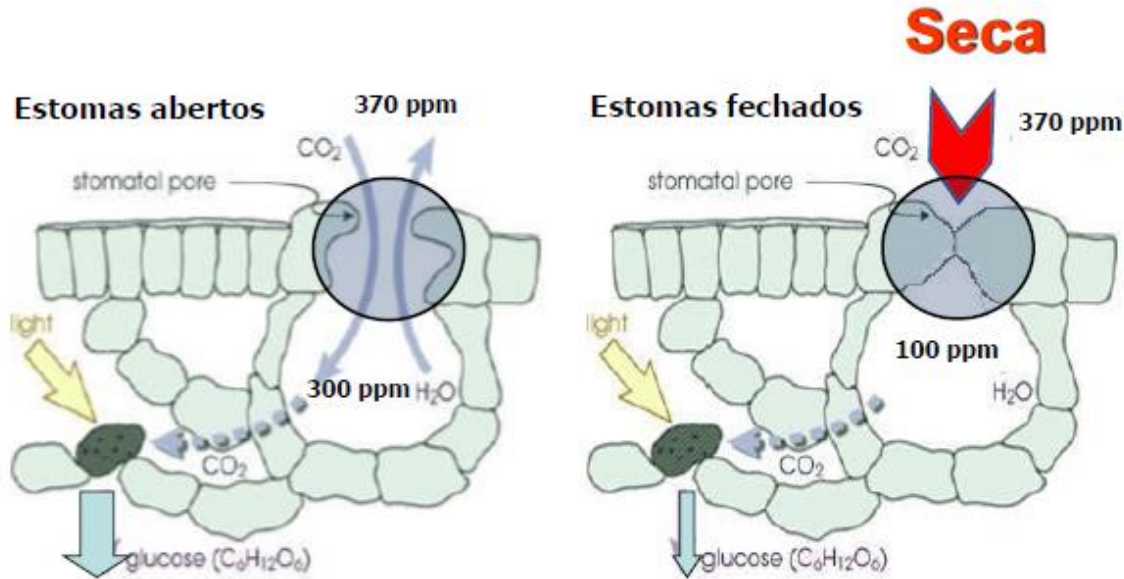


SECA

O resultado isotópico final
depende do modo como a
fotossíntese decorreu

$\delta^{13}\text{C}$ da matéria
orgânica depende da
fisiologia da planta

$\delta^{13}\text{C}$ nas plantas em C3 (e.g. videira)



Transpiração aumenta
Fotossíntese aumenta

Transpiração diminui
Fotossíntese diminui

$\delta^{13}\text{C}$ glucose +25%

$\delta^{13}\text{C}$ glucose +19%

$\delta^{13}\text{C}$ na matéria orgânica pode ser usado para avaliar o WUE

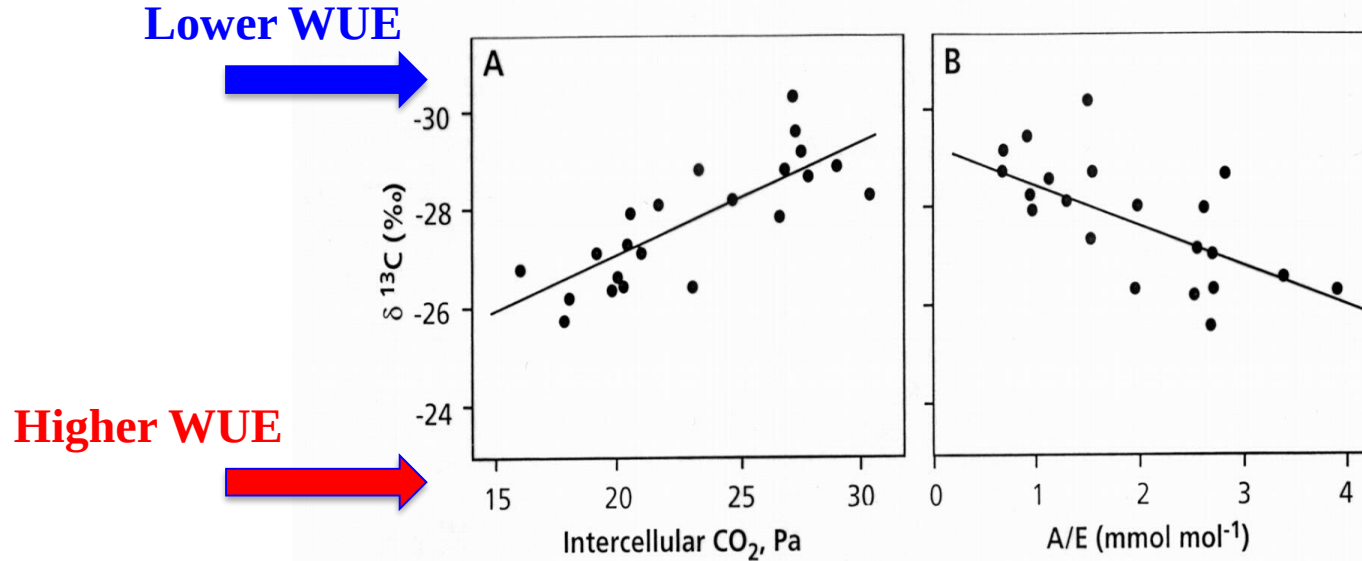
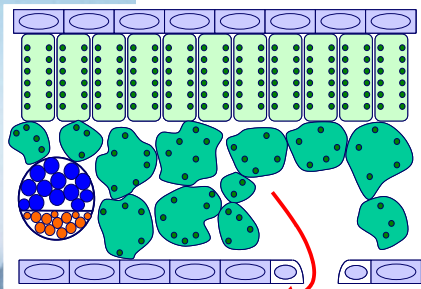


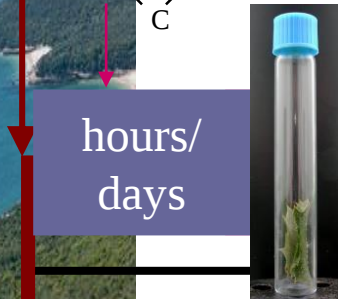
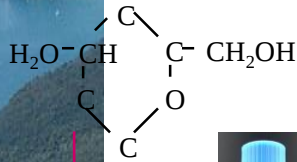
FIGURE 36. The relationship between carbon isotope composition ($\delta^{13}\text{C}$) and (A) average intercellular CO_2 concentration, and (B) daily photosynthetic water-use efficiency, assimilation/transpiration (A/E). The data points refer to

mistletoes and host plants in central Australia (Reprint with permission from Ehleringer et al. 1985). Copyright 1985 American Association for the Advancement Science.

(In Lambers et al., 2000)



Online, instantaneous Δ



Respired CO_2



Bulk organic material



Cellulose

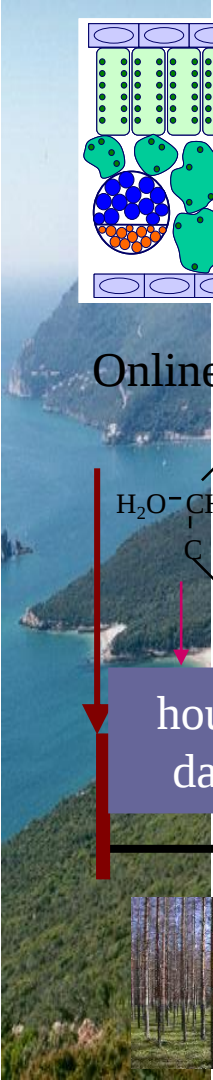
hours/
days

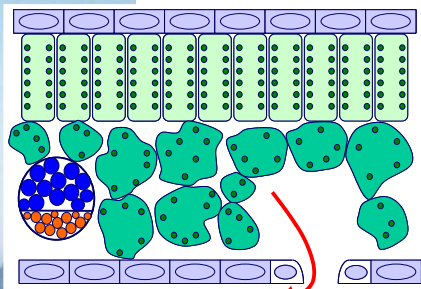
Months

years

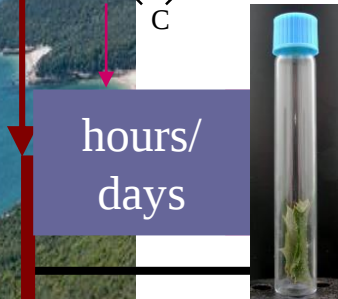
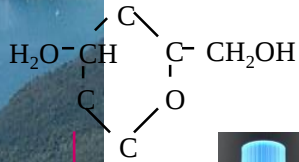
TIME

phloem sap





Online, instantaneous Δ



Respired CO_2



Bulk organic material

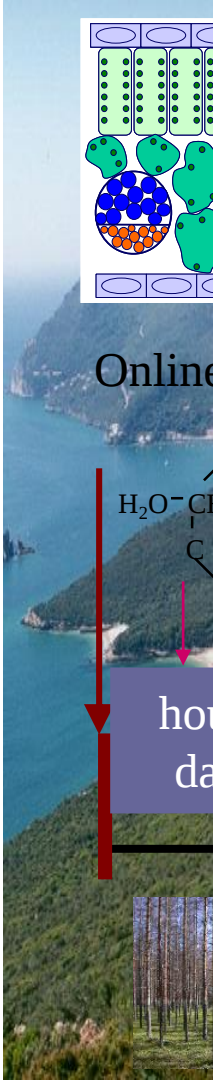


Cellulose



TIME

phloem sap



OBJETIVOS



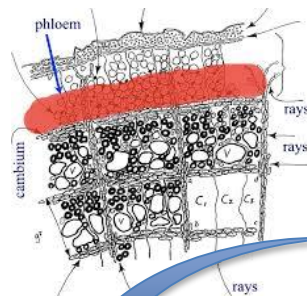
Conhecer melhor os efeitos da seca na fisiologia da videira, particularmente WUE, e explorar novas proxies que possam revelar variedades adaptadas à seca.

- Quais os padrões de $\delta^{13}\text{C}$ (refletindo a WUE) de variedades de videira europeias, em condições não irrigadas (sequeiro) sob um contexto climático mediterrâneo,
- Qual a contribuição da origem das variedades nas assinaturas isotópicas ($\delta^{13}\text{C}$) para potenciais ajustes à seca,
- Existe ou não uma relação entre $\delta^{13}\text{C}$ no sumo da baga e no floema, e se este último pode ser uma ferramenta complementar para discriminar variedades com elevada WUE (e potencialmente melhor adaptadas à seca).

AMOSTRAGEM

- 172 variedades disponíveis no campo amplográfico (com e sem rega (n=1032))
- Amostragem de amostras de Floema durante Agosto
- Amostragem dos bagos no final do periodo de maturação (n=1032)

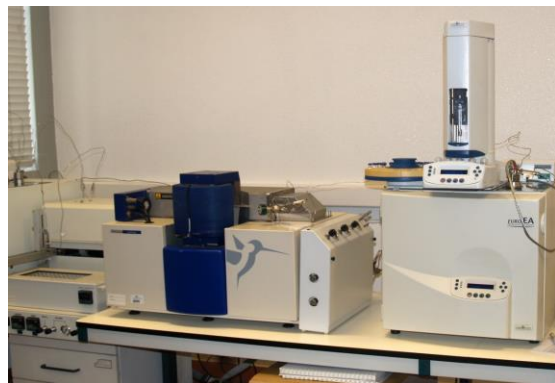
FLOEMA



BAGOS



Análise por IRMS



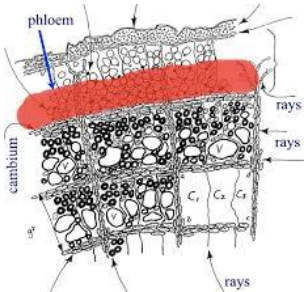
BAGOS



PORQUÊ BAGOS

As uvas são um sumidouro de carbono extremamente eficiente, integrando as condições fotossintéticas durante todo o período de maturação e são consideradas um indicador adequado a longo prazo da WUE da planta em algumas castas de videira

FLOEMA



PORQUÊ FLOEMA

Considerando que $\delta^{13}\text{C}$ de matéria orgânica solúvel em água no floema contém carbono recentemente assimilado e espera-se que responda mais dinamicamente às condições ambientais (de curto prazo) e às características das espécies. A seiva do floema $\delta^{13}\text{C}$ tem o potencial de ser um traçador integrador de mudanças em todo o nível do dossel e uma ferramenta para estimar as taxas de assimilação de carbono no nível do dossel e a condutância estomática da planta inteira.

RESULTADOS

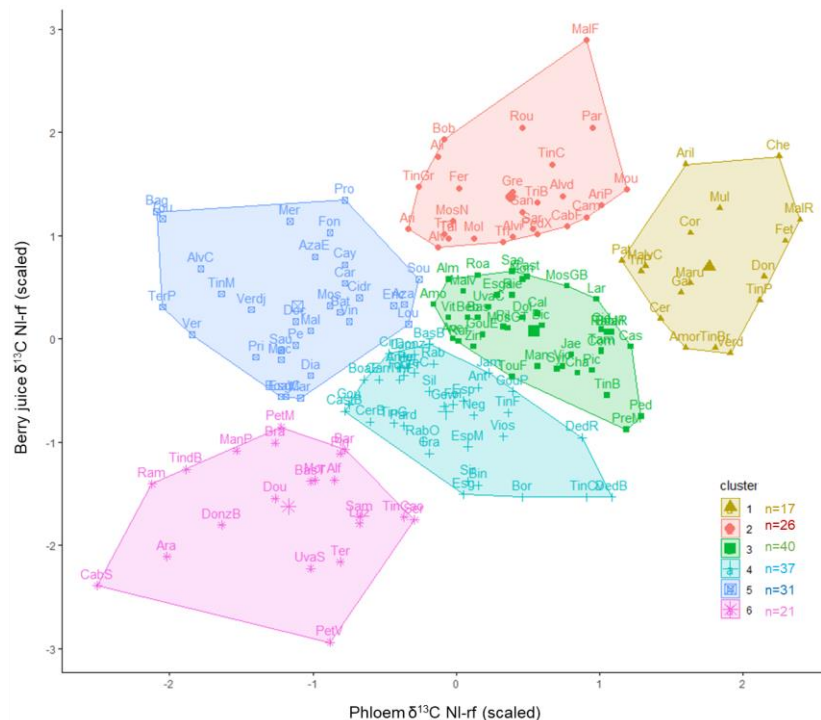


Table . Grapevine varieties (name; grape color: R=red, W=white; and code), grouped by $\delta^{13}\text{C}$ patterns (see clusters in Fig. 1).

Cluster 1 and 2		Cluster 3		Cluster 4		Cluster 5 and 6	
Variety	Code	Variety	Code	Variety	Code	Variety	Code
Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor	Almadia W	Alm	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor
Amor do Interior W	Ani	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor
Cercal W	Cor	Avesa W	Bas	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor
Chenin W	Che	Bastardo R	Bas	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor
Coropio N	Cor	Beba W	Beb	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor
Dona Branca W	Don	Bical W	Bic	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor
Feteasca Alba W	Fet	Boal Ratinho W	BoaR	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor
Galego Dourado W	Gal	Caladoc R	Cal	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor
Malvesia Rei W	MalR	Cascal W	Cas	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor
Malvesia Cândida W	MalC	Castello R	Cast	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor
Marulo R	Maru	Chacelas W	Cha	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor
Muller Thurgau W	Mul	Cidadele R	Cid	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor
Palona R	Pal	Conleito R	Con	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor
Tinta Bragão R	TinB	Dolcetto R	Dol	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor
Tinta Pomar R	TinP	Espanoso W	Espa	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor
Tinca de Pratas W	TinP	Gouveio Estimado W	GouE	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor
Verdeho W	Verd	Jaen R	Jae	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor
		Larillo W	Lar	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor
		Malvesia W	Malv	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor
		Manteúdo W	Man	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor
		Morredro R	Mon	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor
		Moscato Galego W	MosGB	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor
		Moscato Galego R	MosGT	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor
		Negra Mole R	Neg	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor
		Pardina W	Pard	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor
		Pilongo R	Pil	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor
		Preto Martinho R	PreM	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor
		Rabigato Moreno W	RabM	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor
		Riesling W	Rie	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor
		Roal R	Roa	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor
		Ruete R	Ruf	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor
		São Mamede W	Sao	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor
		Syrac R	Syr	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor
		Tamarez W	Tam	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor
		Tinta Barroca R	TinB	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor
		Touja Fêmea R	TouF	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor
		Uva Cão W	UvaC	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor
		Viosinho W	Vios	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor
		Vital W	Vit	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor
		Zinfandel R	Zin	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor	Amor-Rab-Me-Deixes R	Amor

Os ajustes de eficiência do uso da água (WUE) sob stresse hídrico foram feitos independentemente da origem climática.

Figure – Grapevine varieties (n=172) assigned to clusters based on berry juice and phloem carbon isotope composition ($\delta^{13}\text{C}$) under no irrigation rain-fed (NI-rf) conditions (see varieties names in Table 1).

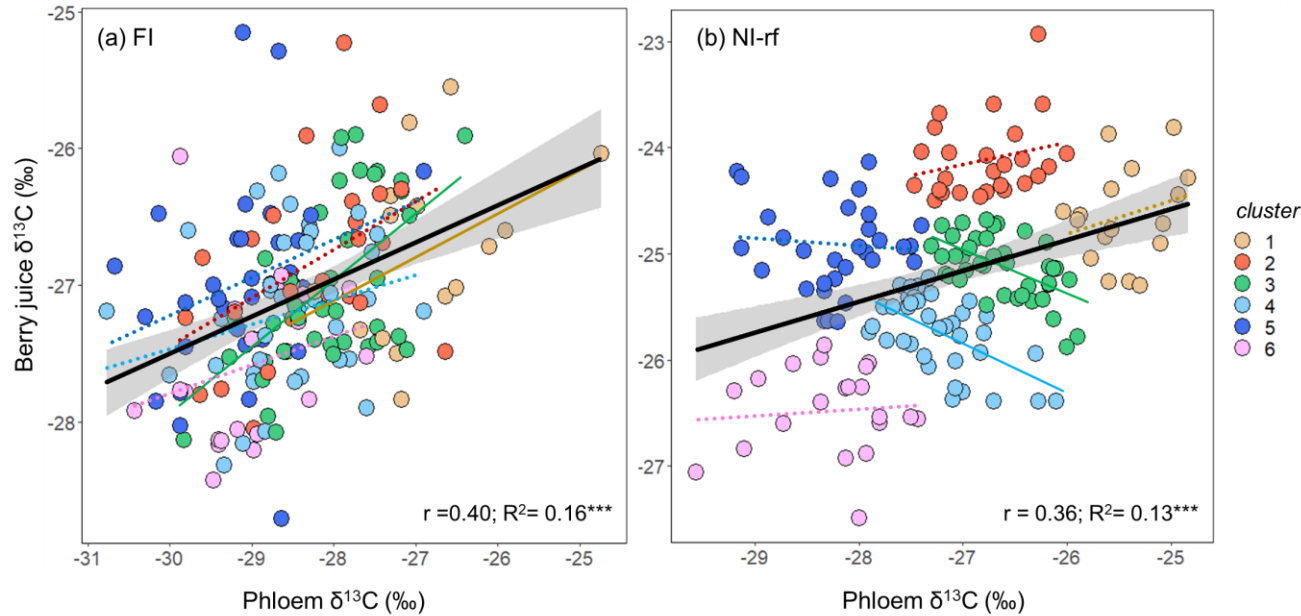
Table . Grapevine varieties (name; grape color: R=red, W=white; and code), grouped by $\delta^{13}C$ patterns (see clusters in Fig. 1).

Cluster 1 and 2		Cluster 3		Cluster 4		Cluster 5 and 6	
Variety	Code	Variety	Code	Variety	Code	Variety	Code
Amor-Não-Me-Deixes R	Amor	Alm	Alm	Amaral R	Am	Alvarelhão Ceitão R	AlvC
Arinto do Interior W	Aril	mostrinha R	Arno	Antão Vaz W	Ant	Azal W	Aza
Cercial W	Cer	veço W	Ave	Bastardo Branco W	BasB	Azal Espanhol R	AzaE
Chenin W	Che	astardo R	Bas	Binzele W	Bin	Baga R	Bag
Corropio N	Cor	eba W	Beb	Boal Espinho W	BoaE	Batoca W	Bat
Dona Branca W	Don	ical W	Bic	Borraçal R	Bor	Boal Vencedor W	BoaV
Feteasca Alba W	Fet	pal Ratinho W	BoaR	Carrasquenho R	Carr	Carignan R	Car
Galego Dourado W	Gal	eladoc R	Cal	Castelão Branco W	CastB	Cayetana W	Cay
Malvasia Rei W	MalR	ascal W	Cas	Cerceal Branco W	CerB	Cidreiro R	Cidr
Malvasia Cândida W	MalvC	astelão R	Cast	Cinsaut R	Cin	Diag Alves W	Dia
Marufo R	Maru	hacelas W	Cha	Dedo de Dama W	DedB	Doçal W	Doc
Muller Thurgau W	Mul	dadelfhe R	Cid	Dedo de Dama R	DedR	Encruzado W	Enc
Patorra R	Pat	omifester R	Corn	Donzelinho R	DonzT	Esgana Cão W	EsgC
Tinta Bragão R	TinBr	plcetto R	Dol	Esganinho W	Esg	Fonte Cal W	Fon
Tinta Pomar R	TinP	sganoso W	Esga	Espadeiro R	Esp	Loureiro W	Lou
Trincadeira das Pratas W	TriP	ouveio Estimado W	GouE	Espadeiro Mole R	EspM	Macabeo W	Mac
Verdelho W	Verd	en R	Jae	Folgasão W	Fol	Malbec R	Mal
		rião W	Lar	Gewurtztraminer W	Gew	Marselan R	Mar
		alvasia W	Malv	Gouveio W	Gou	Merlot R	Mer
		anteúdo W	Man	Gouveio Preto R	GouP	Moscatel Graúdo W	Mos
		onvedro R	Mon	Granhão W	Gra	Pé Comprido W	Pe
		oscatel Galego W	MosGB	Jampal W	Jam	Prieto Picudo R	Pri
		oscatel Galego R	MosGT	Lameiro W	Lam	Prosecco W	Pro
Alicante Bouschet R	Ali						
Alvarelhão R	Alv						
Alvadurão W	AlvD						
Alvarinho W	Alv						
Arinto W	Ari						
Arinto do Pico W	AriP						
Bobal R	Bob						
Cabernet Franc R	CabF						
Camarate R	Cam						
Fernão Pires W	Fer						
Grenache R	Gre						
Malvasia Fina W	MalF						
Molar R	Mol						
Moscatel Nunes W	MosN						
Mourisco Branco W	Mou						
Parellada W	Par						
Pedro Ximenez W	PedX						
Roupeiro Branco W	Rou						
Sangiovese R	San						
Sarigo W	Sar						
Tália W	Tal						
Tinta Caiada R	TinC						
Tinta Grossa R	TinGr						
Trajadura W	Tra						
Trincadeira R	Tri						
Trincadeira Branca W	TriB						

Cluster 1 and 2	
Variety	Code
Amor-Não-Me-Deixes R	Amor
Arinto do Interior W	Aril
Cercial W	Cer
Chenin W	Che
Corropio N	Cor
Dona Branca W	Don
Feteasca Alba W	Fet
Galego Dourado W	Gal
Malvasia Rei W	MalR
Malvasia Cândida W	MalvC
Marufo R	Maru
Muller Thurgau W	Mul
Patorra R	Pat
Tinta Bragão R	TinBr
Tinta Pomar R	TinP
Trincadeira das Pratas W	TriP
Verdelho W	Verd

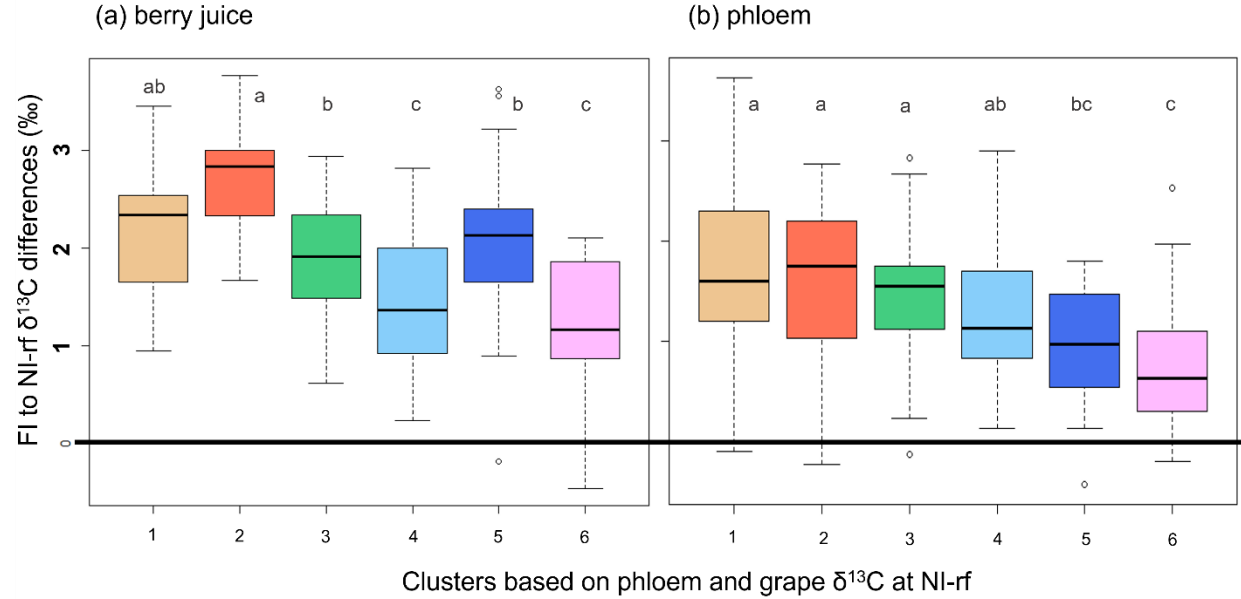
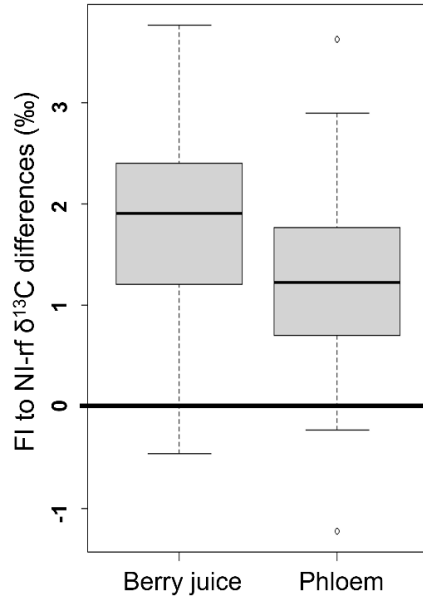
Variety	Code
Alicante Bouschet R	Ali
Alvarelhão R	Alv
Alvadurão W	AlvD
Alvarinho W	Alv
Arinto W	Ari
Arinto do Pico W	AriP
Bobal R	Bob
Cabernet Franc R	CabF
Camarate R	Cam
Fernão Pires W	Fer
Grenache R	Gre
Malvasia Fina W	MalF
Molar R	Mol
Moscatel Nunes W	MosN
Mourisco Branco W	Mou
Parellada W	Par
Pedro Ximenez W	PedX
Roupeiro Branco W	Rou
Sangiovese R	San
Sarigo W	Sar
Tália W	Tal
Tinta Caiada R	TinC
Tinta Grossa R	TinGr
Trajadura W	Tra
Trincadeira R	Tri
Trincadeira Branca W	TriB

Identificámos de entre 172, as variedades que fizeram os maiores ajustes de seca (maior WUE).



Houve uma elevada correlação entre o sumo da baga e as assinaturas isotópicas ($\delta^{13}\text{C}$) do floema.

Figure – Correlations between carbon isotopic composition ($\delta^{13}\text{C}$, ‰) of berry juice and phloem for 172 different grapevine varieties, subjected to two water treatments: (a) Full irrigated (FI) and (b) Non-irrigated rainfed (NI-rf). Linear fit (with full lines when statistically significant and a dashed line when the trend was not statistically significant) for all varieties (black line, and Pearson coefficient of correlation r and coefficient of determination R^2) and for each group (colored lines). Note that y-axis has different scales in (a) and (b).



Figures – Boxplots of the differences between the two water treatments: full irrigation (FI) and no-irrigation rain rainfed conditions (NI-rf), considering the carbon isotopic composition ($\delta^{13}\text{C}$, ‰) of berry juice and phloem for the 6 clusters generated (see Fig. 1). Different letters represent significant differences ($p<0.05$) among clusters and open dots the outliers.

As variedades apresentaram não só diferenças na WUE, mas também um maior fecho estomático em condições de seca

Conclusões

- Através do estudo de um grande número de castas (172), sob clima mediterrânico e dois tratamentos hídricos, demonstrámos a grande plasticidade fisiológica das castas.
- Esta plasticidade pode permitir que as videiras mantenham a produtividade e a qualidade sob gestão sustentável da água (sem irrigação artificial), particularmente sob um clima do tipo mediterrâneo.
- Ajustes de WUE à seca foram comuns entre as variedades, mas muito mais pronunciados em certas variedades □ grande regulação estomática destacada pelo alto floema $\delta^{13}\text{C}$ em condições de sequeiro não irrigadas e aumento do enriquecimento de ^{13}C ao comparar irrigação total com condições não irrigadas.
- Estes resultados reforçam a importância das medidas isotópicas no floema ($\delta^{13}\text{C}$) como uma ferramenta promissora complementar para avaliar as respostas de curto e longo prazo (sazonal e anual) à seca em videiras.

Assinatura isotópica de carbono do floema como uma *TOOL* valiosa para avaliar os ajustes fisiológicos entre castas europeias de videira sob um clima mediterrânico

OBRIGADA



Global Change & Sustainability Institute