

**ALESSANDRO GOMES DA SILVA**

**SELEÇÃO DE PORTA-ENXERTOS DE VIDEIRA TOLERANTES AO DÉFICIT  
HÍDRICO**

**RECIFE – PE**

**2022**

**ALESSANDRO GOMES DA SILVA**

**SELEÇÃO DE PORTA-ENXERTOS DE VIDEIRA TOLERANTES AO DÉFICIT  
HÍDRICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Agronomia – Melhoramento Genético de Plantas, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Melhoramento Genético de Plantas.

**Linha de Pesquisa:** Avaliação e Caracterização Vegetal.

**Orientadora:** Profa. Dra. Rosimar dos Santos Musser

**Coorientadores:** Profa. Dra. Cláudia Ulisses de Carvalho Silva

Dra. Patrícia Coelho de Souza Leão

**RECIFE – PE**

**2022**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- S586s Silva, Alessandro Gomes da  
Seleção de porta-enxertos de videira tolerantes ao déficit hídrico / Alessandro Gomes da Silva. - 2022.  
68 f.
- Orientadora: Rosimar dos Santos Musser.  
Coorientadora: Patrícia Coelho de Souza Leao.  
Inclui referências e anexo(s).
- Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em  
Agronomia - Melhoramento Genético de Plantas, Recife, 2023.
1. Estresse hídrico. 2. Viticultura. 3. Tolerância à seca. 4. Osmorregulação. 5. Fisiologia. I. Musser,  
Rosimar dos Santos, orient. II. Leao, Patrícia Coelho de Souza, coorient. III. Título

CDD 581.15

---

**SELEÇÃO DE PORTA-ENXERTOS DE VIDEIRA TOLERANTES AO DÉFICIT  
HÍDRICO**

ALESSANDRO GOMES DA SILVA

Avaliado e aprovado em 21 de outubro de 2022.

BANCA EXAMINADORA

---

Profa. Rosimar dos Santos Musser - Orientadora  
Depto. de Agronomia – UFRPE

---

Dr. Agnaldo Rodrigues de Melo Chaves  
Embrapa Semiárido

---

Prof. Antônio Francisco de Mendonça Júnior  
Depto. de Agronomia – UFRPE

Recife – PE  
2022

Dedico aos meus pais Moacir e Sílvia, por sempre se esforçarem ao máximo e acreditarem em mim até o fim, sempre com carinho, amor, incentivo e apoio.

“Não importa quanto a vida possa ser ruim, sempre existirá algo que você pode fazer, e triunfar. Enquanto há vida, há esperança.”

Stephen Hawking

“A ciência sem a religião é manca, a religião sem a ciência é cega.”

Albert Einstein

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, em especial, nessa minha jornada de aprendizado a minha família, por todo o incentivo e dedicação para que nunca me faltasse nada e pelos seus sacrifícios para que eu continuasse me preocupando somente com os estudos.

Aos meus familiares por todo apoio, carinho, incentivo, amor, orientação, conselhos, por sempre me auxiliar e acreditar nos meus objetivos.

Ao Laboratório de Fisiologia e Bioquímica, em especial, a Larisse, a Francismary, o Wellington chefe de laboratório, aos estagiários de pesquisa e a todos que ajudaram e ensinaram coisas que levarei para toda a vida.

Aos amigos que fiz nesta breve vida, Marilene, Mariana, Bruno, Carmem e o Rezano, e demais estagiários do LAFNEMA, da época de meu estágio PIBIC e que de certa forma ajudaram e incentivaram na minha jornada e escolha por continuar no meu trajeto e fazer o mestrado.

As minhas orientadoras, Cláudia, Patrícia e Rosimar, por toda a paciência, auxílio, direcionamento e instrução. Sem a ajuda de vocês, esse trabalho não seria possível.

Ao meu amigo Ezildo, um exemplo de amizade, que me deu sua companhia, incentivo e amizade durante toda esta fase em que eu fui seu colega de quarto, sempre levando leveza e alegria ao ambiente, além de incentivar meu lado fitness.

Aos meus amigos, Breno, Gabriela e Thayna, com uma amizade construída desde o Ensino Médio, pelo incentivo e por sempre compartilhar as coisas boas dessa vida.

Aos amores da minha vida, o Alex e a Summer, que serão meus eternos “host-parents”, por me apoiarem mesmo estando tão longe. Também a Roberta que a estrada da vida sabiamente colocou em meu caminho, sempre com melhores conselhos e sua enorme compaixão, uma pessoa incrível e sempre solidária.

Agradeço a todas as instituições públicas, em especial as que estudei, que me proporcionaram a realização desse curso de mestrado.

Por fim a todos aqueles que acreditaram e contribuíram, de forma direta e indireta para a finalização deste trabalho.

Muito obrigado!

## RESUMO

Na região semiárida, o clima predominante tem como característica, períodos longos sem precipitação, promovendo o déficit hídrico, o qual é um dos fatores abióticos que mais tem contribuído para redução da produção no campo, por vezes acarretando queda na produtividade em videiras. O melhoramento genético vegetal tem sido uma das principais estratégias para mitigar o prejuízo causado por estresse abiótico como déficit hídrico, por meio de diversos estudos para obtenção de porta-enxertos com tolerância ao estresse hídrico. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo selecionar porta-enxertos de videira tolerantes ao déficit hídrico com base na biomassa aérea e radicular, teores de metabólitos primários, variáveis ecofisiológicas e pigmentos foliares. Mudanças dos porta-enxertos de videira Paulsen 1103, SO4, IAC 313, IAC 572, IAC 766, Ramsey e 101-14 MgT foram transplantadas para vasos com capacidade para 25 litros, com substrato composto por solo procedente de área cultivada com videira do Campo Experimental de Bebedouro, pertencente à Embrapa Semiárido, em Petrolina, PE. Cada porta-enxerto foi submetido a três lâminas de irrigação (100, 50 e 20% ETo) em delineamento experimental em blocos casualizados com quatro repetições e unidade experimental composta de dois vasos com uma planta cada, em esquema de parcelas subdivididas, com parcela principal sendo a lâmina de irrigação e a subparcela os porta-enxertos. Durante o período do experimento (25/08 à 31/12/2021) foram obtidas as seguintes variáveis ecofisiológicas: fotossíntese líquida (A), condutância estomática (gs), taxa de transpiração (E), a razão entre a concentração interna e externa de CO<sub>2</sub> (Ci/Ca), a eficiência intrínseca do uso da água (A/gs), a eficiência instantânea do uso da água (A/E) e temperatura foliar (Tf). Após 128 dias, foram coletadas folhas e raízes para análises das seguintes variáveis: biomassa aérea e radicular, clorofilas totais (a e b), carotenoides, teor de carboidratos solúveis totais, sacarose e prolina. Características bioquímicas, de biomassa e relacionadas as trocas gasosas foram utilizadas para a seleção dos melhores porta enxertos quanto a tolerância a seca por meio de PCA e análise de variância. A redução da disponibilidade hídrica no solo para 20% e 50% ETo proporcionou redução de fotoassimilados e trocas gasosas durante o período do experimento e todos porta-enxertos de videira estudados responderam diferentemente em relação aos pigmentos fotossintéticos, a produção de sacarose e prolina, tanto foliar quanto radicular, quando em menor disponibilidade hídrica, principalmente no grupo de porta-enxertos IAC. 'IAC 313' e 'IAC 766' destacaram-se pela maior síntese de prolina nas raízes, a 'IAC 766' apresentou melhor resultado para síntese de sacarose foliar, enquanto 'Paulsen' se destacou em prolina foliares e em carotenoides e razão clorofilas totais/carotenoides. Com relação a valores de A e E, com destaque para os porta-enxertos '101-14 MgT', 'Paulsen 1103' e 'Ramsey' que ao longo das medições demonstraram bons resultados e destacaram-se, principalmente em condições de menor disponibilidade hídrica, apresentando assim maior tolerância. É possível concluir que os porta-enxertos 'IAC 313', 'IAC 766' e 'Paulsen 1103' apresentaram melhor desempenho para metabólitos primários, biomassa aérea, pigmentos e trocas gasosas, que constituem importantes estratégias de adaptação ao déficit hídrico. Os resultados obtidos trazem importantes contribuições para a escolha e utilização de porta-enxertos no Submédio do Vale do São Francisco especialmente em condições de déficit hídrico.

**Palavras-chaves:** Estresse hídrico. Viticultura. Tolerância à seca

## ABSTRACT

### SELECTION OF VINE ROOTSTOCKS TOLERANT TO WATER DEFICIT

In the semi-arid region, the predominant climate is characterized by long periods without precipitation, promoting water deficit, which is one of the abiotic factors that has contributed the most to the reduction of production in the field, sometimes resulting in a decrease in grapevine productivity. Plant breeding has been one of the main strategies to mitigate the damage caused by abiotic stress such as water deficit, through various studies to obtain rootstocks with tolerance to water stress. Thus, this study aimed to select grapevine rootstocks tolerant to water deficit based on above and belowground biomass, primary metabolite content, ecophysiological variables, and leaf pigments. Rootstock seedlings of Paulsen 1103, SO4, IAC 313, IAC 572, IAC 766, Ramsey, and 101-14 MgT were transplanted into 25-liter pots filled with soil from an area cultivated with grapevine at the Experimental Field of Bebedouro, belonging to Embrapa Semiárido, in Petrolina, PE. Each rootstock was subjected to three irrigation depths (100, 50, and 20% ETo) in a randomized block design with four replications, and the experimental unit consisted of two pots with one plant each, in a split-plot scheme, with the main plot being the irrigation depth and the subplot the rootstocks. During the experiment period (08/25 to 12/31/2021), the following ecophysiological variables were obtained: net photosynthesis (A), stomatal conductance (gs), transpiration rate (E), the ratio of internal to external CO<sub>2</sub> concentration (C<sub>i</sub>/C<sub>a</sub>), intrinsic water-use efficiency (A/gs), instantaneous water-use efficiency (A/E), and leaf temperature (T<sub>f</sub>). After 128 days, leaves and roots were collected for analysis of the following variables: aerial and root biomass, total chlorophyll (a and b), carotenoids, total soluble carbohydrate content, sucrose, and proline. Biochemical, biomass and gas exchange characteristics were used to select the best rootstocks for drought tolerance through PCA and analysis of variance. The reduction of soil water availability to 20% and 50% ETo led to a reduction in assimilates and gas exchange during the experiment period, and all grapevine rootstocks studied responded differently to changes in photosynthetic pigments, sucrose and proline production, both in leaves and roots, especially in the IAC rootstock group. 'IAC 313' and 'IAC 766' stood out for their higher proline synthesis in the roots, 'IAC 766' showed the best result for leaf sucrose synthesis, while 'Paulsen' stood out in foliar proline and carotenoids and the total chlorophyll/carotenoids ratio. Regarding A and E values, the rootstocks '101-14 MgT', 'Paulsen 1103', and 'Ramsey' showed good results and stood out, especially under conditions of lower water availability, thus demonstrating greater tolerance. It can be concluded that the rootstocks 'IAC 313', 'IAC 766', and 'Paulsen 1103' showed better performance in terms of primary metabolites, aboveground biomass, pigments, and gas exchange, which are important adaptation strategies to water deficit. The results obtained provide important contributions for the choice and use of rootstocks in the Submédio do Vale do São Francisco, especially under conditions of water deficit.

**Keywords:** Water stress. Viticulture. Drought tolerance.

## LISTA DE ABREVIATURAS

A - Taxa de fotossíntese

ABA - Ácido abscísico

E - Taxa de transpiração

A/E - Eficiência instantânea do uso da água

A/g<sub>s</sub> - Eficiência intrínseca do uso da água

g<sub>s</sub> - Condutância estomática

K<sub>c</sub> - Coeficiente de cultura

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO E REFERENCIAL TEÓRICO

- Figura 1.** Morfologia da videira. Fonte: Benati, 2017 .....18
- Figura 2:** Mecanismo da influência do porta-enxerto na copa sob estresse hídrico. Fonte: Adaptado de Zhang et al., 2016. ....30

### CAPÍTULO II - DESEMPENHO DE PORTA ENXERTOS DE VIDEIRA EM CONDIÇÕES DE DÉFICIT HÍDRICO: RESPOSTAS NA BIOMASSA, VARIÁVEIS BIOQUÍMICAS E TROCAS GASOSAS

- Figura 1:** Registro de condições ambientais durante o experimento, medido a cada 15 dias: precipitação (Precip.) em mm; temperatura média (T média), mínima (T min) e máxima (T max) em °C; umidade relativa do ar (UR) em % e radiação solar global em MJ/m<sup>2</sup>. dia<sup>-1</sup>. Dados obtidos da Estação meteorológica do Campo Experimental de Bebedouro, Petrolina, PE, 2021. ....42
- Figura 2:** Análise de componentes principais (PCA) de características bioquímicas, biomassa e trocas gasosas de porta-enxerto: gráfico de carga fatorial dos parâmetros ao longo de PC1 e PC2 (A) e distribuição das amostras em gráficos de pontuação (B). ....47

### ANEXO

- Figura 1:** Analisador de gases a infravermelho portátil (IRGA) utilizado para mensurar as trocas gasosas, 14-09-2021. Fonte: Alessandro Silva, 2021.....62
- Figura 2:** IAC 572 no bloco 3 com lâmina de 50% da ETo, com sintomas característicos de estresse hídrico próximo ao fim do experimento, 26-11-2021. Fonte: Alessandro Silva, 2021.....63
- Figura 3:** IAC 766 no bloco 3 da lâmina com 50% da ETo, com sintomas característicos de estresse hídrico próximo ao fim do experimento, 26-11-2021. Fonte: Alessandro Silva, 2021.....64
- Figura 4:** IAC 766 no bloco 1 da lâmina com 20% da ETo, com sintomas característicos de estresse hídrico próximo ao fim do experimento, 26-11-2021. Fonte: Alessandro Silva, 2021.....65

<b>Figura 5:</b> IAC 572 no bloco 1 da lâmina com 20% da ETo, com sintomas característicos de estresse hídrico próximo ao fim do experimento, 26-11-2021. Fonte: Alessandro Silva, 2021.....	66
<b>Figura 6:</b> IAC 572 no bloco 1 da lâmina com 50% da ETo, com sintomas característicos de estresse hídrico próximo ao fim do experimento, 26-11-2021. Fonte: Alessandro Silva, 2021.....	67
<b>Figura 7:</b> 101-14 MgT no bloco 3 da lâmina com 50% da ETo, com sintomas característicos de estresse hídrico próximo ao fim do experimento, 26-11-2021. Fonte: Alessandro Silva, 2021.....	68
<b>Figura 8:</b> Experimento com as três lâminas de irrigação (20%, 50% e 100% da ETo, da esq. à dir.) próximo ao fim do experimento, 07-12-2021. Fonte: Alessandro Silva, 2021. ....	68

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO II - DESEMPENHO DE PORTA ENXERTOS DE VIDEIRA EM CONDIÇÕES DE DÉFICIT HÍDRICO: RESPOSTAS NA BIOMASSA, VARIÁVEIS BIOQUÍMICAS E TROCAS GASOSAS

<b>Tabela 1:</b> Análise química de solo nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm em área cultivada com videira.....	43
<b>Tabela 2:</b> Primeiros oito componentes da análise PCA de 23 variáveis bioquímicas, biomassa aérea e radicular e trocas gasosas analisados em sete cultivares de porta-enxerto de videira em 2021.....	45
<b>Tabela 3:</b> Médias e desvio padrão para metabolitos primários nas folhas e raízes, biomassa e pigmentos foliares dos porta-enxertos de videira, Petrolina – PE, 2021. ....	48
<b>Tabela 4:</b> Médias e desvio padrão para metabolitos primários nas folhas e raízes, biomassa e pigmentos foliares dos porta-enxertos de videira cultivados em três regimes de irrigação, Petrolina – PE, 2021.....	50
<b>Tabela 5:</b> Médias e desvio padrão para fotossíntese líquida (A) nas folhas dos porta-enxertos em sete datas avaliadas, Petrolina – PE, 2021. ....	54
<b>Tabela 6:</b> Médias e desvio padrão para transpiração (E) nas folhas dos porta-enxertos de videira em sete datas avaliadas, Petrolina – PE, 2021.....	55
<b>Tabela 7:</b> Médias e desvio padrão para transpiração (E) nas folhas dos porta-enxertos de videira em três datas avaliadas desdobradas em três manejos de irrigação, Petrolina – PE, 2021.....	56

## SUMÁRIO

RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	ix
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>15</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>17</b>
2.1 Morfologia e classificação botânica da videira.....	18
2.2 Origem e distribuição da videira.....	19
2.3 Importância Econômica e Social.....	20
2.4 Viticultura Tropical no Brasil.....	22
2.5 Melhoramento da videira no Semiárido brasileiro.....	23
2.6 Utilização de porta-enxertos na viticultura.....	25
2.7 Resposta da videira ao déficit hídrico.....	28
2.8 Porta-enxertos e seus mecanismos para tolerância a seca.....	30
<b>3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>32</b>
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>39</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>40</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>41</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>41</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>42</b>
2.1 Caracterização do ambiente.....	42
2.2 Material vegetal.....	43
2.3 Caracterização do experimento.....	43
2.4 Variáveis avaliadas.....	44
2.5 Análises estatísticas.....	45
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>45</b>
<b>4. CONCLUSÕES .....</b>	<b>56</b>
<b>5. AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>57</b>
<b>6. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>57</b>
<b>ANEXO.....</b>	<b>61</b>

## **CAPÍTULO I**

---

### **INTRODUÇÃO E REFERENCIAL TEÓRICO**

## 1 INTRODUÇÃO

A fruticultura é um dos setores que mais emprega no Brasil, sendo projetado como o setor com maior expansão por ano, tendo como resultado a admissão de 73 mil empregados em 2022 (Caged 2022). Nesse contexto, a videira destaca-se pela sua importância econômica e social. Em 2022, no Brasil, a área cultivada com videiras no país foi de 75.644 ha, com cerca de 1,5 milhões de toneladas produzidas no país, sendo a videira uma cultura de importância econômica (IBGE 2023). Já no Submédio do Vale do São Francisco a área cultivada de videira foi de 10.325 há em 2022, sendo estimado que os cultivos de uva e manga geram cerca de 100 mil empregos durante o ano, assim demonstrando tanto a importância econômica, quanto social da produção de uva (Barbosa 2019, Embrapa 2022).

A produtividade média de uvas no Vale do São Francisco é de 44 t/ha, como consequência da alta produtividade, o cultivo da videira movimenta 1,8 bilhões de reais, o que faz do Vale do São Francisco responsável por mais da metade do valor total de produção de uva que é cerca de 3 bilhões de reais, segundo a Embrapa (2022). De acordo com o IBGE (2023) os volumes produzidos de uva em 2022 foi cerca de 1,5 milhões de toneladas, com aumento no rendimento médio de 1,53% para Pernambuco e 1,89% para a Bahia, estados que compartilham do Submédio do Vale do São Francisco. As exportações de uva em 2021 apresentaram um aumento de 55% no volume exportado e 43% no faturamento das vendas em comparação a 2020 (Crelier 2021, IBGE 2022). Ou seja, a pandemia não interrompeu as atividades deste ramo de negócios observando-se aumento da demanda, principalmente devido a busca por hábitos e alimentação mais saudáveis.

Mesmo diante desse cenário positivo para a produção de uva no território nacional, a viticultura tem como desafio o seu crescimento em regiões com clima tropical. Fatores climáticos tais como, elevada radiação solar, temperatura e baixa precipitação são as principais restrições ao desenvolvimento de espécies vegetais no ecossistema natural (Regina et al. 2006, Spósito e Silva 2021). Diante de tais obstáculos, houve a necessidade de buscar estratégias para contornar as dificuldades encontradas para a implementação de vinhedos em regiões semiáridas.

Entre as estratégias de mitigação das adversidades, é possível citar o uso de porta-enxertos tolerantes a seca, manejo adequado da irrigação, controle de plantas daninhas, uso de cobertura morta, práticas de podas adequadas, entre outras estratégias. O desenvolvimento de porta-enxertos foi o primeiro objetivo do melhoramento genético da videira, sendo utilizados na viticultura mundial desde os

SILVA, A. G. Seleção de porta-enxertos de videira tolerantes ao déficit hídrico anos 1890 até os dias atuais como forma de diminuir os danos causados pela filoxera, que é uma praga de origem americana que foi observada como a principal causadora de danos em vinhedos europeus, na década de 1860, sendo os atuais porta-enxertos, em sua maioria, híbridos ou espécies americanas (Ribeiro et al. 2005, Radmann e Bianchi 2008, Faralli et al. 2020).

Além disso, a possível escassez hídrica nos tempos atuais tem levantado o interesse na obtenção de porta-enxertos tolerantes a seca. Sabe-se que a seca é responsável por mudanças fisiológicas nas plantas induzindo a senescência de folhas velhas, diminuição de crescimento, redução do potencial hídrico, fechamento estomático, baixa transpiração e taxas fotossintéticas, entre outros (Serra *et al.* 2014). Os porta-enxertos tolerantes à seca ajudam a mitigar os danos causados pela seca nas videiras, permitindo a absorção de água e nutrientes às plantas enxertadas em condições de estresse hídrico, promovendo o seu crescimento e desenvolvimento, mesmo em condições adversas (Fraga *et al.* 2012).

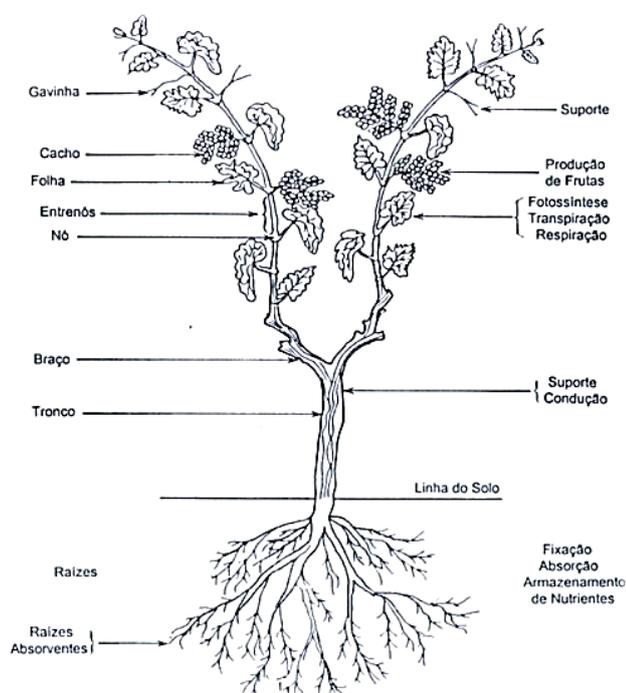
As mudanças climáticas têm sido um desafio no contexto global na produção agrícola, fazendo-se necessário a busca por estratégias para mitigar os prejuízos de eventos climáticos extremos na agricultura. A utilização do melhoramento genético para a obtenção de novos porta-enxertos tolerantes aos efeitos adversos do clima e em especial à seca é uma das estratégias mais eficientes para a adaptação da videira em ambientes de escassez hídrica. Novos materiais adaptados e tolerantes ao déficit hídrico devem ter o potencial de manter o rendimento, aumentar a conservação de água através de redução da necessidade de irrigação, e/ou proteção dos frutos quanto ao dano causado pela seca. A tolerância e a resistência são características importantes para os produtores e para o mercado interno e externo, pois têm impacto direto na produtividade das culturas. Por esse motivo, a seleção de cultivares deve ser feita de forma cuidadosa e contínua, com o objetivo de desenvolver variedades mais adequadas às diferentes condições de cultivo e às necessidades dos consumidores (Zhang *et al.* 2016).

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo selecionar porta-enxertos de videira tolerantes a restrição hídrica, avaliar seu desempenho quanto aos efeitos na produção de biomassa, nos teores de metabolitos primários e em variáveis ecofisiológicas.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

## 2.1 Morfologia e classificação botânica da videira

A videira (Figura 1) tem é uma planta perene, arbustiva, apresenta hábito de crescimento trepador, fixando-se a tutores naturais ou artificiais através das gavinhas (Albuquerque 2003, Mandelli *et al.* 2009, Tropicos 2022). As folhas são alternas, pecioladas cordiformes, com cinco lóbulos sinuados dentados, glabras na parte superior e tomentosas na parte inferior. As flores são dioicas (silvestres) ou hermafroditas (cultivadas), pequenas com corola de pétalas soldadas (caliptra) dispostas em racimos, com coloração branca esverdeada. O fruto é do tipo baga e o cacho é composto pelo engaço (lenhoso) e bagas, sendo as suas bagas macias, bicarpelares, compostas pela película, e pruína (cera) na parte externa (Keller 2015, Sales 2018).



**Figura 1.** Morfologia da videira. Fonte: Benati, 2017

É uma planta dicotiledônea pertencente à Classe *Magnoliopsida* Brongn., Subclasse *Rosidae* Takht., na Ordem *Rhamnales* Lindl. e na família *Vitaceae* Juss. A família *Vitaceae* compreende cerca de 19 gêneros e 1126 espécies as quais estão distribuídas extensivamente nas regiões subtropicais e temperadas, com variantes que se estendem até regiões de clima tropical (Leão e Borges 2009, Keller 2015). Dentre estes gêneros, o *Vitis* L., é considerado o mais importante por produzir frutos comestíveis. Este gênero compreende cerca de 70 espécies, entre as quais se destacam as videiras europeias também conhecidas como viníferas (*Vitis vinifera* L.),

SILVA, A. G. Seleção de porta-enxertos de videira tolerantes ao déficit hídrico as videiras americanas (*Vitis labrusca* L.) e as videiras híbridas (*Vitis* spp.) (Albuquerque 2003, Leão e Borges 2009, Mandelli et al. 2009, Keller 2015).

De acordo com Keller (2015), há divergências na classificação das espécies do gênero *Vitis* L. A classificação da *Muscadinia* (Planch.) Small não deve ser considerada um subgênero ou uma seção do gênero *Vitis*. Isso ocorre porque existem diferenças na morfologia das gavinhas, que são ramificadas nas espécies do gênero *Vitis* L., enquanto na *Muscadinia* (Planch.) Small são simples. Além disso, o gênero *Vitis* apresenta  $2n = 38$  cromossomos nas espécies da seção *Euvitis* Planch, enquanto as três espécies da seção *Muscadinia* Planch possuem  $2n = 40$  cromossomos.

Devido à dificuldade de cruzar esses dois táxons e obter híbridos quase sempre inférteis ( $2n = 39$  cromossomos), ainda não há um consenso entre os pesquisadores e melhoristas. No entanto, a hibridização entre *Muscadinia rotundifolia* e várias espécies de *Vitis* L. é possível e tem se mostrado uma importante fonte de genes de resistência a doenças, especialmente para porta-enxertos. Isso tem sido apontado por Radmann e Bianchi (2008), Leão e Borges (2009) e Keller (2015).

## **2.2 Origem e distribuição da videira**

O centro de origem da videira localiza-se na atual região da Groelândia. O início da dispersão das videiras primitivas ocorreu por duas rotas, a euroasiática e a Américo-asiática, formando três centros de origem distintos, localizados no Sul da Europa e Ásia Menor, no Leste da Ásia e nas Américas do Norte e Central (Leão e Borges 2009, Garcia Junior 2011).

Existem registros de cultivos de videira e fabricação de vinhos há mais de 8000 anos, em países do Oriente Próximo e Mediterrâneo oriental (Egito, Israel, Líbano, Jordânia, Síria, leste da Turquia, Iraque e Oeste do Irã), sendo a fruta mais antiga já domesticada com dados históricos em relação a inserção nas atividades econômicas e culturais. Nessa época, a videira era associada como a “árvore da vida”, o vinho como “néctar dos deuses” e a folha a “vida” para muitas civilizações (Radmann e Bianchi 2008, Dougherty 2012, Keller 2015).

A viticultura é a prática de cultivar videiras para a produção de uvas destinadas à fabricação de vinho, suco e outros produtos. Sendo uma atividade importante para a economia e cultura de muitos países. O cultivo de uvas para mesa, produção de vinho, entre outros, é praticada em diversos países ao redor do

SILVA, A. G. Seleção de porta-enxertos de videira tolerantes ao déficit hídrico mundo, tais como: Itália, Espanha, França, China, EUA, Argentina e Chile, os maiores produtores de uva e derivados (OIV 2022).

A videira foi introduzida no Brasil pelo português Martim Afonso de Sousa, em 1532 no Estado de São Paulo, com principal utilização como uva de mesa e produção de vinho. Em 1626, foi levada ao Rio Grande do Sul pelos jesuítas. Mas somente com a chegada dos imigrantes italianos, a partir de 1875, que a vitivinicultura passou a ser uma atividade socioeconômica importante em diversas cidades da Serra Gaúcha. No decorrer dos anos foram introduzidas cultivares americanas de maior adaptabilidade. A partir da década de 1960, a viticultura brasileira começou a se desenvolver também em regiões tropicais, como no Submédio do Vale do São Francisco e, mais recentemente, vem ganhando espaço em diferentes Estados do País, demonstrando seu potencial como alternativa frutícola em regiões tropicais (Radmann e Bianchi 2008, Mandelli et al. 2009, Leão 2010).

### **2.3 Importância Econômica e Social**

A fruticultura é a atividade agrícola que atualmente mais aumenta a sua participação econômica no agronegócio, gerando alta demanda de empregos no mundo e no Brasil, com expectativa de crescimento nesse setor nos próximos anos (Silva 2019). As exportações de frutas brasileiras obtiveram cerca de US\$ 1,2 bilhão no ano de 2021, correspondendo a 1% da participação no total de produtos agrícolas exportados. Os cinco principais produtos exportados correspondem a aproximadamente 70% do setor e são: melões frescos (US\$ 27,8 milhões), mangas frescas ou secas (US\$ 23,7 milhões), uvas frescas (US\$ 17 milhões), limões e limas frescos ou secos (US\$ 10 milhões) e castanha de caju (US\$ 8,2 milhões), valores obtidos para o mês de dezembro de 2021 (CNA 2021). Em 2021, ocorreu aumento de 55,6% no volume exportado de uvas frescas, de 76,6 mil toneladas, e de 46,4% na receita, de US\$ 159,6 milhões, em comparação a 2020 (Kist *et al.* 2022).

De acordo com o levantamento anual feito pela Organização Internacional da uva e do Vinho - OIV (OIV 2022), especificamente para o ano de 2021, a área de uva cultivada mundialmente era estimada em 7,32 milhões de hectares, o que relativamente representava uma ligeira estabilização em comparação ao declínio nos anos anteriores. Desse total, alguns países tradicionais no cultivo dispõem de larga área como Espanha com 964 mil ha, seguido de França (798 mil ha) e Itália

SILVA, A. G. Seleção de porta-enxertos de videira tolerantes ao déficit hídrico (718 mil ha), o bloco europeu em si conta com cerca de 3,3 milhões de hectares, sendo um dos maiores produtores e consumidores.

No comércio internacional de vinhos (com exclusão de sucos e mosto) foram produzidos cerca de 26 bilhões de litros em 2021, enquanto o consumo mundial de vinhos foi estimado em 23,6 bilhões de litros, com os EUA sendo o principal país consumidor, com 3,3 bilhões de litros estimados, seguido de França (2,52 bilhões de litros) e Itália (2,42 bilhões de litros). No Brasil o hábito de consumir vinhos ainda é incipiente, porém vem apresentando um aumento gradativo ao longo do tempo, sendo que em 2021 o país consumiu cerca de 410 milhões de litros (OIV 2022).

A viticultura contribui fortemente no desenvolvimento econômico dos países, o que faz apresentar particularidades que a distingue entre países e até mesmo dentro de um mesmo país, e isso ajuda a promover uma agregação de valor aos produtos e valorização dos aspectos naturais dos países (Mello e Machado 2021). O Brasil, pela sua grande extensão territorial, é um dos países que mais tem variedades de espécies frutíferas e de hortaliças, e dentre essas espécies tem-se expandido fortemente no setor vitivinícola e atendido toda a demanda com qualidade nos mercados externo e interno. O país apresenta também uma grande diversidade, que não fica restrita somente a quantidade de cultivares e produtos derivados da uva, mas na localização geográfica das suas regiões produtoras, que se distribuem ao longo do território em todos os tipos de clima, temperado, subtropical e tropical. A área colhida com videiras no Brasil, em 2022, foi de 74.520 ha, com o aumento dessa área a cada ano, a uva tanto in natura quanto seus derivados ganham destaques, em especial nas exportações de uvas frescas procedentes dos Estados de Pernambuco e Bahia, no Submédio do Vale do São Francisco, bem como de vinhos, espumantes e sucos, elaborados no Rio Grande do Sul e que também registram incremento nas exportações (Kist *et al.* 2022).

A fruticultura é um dos setores que mais emprega no Brasil, sendo projetado como o setor com maior expansão por ano, tendo como resultado a admissão de 73 mil empregados em dados de 2022 (Caged 2022). Para o Submédio do Vale do São Francisco - um dos maiores polos para uva de mesa e derivados no país - movimenta cerca de 100 mil empregos por ano, relacionado aos cultivos da região, com espaço e potencial para desenvolver mais vagas de empregos, aliado aos avanços tecnológicos (Barbosa 2019, Embrapa 2022). No Nordeste do Brasil, segundo a Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (Codevasf), o Projeto de Irrigação Senador Nilo Coelho compreende uma

SILVA, A. G. Seleção de porta-enxertos de videira tolerantes ao déficit hídrico área irrigável de 23.648,91 ha, o qual 6.579,81 ha estão destinados ao cultivo de videiras, em 2021 (CODEVASF 2021).

A região do semiárido brasileiro concentra sua produção em uvas finas de mesa e apresenta um diferencial de obter duas safras por ano com qualidade impar e sabor diferenciado das demais regiões do país (Nunes *et al.* 2016). A qualidade das uvas é favorecida pelas condições edafoclimáticas da região (Filter *et al.* 2017).

## **2.4 Viticultura Tropical no Brasil**

A maioria das regiões vitivinícolas no mundo se encontram entre as latitudes 40° a 50° N no hemisfério Norte e 30° a 40° no hemisfério Sul, também conhecido como cinturão de clima temperado (Kok 2014). O cultivo da videira em grande parte é cosmopolita, ou seja, tem ampla distribuição geográfica, contanto que as condições climáticas permitam que a planta vegete e produza uma vez por ano, com uma época de poda e colheita. Porém, em algumas localidades tropicais, como nas latitudes 8° a 10° S, é possível que seja efetuada duas safras e meia ou até três produções anuais, o que gera uma garantia de vendas até mesmo em épocas de entressafra, importante para o comércio mundial (Leão e Silva 2014).

A vitivinicultura tem avançado rapidamente nas últimas cinco décadas em países de clima tropical e subtropical na América do Sul, Ásia e África (Brasil, Peru, Índia, Tailândia e Madagascar), e essa produção em países tropicais difere significativamente de países de clima temperado que possuem tradição com essa cultura. Assim, as regiões de clima tropical e subtropical necessitam de outros métodos para quebra de dormência de gemas, podas, técnicas de condução, controles de fertilidade de gemas e vigor, para se obter sucesso nas colheitas e assim tornar a cultura viável em lugares não tradicionais (Jogaiah *et al.* 2013).

No Brasil, a viticultura tropical ocupa condições climáticas muito distintas: as regiões subtropicais de altitude, majoritariamente em São Paulo e em Minas Gerais, onde são produzidos os famosos vinhos de inverno, com duas podas e uma colheita, em que a altitude compensa a latitude; e as regiões tropicais no Submédio do Vale do São Francisco, com duas podas e duas colheitas em média, com podas definidas pelo produtor o que o deixa em vantagem nas demandas do mercado (Pereira *et al.* 2018).

Por ser uma região tropical, o sistema de produção deve permitir ao produtor realizar as colheitas de acordo com as suas necessidades e demandas do mercado, visto que se consegue colher as uvas em qualquer época do ano durante todos os

SILVA, A. G. Seleção de porta-enxertos de videira tolerantes ao déficit hídrico meses e semanas. E isto permite que haja um escalonamento da produção sem exigir que o produtor tenha uma estrutura muito grande para absorver e vinificar todas uvas colhidas (Pereira *et al.* 2018).

A dormência de videiras em regiões de clima tropical não ocorre naturalmente, pois há uma alta incidência de radiação solar e altas temperaturas, até mesmo no inverno, o que faz com que a planta cresça de forma constante, caso tenha todas condições favoráveis, como boa nutrição mineral e disponibilidade hídrica. Neste caso, a dormência viria de forma induzida, por meio de práticas apropriadas de condução de copas, o que permite podar duas vezes por ano, reduzindo o excesso de vigor, induzindo a fertilidade das gemas e trazendo equilíbrio para a produção (Camargo *et al.* 2012, Kok 2014).

No Submédio do Vale do São Francisco o cultivo da videira, implica em alto conhecimento em tecnologias e na fisiologia das plantas, pois é importante saber aplicar os tratamentos culturais, como reguladores vegetais de forma eficiente para que quebre a dormência sem que comprometa o ciclo produtivo, usar de forma racional fertirrigação e o controle de pragas e doenças (Protas *et al.* 2002, Camargo *et al.* 2012, Pereira *et al.* 2018).

## **2.5 Melhoramento da videira no Semiárido brasileiro**

Em 1965, foi instalada, pela SUDENE, no Campo Experimental de Mandacaru (Juazeiro – BA), uma coleção de cultivares coletadas da região Nordeste e ampliadas com cultivares importadas da FAO e do IAC. As pesquisas realizadas pela Embrapa Semiárido e instituições parceiras visando a introdução, adaptação e viabilização técnica e econômica de cultivares de uvas sem sementes e avaliação de novas cultivares foi intensificada a partir de 1994, pois existia uma grande concentração na produção de cultivares com sementes, especialmente na região do Submédio do Vale do São Francisco, o que havia se tornado um limitante para exportações de uvas, por conta das novas preferências do mercado. No entanto, os trabalhos visando o melhoramento em relação a adaptabilidade ao semiárido iniciaram somente em 2003 com o suporte da Embrapa Semiárido (Leão e Borges 2009, Leão 2020b).

Portanto, a viticultura tropical no semiárido apresenta um movimento dinâmico crescente que exige investimentos e esforços públicos e privados como estratégias no desenvolvimento de sistemas de produção adaptados para as características genéticas e necessidades de cada cultivar. Selecionando cultivares que apresentem

SILVA, A. G. Seleção de porta-enxertos de videira tolerantes ao déficit hídrico características como tolerância à seca, ao calor, precocidade na maturação, elevado teor de açúcar e coloração atraente. Pois o objetivo do melhoramento genético de plantas é produzir variedades com características desejáveis, como maior produtividade, resistência a doenças e pragas, tolerância a estresses ambientais, melhor qualidade do fruto, entre outras. Para alcançar esses objetivos, são utilizadas técnicas de seleção genética, cruzamento e outras técnicas de biotecnologia, com o objetivo de desenvolver novas variedades de uvas que sejam adaptadas ao clima e solo da região. (Leão 2020b).

Na década de 2010 até os dias atuais, foram observadas grandes mudanças na cadeia produtiva de uvas de mesa, destacando-se a diversidade de cultivares e aumento da oferta de uvas sem sementes no mercado interno. No momento atual, no Submédio do Vale do São Francisco, são cultivados um número superior a 20 cultivares de mesa e desenvolvidas pela Embrapa em conjunto a empresas privadas internacionais de melhoramento genético. (Leão 2020a).

Importante salientar que estudos de avaliação de cultivares para um conjunto de variáveis agronômicas e de qualidade da uva tem sido realizado desde a criação da Embrapa Semiárido, sempre com o objetivo de oferecer alternativas as cultivares tradicionais, até mesmo para definir os padrões que precisam ser ajustados entre as cultivares de uva de mesa, quanto ao porta-enxerto, tipos de poda, densidade de brotos e de cachos, uso de reguladores de crescimento, manejo de água e nutrientes, controle fitossanitário, determinação do ponto de colheita, por exemplo.(Leão 2020b).

No caso específico do Semiárido brasileiro a seleção de porta enxertos tolerantes é outra técnica utilizada na viticultura para aumentar a resistência das plantas a doenças e pragas, bem como melhorar a adaptação a diferentes condições ambientais, como solos de baixa fertilidade, alta salinidade e clima extremo, sendo uma ferramenta importante para melhorar a adaptação da videira às condições do Semiárido brasileiro e, portanto, é uma área que pode ser explorada em conjunto com os programas de melhoramento genético de videiras para a região (Leão 2020a, b).

E nesse ritmo de oferecer sempre alternativas diferentes que houve certo aumento de produção brasileira de uvas sem sementes, em especial no Vale do São Francisco, com cultivares da Embrapa. São essas uvas que tem abastecido o mercado interno estando presente, inclusive, em todos os meses do ano, diminuindo

SILVA, A. G. Seleção de porta-enxertos de videira tolerantes ao déficit hídrico assim as importações no setor de uvas de mesas e se apresentando muito competitivas no mercado externo (Mello e Machado 2020).

## **2.6 Utilização de porta-enxertos na viticultura**

Os porta-enxertos podem influenciar o vigor, teor de açúcares e acidez dos frutos (Leão *et al.* 2020b), repartição de fotoassimilados, e outros compostos importantes para a qualidade dos vinhos (Leão *et al.* 2011). Na escolha do porta-enxerto, outras características também devem ser observadas, tais como o fácil enraizamento, condições adversas do solo minimizadas, cicatrização boa na enxertia, resistência a pragas e doenças e afinidade com as cultivares copa (Moreira *et al.* 2016).

Historicamente as videiras eram plantadas em pé franco. O uso de porta-enxertos na viticultura se tornou essencial pela necessidade de proteger variedades sensíveis de doenças e pragas. Espécies americanas eram mais resistentes a pragas e doenças do que as espécies europeias (Spósito e Silva 2021). Para superar os obstáculos encontrados em algumas espécies de videiras foram desenvolvidos programas de melhoramento genético para obtenção de híbridos resistentes, principalmente a doenças que acometem a cultura, como oídio e míldio, e pragas que afetam o sistema radicular, como filoxera (*Daktulosphaira vitifoliae* Fitch). Como as cultivares europeias eram mais suscetíveis, houve a necessidade de desenvolver porta-enxertos, utilizando espécies americanas resistentes a essa praga que, além de danos primários, deixava a raiz exposta para danos secundários causados por outros agentes, o que aconteceu na Europa no início do século XIX, e causou devastação dos campos cultiváveis (Kuhn *et al.* 1996, Riaz *et al.* 2019).

O uso do porta-enxerto como alternativa para controlar a filoxera contribuiu para o controle de outras pragas como nematoides, e fatores abióticos como seca, salinidade, calcário e outros desbalanceamentos nutricionais (Ollat *et al.* 2016, Vink *et al.* 2021).

Atualmente quase todos os porta-enxertos de videira derivam de espécies americanas e a maioria tem mais de 100 anos. Foram desenvolvidos a partir de *V. riparia* e *V. rupestris* e de um híbrido interespecífico de *V. berlandieri* como porta-enxertos para *V. vinifera*. A eminência de perdas de produção pelos danos causados pela filoxera e outras doenças e pragas que afetam o sistema radicular da videira, ressalta a importância da prevenção ou do uso de porta-enxertos mesmo em regiões

SILVA, A. G. Seleção de porta-enxertos de videira tolerantes ao déficit hídrico onde a filoxera não tem importância econômica, como no Submédio do Vale do São Francisco (Ollat *et al.* 2016, Riaz *et al.* 2019).

Para que um porta-enxerto possa ser considerado como promissor este deve apresentar boa compatibilidade com as cultivares copa, rápido pegamento, maior uniformidade, resistência a pragas e doenças, equilíbrio entre vigor e produção. Existem porta-enxertos mais adequados para cada variedade copa e para as características edafoclimáticas de cada região produtora, pois existem um grande número de porta-enxertos disponíveis que apresentam características distintas. Somente pesquisas específicas para cada variedade copa e condições edafoclimáticas permitem determinar o mais adequado para cada situação (Leão 2020a).

No Brasil, os porta-enxertos foram introduzidos da Europa e distribuídos entre as regiões produtoras. São utilizados vários porta-enxertos no cultivo de videira no país. Na região Sul do Brasil, os principais porta-enxertos são 'Paulsen 1103', 'VR 043-43', 'SO4' e '420-A' (Camargo e Nachtigal 2007). Em regiões tropicais e subtropicais, utilizam-se principalmente os porta-enxertos desenvolvidos pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), como 'IAC 313' (Tropical), 'IAC 572' (Jales) e 'IAC 766' (Campinas), com alto vigor e adaptabilidade (Leão *et al.* 2009).

Existem vários estudos com porta-enxertos de videira na região do Submédio do Vale do São Francisco com objetivos variados como: a seleção de porta-enxertos para cultivares copa de uva de mesa (Leão *et al.* 2020a, b), influência na tolerância a seca (Andrade *et al.* 2017), compostos fenólicos (Santos 2019), teor de açúcares, acidez, resistência a pragas e doenças, para cultivares de vinho, sucos e uvas de mesa (Oliveira *et al.* 2017, Mesquita *et al.* 2018, Leão *et al.* 2021, Batista e Barbosa 2022). Os porta-enxertos mais utilizados no Submédio do Vale do São Francisco são Paulsen 1103, SO4, IAC 313, IAC 572, IAC 766, Ramsey (Salt Creek), 101-14 MGT (Camargo *et al.* 2011, Moreira *et al.* 2016), cujas características são descritas a seguir.

'IAC 313' é resultante do cruzamento entre 'Golia' (*Vitis riparia* x *Vitis rupestris*) e *Vitis cinerea*, realizado por Santos Neto em Campinas - SP, sendo lançada como cultivar no ano de 1950. Apresenta crescimento vigoroso e boa adaptação aos solos de textura arenosa e argilosa, com fácil enraizamento apresenta folhas resistentes a doenças fúngicas, resistência média a antracnose, alta resistência a míldio nas suas raízes, e filoxera e a nematoides, principalmente do gênero *Meloidogyne*. O porta-enxerto IAC 313 adapta-se bem em quase todas

SILVA, A. G. Seleção de porta-enxertos de videira tolerantes ao déficit hídrico regiões brasileiras e apresenta boa afinidade com as cultivares de uvas de mesa e para vinho cultivadas no Submédio do Vale do São Francisco (Leão *et al.* 2009, Embrapa Uva e Vinho 2022).

'IAC 572' é resultante do cruzamento de 101-14 MgT (*Vitis Riparia* x *Vitis rupestris*) x *Vitis caribaea*, realizado por Santos Neto em 1958 em Campinas - SP, lançada em 1970. Resiste bem a doenças fúngicas de folhagem, com baixa a média resistência a antracnose e alta resistência a míldio, fusariose, filoxera e nematoides. Apresenta bons índices de enraizamento, uma vez que está adaptado a solos arenosos e argilosos, e possui vigor elevado. Demonstra boa afinidade com as variedades de uvas de mesa com sementes ('Itália', 'Red Globe' e 'Benitaka') utilizado também como porta-enxerto para variedades de vinhos e bem adaptada para todas regiões brasileiras (Leão *et al.* 2009, Embrapa Uva e Vinho 2022).

'IAC 766' é resultante do cruzamento de Riparia do Traviú x *Vitis caribaea*, realizado por Santos Neto em 1958 em Campinas e lançada como cultivar em 1970. Possui vigor elevado, porém inferior ao dos porta-enxertos IAC 572 e IAC 313. Em condições tropicais, os ramos apresentam uma dormência mais longa que os demais porta-enxertos, as suas folhas são resistentes a doenças fúngicas com alta resistência a filoxera, nematoides, fusariose e míldio, e média resistência à antracnose. Porta-enxerto bem adaptado a todas as regiões brasileiras e a todos tipos de solos, possuindo bons índices de pegamento na enxertia (Leão *et al.* 2009, Embrapa Uva e Vinho 2022).

'SO4' é resultante do cruzamento de *Vitis berlandieri* x *Vitis riparia*. Foi desenvolvido na Alemanha em 1941, e introduzida na região Sul do Brasil, sendo adaptada também as regiões Sudeste e Nordeste (Embrapa Uva e Vinho 2022, Maul *et al.* 2022). Promove vigor, porém com baixo efeito na maturação, apresenta resistência a filoxera e nematoides, mas possui sensibilidade a doenças fúngicas (fusariose, antracnose e míldio). No Submédio do Vale do São Francisco tem baixa tolerância a solos secos e moderada a solos salinos e ácidos (Leão *et al.* 2009, Embrapa Uva e Vinho 2022).

'Paulsen 1103' é resultante do cruzamento de *Vitis berlandieri* x *Vitis rupestris*, pelo melhorista Federico Paulsen, em 1896 (Audeguin *et al.* 2020). Auxilia no aumento de vigor na copa, porém atrasa a maturação. Adapta-se bem nas regiões, Sul, Sudeste e Nordeste, em especial na região Sul devido a sua alta resistência a filoxera, fusariose e ao míldio, sendo as últimas duas doenças muito comuns na região. Porém tem baixa resistência a antracnose e a nematoides, alta tolerância a

SILVA, A. G. Seleção de porta-enxertos de videira tolerantes ao déficit hídrico solos secos, e baixa tolerância a solos salinos, sendo preferível se plantar em solos argilosos (Leão *et al.* 2009, Embrapa Uva e Vinho 2022).

'101-14 MgT' é resultante do cruzamento de *Vitis riparia* x *Vitis rupestris*, obtida em 1882, na França pelos melhoristas Alexis Millardet e Marques du Grasset (Embrapa Uva e Vinho 2022). Diminui o vigor, mas antecipa a maturação, tem fácil enraizamento, raiz superficial e ciclo vegetativo muito precoce, além disso, tem resistência baixa a antracnose e média-baixa a fusariose, mas alta a míldio e filoxera, com resistência moderada a nematoides. Possui baixa tolerância a solos secos, salinos e ácidos, sendo indicado para solos profundos sem problemas com seca e para solos argilosos ainda que estes sejam mal drenados. É um porta-enxerto difundido para as regiões Sul, Nordeste e Sudeste (Brighenti *et al.* 2021, Embrapa Uva e Vinho 2022). Em estudo recente realizado por Grigolo *et al.* (2021), o porta-enxerto '101-14 MgT' alcançou maior sucesso na enxertia (98,33%) e maiores taxas de desenvolvimento inicial em videiras 'BRS Magna' cultivadas em área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Pato Branco, comparados aos porta-enxertos 'Paulsen 1103', 'Solferino', 'IAC 313 Tropical', 'R110' e 'VR043-43'.

'Ramsey' é resultante de seleções de *Vitis champini* desenvolvido pelo melhorista Thomas Volney Munson, nos Estados Unidos da América (Riaz *et al.* 2019, Maul *et al.* 2022). Tem um grande potencial de uso por sua resistência moderada à alta a filoxera, nematoides, tolerância a solos secos, salinos, calcáreos e regiões de clima seco. Porém, apresenta problemas no enraizamento, sendo necessário uso de ácido indolbutírico. É uma planta vigorosa, mas que pode sofrer com a deficiência de zinco em solos com pH muito alto, e apesar das boas características, é um porta-enxerto com as menores taxas de enraizamento e de afinidade com copas em relação a outros porta-enxertos (İşçi *et al.* 2019).

## **2.7 Resposta da videira ao déficit hídrico**

Fatores como maior radiação solar, temperatura do ar, velocidade do vento, e menor umidade relativa do ar, proporciona aumento na demanda de água. Além destes problemas, outros fatores como sistema de condução do parreiral, o desenvolvimento vegetativo das plantas, uso de cobertura plástica, manejo de irrigação e a cobertura vegetal do solo, podem influenciar no aumento da demanda hídrica (Pires *et al.* 2021).

SILVA, A. G. Seleção de porta-enxertos de videira tolerantes ao déficit hídrico

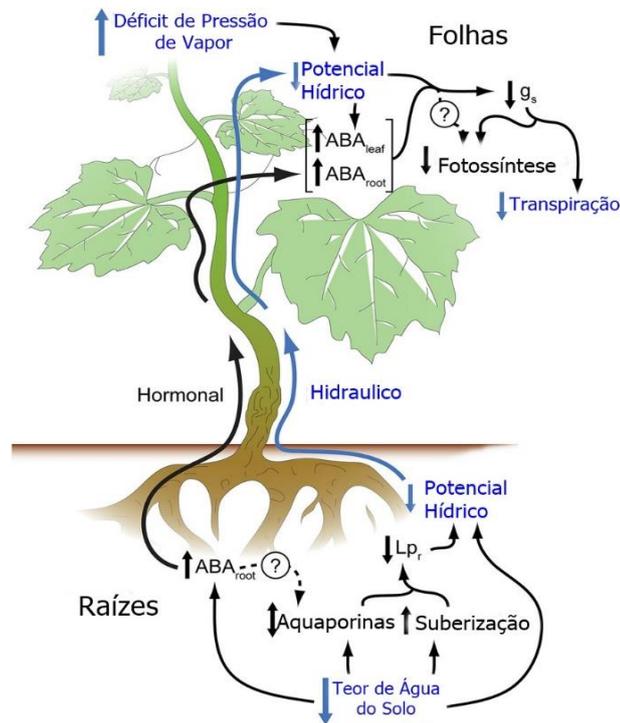
O conteúdo hídrico é o fator que mais influencia a videira, pois quando a planta passa por estresse hídrico a sua produtividade, fenologia e fisiologia são afetados. A videira como uma planta perene, pode ter os tecidos e processos reprodutivos alterados, devido ao estresse causado como consequência ao déficit hídrico (Pimentel 2005). Nas plantas o fechamento estomático é considerado a primeira linha de defesa aos sintomas de seca, chega a ocorrer antes mesmo que se diminua o conteúdo de água das folhas. O principal objetivo quando a planta fecha os estômatos é de evitar a cavitação, a falha catastrófica do sistema de condução da água, e a perda de toda água contida na planta (Yordanov *et al.* 2000, Pimentel 2005).

Nos períodos de seca moderada, a planta mantém uma certa taxa de assimilação de CO<sub>2</sub>, reduz a fotossíntese e paralisa o crescimento celular, o que aumenta a concentração de açúcares solúveis (sacarose, frutose e glicose) e diminui o amido da célula. O aumento nos níveis de açúcares pode levar a: ativar a resposta a deficiência hídrica, ou participar do ajustamento osmótico (Pimentel 2005).

A redução da lâmina de água na irrigação ou de coeficientes de cultivo (Kc) mais baixos também podem ser práticas de manejo adotadas para atingir um objetivo de melhoria de qualidade da fruta, principalmente na fase de maturação para que o fruto tenha altas concentrações de carboidratos solúveis, polifenóis e aromas, porém os frutos podem reduzir seu tamanho e peso com consequências na perda de produção. O manejo da irrigação com déficit hídrico precisa ser bem regulado afim de evitar perdas elevadas de 30 a 50% além de perda de qualidade ao invés de ganhos (Ojeda 2007).

Conhecer as interações do porta-enxerto com o ambiente como o solo e a cultivar copa são de suma importância, principalmente em condições de déficit hídrico, para que se possa interferir evitando o colapso da copa, uma vez que a combinação porta-enxerto/copa é responsável pelo transporte de fitohormônios como ácido abscísico (ABA) e citocinina, especialmente sob estresse hídrico. Com isso o porta-enxerto tem a habilidade de impactar as vias de sinalização hidráulica e hormonal. Na Figura 2, pode-se observar as duas vias de sinalização hipotéticas mais proeminentes que modulam a condutância estomática, transpiração e fotossíntese que são a sinalização hormonal (preto) e hidráulica (azul). A sinalização hormonal resulta da produção e transporte por longa distância de sinais químicos da raiz para as folhas. Sinais hidráulicos envolvem a diminuição da condutividade hidráulica (Lp<sub>r</sub>) que resulta em queda de potencial hídrico que impacta na

SILVA, A. G. Seleção de porta-enxertos de videira tolerantes ao déficit hídrico condutância estomática. Essas vias de sinalização derivadas da raiz são integradas com o mesmo mecanismo originário das folhas.



**Figura 2:** Mecanismo da influência do porta-enxerto na copa sob estresse hídrico. Fonte: Adaptado de Zhang et al., 2016.

Os porta-enxertos diferem entre si quanto a sua tolerância a seca, estudos demonstram um comportamento genético diferente no controle da transpiração da copa e sinalização hormonal, a qual serve de base para a obtenção de novos porta-enxertos mais tolerantes a seca (Zhang *et al.* 2016).

## 2.8 Porta-enxertos e seus mecanismos para tolerância a seca

A resposta para a tolerância a seca é dada por diversos genes e várias respostas podem ser estimuladas como, ativação e transcrição destes genes para acúmulo de ABA na seiva do xilema e nas folhas da videira, ou pela biossíntese de antocianinas nas cascas das bagas de uva, dependendo sempre de como e em qual situação o estresse acontece (Deluc *et al.* 2009). Dessa forma, é necessário um melhor entendimento da variabilidade genética da videira para que programas de melhoramento possam disponibilizar porta-enxertos tolerantes a seca (Lovisolo *et al.* 2002, Prieto *et al.* 2010).

Para Chaves *et al.* (2010), Deluc *et al.* (2009) e Faralli *et al.*, (2020) espécies de *Vitis vinifera*, tem uma tolerância ao déficit hídrico relativamente alta, pois uma vez estabelecida no solo, conseguem desenvolver um sistema radicular suficientemente profundo, permitindo, assim, sobrevivência em situações de

SILVA, A. G. Seleção de porta-enxertos de videira tolerantes ao déficit hídrico estresse hídrico mais severos. Cultivares provenientes de *Vitis vinifera* são geralmente enxertadas em porta-enxertos, uma vez que a seleção de porta-enxertos é considerada o método mais promissor para alcançar níveis mais altos de tolerância ao estresse hídrico, sendo um investimento a longo prazo a ser almejado.

Uma vez que há evidências de que o porta-enxerto pode influenciar fortemente a resposta da cultivar copa ao estresse, bem como a estratégia de uso da água, ajuste osmótico aprimorado, caracterizações fisiológicas de novas raízes com potencial comportamento contrastante e biomassa em condições de estresse, torna-se fundamental orientar os melhoristas e agricultores sobre a melhor escolha da combinação porta-enxerto/copa (Faralli *et al.* 2020).

Os porta-enxertos disponíveis têm sido caracterizados extensivamente para sua adaptação ao estresse, como 'SO4' que se mostra mais adaptado a solos férteis e sem limitações hídricas. Enquanto 'Paulsen 1103' se mostra mais eficiente em regiões semiáridas e com limitação hídrica (Koundouras *et al.* 2008). Já o porta-enxerto 'M4' (*Vitis vinifera* × *Vitis berlandieri*) × *Vitis berlandieri* cv. Resseguier n.1) mostrou ser muito promissor, pois demonstrou rápida recuperação após a reirrigação em relação ao '101-14 MgT', apresentando taxas de condutância hidráulicas maiores do que o 'SO4', e maior eficiência de uso da água em relação ao 'Paulsen 1103' (Galbignani *et al.* 2016, Frioni *et al.* 2020). Isto sugere que porta-enxertos agem em sinergia com as copas, estejam elas em ambientes ótimos ou não, e que o desafio no melhoramento genético é buscar novos materiais que superem as já consolidadas no mercado pelas suas qualidades predefinidas (Faralli *et al.* 2020).

A diversidade genética de porta-enxertos pode ajudar a reduzir as perdas potenciais das regiões vitícolas em 50% em um cenário de aquecimento global de 2°C, e quando os produtores adotam essa abordagem, pode ajudar a reduzir as perdas agrícolas (Morales-Castilla *et al.* 2020). Porém, a maioria dos países plantam 70-90% da área total cultivada com videiras, com as mesmas 12 variedades que representam 1% da diversidade total. Por isso, para reduzir possíveis perdas econômicas nestas regiões é essencial alterar determinadas práticas, para que a indústria se adapte melhor aos desafios das mudanças climáticas (Wolkovich *et al.* 2018).

Sendo assim, estudos que relacionam a tolerância de porta-enxertos a baixa disponibilidade hídrica de regiões semiáridas e, também, qual o comportamento sobre os enxertos e suas possíveis interações acerca da relação enxerto/porta-enxerto, tem sido amplamente realizado. Essas informações podem nortear e dar

SILVA, A. G. Seleção de porta-enxertos de videira tolerantes ao déficit hídrico base científica que potencialize os melhores componentes de qualidade, servindo de apoio para o aprimoramento do manejo, principalmente com o avanço das mudanças climáticas.

### 3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Caged (2022) Novo CAGED: estatísticas mensais de empregos mensais. Disponível em <<http://pdet.mte.gov.br/novo-caged>> Acessado em 9 de janeiro de 2023.
- Camargo U e Nachtigal A (2007) Cultivares. Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, RS, p. 68. In NACHTIGAL JC e SCHNEIDER EP de (eds) **Recomendações para produção de videiras em sistemas de base ecológica.**
- Camargo UA, Mandelli F, Antonio M, Conceição F e Tonietto J (2012) Grapevine performance e production strategies in tropical climates. **Asian Journal of Food and Agro-Industry 5**: 257–269.
- Camargo UA, Tonietto J e Hoffmann A (2011) Progressos na viticultura brasileira. **Revista Brasileira de Fruticultura 33**: 144–149.
- Chaves MM, Zarrouk O, Francisco R, Costa JM, Santos T, Regalado AP, Rodrigues ML e Lopes CM (2010) Grapevine under deficit irrigation: hints from physiological and molecular data. **Annals of Botany 105**: 661–676.
- CNA (2021) Exportações Brasileiras do Agronegócio e Balança Comercial | Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA). p. 1–11. **Balança comercial dezembro de 2021.** Disponível em <<https://cnabrasil.org.br/publicacoes/exportacoes-brasileiras-do-agronegocio-e-balanca-comercial>> Acessado em 23 de agosto de 2022.
- CODEVASF (2021) **Plano Operativo 2022.** DINC - Distrito de Irrigação Nilo Coelho. CODEVASF, Petrolina, 81p.
- Crelier C (2021) Com 264,9 milhões de toneladas, safra 2021 pode superar recorde em 4,2% | Agência de Notícias. **Agência IBGE notícias.** Disponível em <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/30470-com-264-9-milhoes-de-toneladas-safra-2021-pode-superar-recorde-em-4-2>> Acessado em 17 de janeiro de 2023.
- Deluc LG, Quilici DR, Decendit A, Grimplet J, Wheatley MD, Schlauch KA, Mérillon J-M, Cushman JC e Cramer GR (2009) Water deficit alters differentially metabolic pathways affecting important flavor and quality traits in grape berries of Cabernet Sauvignon and Chardonnay. **BMC genomics 10**: 212.

- SILVA, A. G. Seleção de porta-enxertos de videira tolerantes ao déficit hídrico Dougherty PH (2012) Introduction to the geographical study of viticulture and wine production. Springer Netherlands, p. 3–36.
- Embrapa (2022) Observatório da Uva - Portal Embrapa. Disponível em <<https://www.embrapa.br/observatorio-da-uva>> Acessado em 19 de setembro de 2022.
- Embrapa Uva e Vinho (2022) Porta-Enxertos de Qualidade Fitossanitária Superior - Portal Embrapa. **Cultivares de Uva e Porta-Enxertos de Alta Sanidade**. Disponível em <[https://www.embrapa.br/uva-e-vinho/cultivares-e-porta-enxertos/porta-enxertos?p\\_p\\_id=101\\_INSTANCE\\_rE0HjHq6jP8J&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column-1&p\\_p\\_col\\_pos=1&p\\_p\\_col\\_count=2](https://www.embrapa.br/uva-e-vinho/cultivares-e-porta-enxertos/porta-enxertos?p_p_id=101_INSTANCE_rE0HjHq6jP8J&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_pos=1&p_p_col_count=2)> Acessado em 9 de maio de 2022.
- Faralli M, Bianchedi PL, Bertamini M e Varotto C (2020) Rootstock Genotypes Shape the Response of cv. Pinot gris to Water Deficit. **Agronomy 11**: 75.
- Filter CF, Beling RR, Jungblut G e Machado MO (2017) Anuário Brasileiro da Uva 2018. **Ed. Gazeta Santa Cruz** 1–56.
- Fraga H, Santos J, Malheiro A e Moutinho Pereira J (2012) Climate Change Projections for the Portuguese Viticulture Using a Multi-Model Ensemble. **Ciência e Técnica Vitivinícola 27**: 39–48.
- Frioni T, Biagioni A, Squeri C, Tombesi S, Gatti M e Poni S (2020) Grafting cv. Grechetto Gentile Vines to New M4 Rootstock Improves Leaf Gas Exchange and Water Status as Compared to Commercial 1103P Rootstock. **Agronomy 10**: 708.
- Galbignani M, Merli MC, Magnanini E, Bernizzoni F, Talaverano I, Gatti M, Tombesi S, Palliotti A e Poni S (2016) Gas exchange e water-use efficiency of cv. Sangiovese grafted to rootstocks of varying water-deficit tolerance. **Irrigation Science 34**: 105–116.
- Garcia Junior O (2011) Produção de uva ‘Niágara Rosada’ (*Vitis labrusca* L.) submetida a diferentes frequências de podas de produção e proteção química de doenças em clima subtropical (Cwa). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz,” Piracicaba - SP, 105p.
- Grigolo CR, Citadin I, Feldberg NP, Scariotto S, Pertille RH, Santos EP e Campos Takeshita KC (2021) Compatibility e initial development of grapevines ‘BRS Magna’ grafted on different rootstocks. **Ciência Rural 51**: 2021.

- SILVA, A. G. Seleção de porta-enxertos de videira tolerantes ao déficit hídrico IBGE (2023) Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, Estatística da produção agrícola. p. 1–106.
- IBGE (2022) Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. **Pesquisa Produção Agrícola Municipal.** Disponível em <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>> Acessado em 10 de outubro de 2022.
- İşçi B, Kacar E e Altındişli A (2019) EFFECTS OF IBA E PLANT GROWTH-PROMOTING RHIZOBACTERIA (PGPR) ON ROOTING OF RAMSEY AMERICAN GRAPEVINE ROOTSTOCK. **Applied Ecology and Environmental Research 17**: 4693–4705.
- Jogaiah S, Oulkar D, Vijapure A, Maske SR, Sharma A e Somkuwar R (2013) Influence of canopy management practices on fruit composition of wine grape cultivars grown in semi-arid tropical region of India. **African journal of agricultural research 8**: 3462–3472.
- Keller M (2015) **The Science of Grapevines: Anatomy and Physiology**, 2nd ed. Academic Press, San diego, 1–522p.
- Kist BB, Carvalho C de, Beling RR e Machado MO (2022) Anuário Brasileiro de Horti&Fruti 2022. **Ed Gazeta Santa Cruz 1–96.**
- Kok D (2014) A Review on Grape Growing in Tropical Regions. **Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences Special Issue 1236–1241.**
- Koundouras S, Tsialtas IT, Zioziou E e Nikolaou N (2008) Rootstock effects on the adaptive strategies of grapevine (*Vitis vinifera* L. cv. Cabernet–Sauvignon) under contrasting water status: Leaf physiological e structural responses. **Agriculture, Ecosystems & Environment 128**: 86–96.
- Kuhn GB, Lovatel JL, Prezotto OP, Mandelli F e Sônego OR (1996) O CULTIVO DA VIDEIRA INFORMAÇÕES BÁSICAS. **Embrapa-CNPUV 1–60.**
- Leão PC de S (2010) BREVE HISTÓRICO DA VITIVINICULTURA E A SUA EVOLUÇÃO NA REGIÃO SEMIÁRIDA BRASILEIRA. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica 7**: 81–85.
- Leão PC de S (2020a) INOVAÇÃO E PESQUISA CIENTÍFICA PARA A VITIVINICULTURA TROPICAL: CONTRIBUIÇÕES DA EMBRAPA SEMIÁRIDO. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica 17**: 23–61.
- Leão PC de S (2020b) Produção de uvas sem sementes no Semiárido brasileiro. Atena., Ponta Grossa, p. 70–81. In AGUILA LSH del (ed) **Vitivinicultura: função exata em cada processo.**

- SILVA, A. G. Seleção de porta-enxertos de videira tolerantes ao déficit hídrico Leão PC de S e Borges RME (2009) Melhoramento Genético Da Videira. **Embrapa Semiárido** 1–61.
- Leão PC de S, Brandão EO e Gonçalves NP da S (2011) Produção e qualidade de uvas de mesa ‘Sugraone’ sobre diferentes porta-enxertos no Submédio do Vale do São Francisco. **Ciência Rural** **41**: 1526–1531.
- Leão PC de S, Marques ATB e Barros APA (2021) Cultivares de videira para a elaboração de vinhos finos para o Submédio do Vale do São Francisco. **Circular Técnica 128**: 1–25.
- Leão PC de S, Nascimento JHB do, Moraes DS de e Souza ER de (2020a) Rootstocks for the new seedless table grape ‘BRS Vitória’ under tropical semi-arid conditions of São Francisco Valley. **Ciência e Agrotecnologia** **44**: 25119.
- Leão PC de S, Nascimento JHB do, Moraes DS de e Souza ER de (2020b) Yield components of the new seedless table grape ‘BRS Ísis’ as affected by the rootstock under semi-arid tropical conditions. **Scientia Horticulturae** **263**: 109114.
- Leão PC de S e Silva DJ (2014) Cultivo da videira no semiárido brasileiro. p. 578–618. In **Cultivo de fruteiras de clima temperado em regiões subtropicais e tropicais**.
- Leão PC de S, Soares JM e Rodrigues BL (2009) Principais Cultivares. p. 150–214. In **A Vitivinicultura no Semiárido Brasileiro**.
- Lovisol C, Hartung W e Schubert A (2002) Whole-plant hydraulic conductance e root-to-shoot flow of abscisic acid are independently affected by water stress in grapevines. **Functional Plant Biology** **29**: 1349.
- Mandelli F, Miele A e Tonietto J; (2009) Uva em clima temperado. INMET, Brasília - DF, p. 503–515. In Monteiro JEBA (ed) **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**.
- Maul E, Töpfer R, Röckel F, Brühl U, Hundemer M, Mahler-Ries A, Walk M, Kecke S, Wolck A e Ganesch A (2022) VIVC. **Vitis International Variety Catalogue**. Disponível em <<https://www.vivc.de/index.php?r=site%2Findex>> Acessado em August 25, 2022.
- Mello LMR de e Machado CAE (2020) Vitivinicultura brasileira: panorama 2019. **Embrapa uva e vinho** 1–21.
- Mello LMR de e Machado CAE (2021) Vitivinicultura brasileira: panorama 2020. **Embrapa Uva e Vinho** 1–18.

- SILVA, A. G. Seleção de porta-enxertos de videira tolerantes ao déficit hídrico Mesquita AC, Moraes JPS de, Souza V de, Ferreira KM, Campos LDA e Vieira DA (2018) Alteração bioquímica e enzimática em porta-enxertos de videira sob diferentes fontes de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana** **23**: 6.
- Morales-Castilla I, García de Cortázar-Atauri I, Cook BI, Lacombe T, Parker A, van Leeuwen C, Nicholas KA e Wolkovich EM (2020) Diversity buffers winegrowing regions from climate change losses. **Proceedings of the National Academy of Sciences** **117**: 2864–2869.
- Moreira AN, Paranhos BJ, Faria CMB de, Terao D, Silva DJ, Batista D da C, Angelotti F, Alencar JA de, Anjos JB dos, Oliveira JE de M, Araujo JLP, Cunha e Castro JM da, Soares JM, Bassoi LH, Moura MSB, Calgaro M, Braga BM, Barbosa MAG, Lima MF, Leão PC de S, Silva PCG da, Correia RC, Borges RME, Tavares SCC de H, Albuquerque TCS, Cunha TJF, Giongo V, Simões WL, Teixeira AH de C, Pinto JM e Lima MAC de (2016) Cultivo da Videira. Embrapa Semiárido, p. 1–118.
- Nunes NAS, Leite A v e Castro CC (2016) Phenology, reproductive biology e growing degree days of the grapevine “Isabel” (*Vitis labrusca*, Vitaceae) cultivated in northeastern Brazil. **Braz. J. Biol** **76**: 975–982.
- OIV (2022) **STATE OF THE WORLD VINE AND WINE SECTOR 2021**. 1–20p.
- Ojeda H (2007) REGA QUALITATIVA DE PRECISÃO DA VINHA. Piacenza - Itália, p. 1–11. In **REVISTA INTERNET DE VITICULTURA E ENOLOGIA - Enoforum 2007**.
- Oliveira LD da S, Moura MSB de, Leão PC de S, Silva TGF da e Souza LSB de (2017) Características agrônômicas e sensibilidade ao rachamento de bagas de uvas sem sementes. **Journal of Environmental Analysis and Progress** **2**: 274–282.
- Ollat N, Bordenave L, Teonnet JP, Boursiquot JM e Marguerit E (2016) Grapevine rootstocks: origins e perspectives. **Acta Horticulturae** **1136**: 11–22.
- Pereira GE, Guerra CC, Amorim FM, Nascimento AM de S, Souza JF de, Lima LL de A, Lima M dos S, Padilha CV da S, Protas JF da S, Zanús MC e Tonietto J (2018) Vinhos Tropicais do Semiárido do Brasil: desvendando o potencial vitivinícola desta nova fronteira geográfica do vinho. **Territoires du vin (online)** 1–13.
- Pimentel C (2005) Respostas fisiológicas à falta d’água: limitação difusiva ou metabólica? UFRPE, Imprensa Universitária, Recife, p. 13–21. In Nogueira

- SILVA, A. G. Seleção de porta-enxertos de videira tolerantes ao déficit hídrico RJMC, Araújo E de L, Willadino LG, e Cavalcante UMT (eds) **Estresses Ambientais: danos e benefícios em plantas.**
- Pires RCDM, Conceição MAF e Coelho Filho MA (2021) IRRIGAÇÃO DE FRUTEIRAS SUBTROPICAIS (CITRICULTURA E VITICULTURA). ESALQ - USP, Piracicaba, p. 461–497. In PAOLINELLI A, DOURADO NETO D, e MANTOVANI EC (eds) **Diferentes abordagens sobre agricultura irrigada no Brasil: Técnica e Cultura.**
- Prieto JA, Lebon É e Ojeda H (2010) Stomatal behavior of different grapevine cultivars in response to soil water status and air water vapor pressure deficit. **OENO One 44**: 9.
- Protas JF da S, Carnarço UA e Mello LRM de (2002) A viticultura brasileira: realidade e perspectivas. Embrapa Uva e Vinho, p. 17–32. In **Viticultura e Enologia- Atualizando Conceitos.**
- Radmann EB e Bianchi VJ (2008) Uva: da Antiguidade à mesa de nossos dias. Embrapa Informação Tecnológica; Embrapa Clima Temperado, Brasília, DF; Pelotas, RS, p. 891–909. In Barbieri RL e Stumpf ERT (eds) **Origem e evolução de plantas cultivadas.**
- Regina M de A, Fráguas JC, Alvarenga ÂA, Souza CR de, Amorim DA de, Mota RV da e Fávero AC (2006) Implantação e manejo do vinhedo para produção de vinhos de qualidade. **Informe Agropecuário 27**: 16–31.
- Riaz S, Pap D, Uretsky J, Laucou V, Boursiquot JM, Kocsis L e Andrew Walker M (2019) Genetic diversity and parentage analysis of grape rootstocks. **Theoretical and Applied Genetics 132**: 1847–1860.
- Ribeiro GD, Costa JNM, Vieira AH e Santos MRA dos (2005) Enxertia em fruteiras. Embrapa Rondônia, Porto Velho - RO, p. 1–8.
- Sales WS (2018) Avaliação e seleção de híbridos para o desenvolvimento de novas cultivares de uvas de mesa no semiárido brasileiro. Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina - PE, 71p.
- Santos LF dos (2019) Qualidade e capacidade antioxidante durante a maturação da uva BRS Magna em função de porta-enxertos nas condições tropicais do submédio do vale do são francisco. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 1–124p.
- Serra I, Strever A, Myburgh PA e Deloire A (2014) Review: the interaction between rootstocks e cultivars (*Vitis vinifera* L.) to enhance drought tolerance in grapevine. **Australian Journal of Grape and Wine Research 20**: 1–14.

- SILVA, A. G. Seleção de porta-enxertos de videira tolerantes ao déficit hídrico  
Silva ID da (2019) A FRUTICULTURA E SUA IMPORTÂNCIA ECONÔMICA,  
SOCIAL E ALIMENTAR. **Anais Simpósio Nacional de Tecnologia em  
Agronegócio (Sintagro) 11**: 1–10.
- Spósito MB e Silva SR da (2021) Viticultura: produção nacional de uvas e derivados  
avança em todos os segmentos. **Visão Agrícola N.14** 1–100.
- Tropicos (2022) Tropicos| Missouri Botanical Garden. Disponível em  
<<https://tropicos.org/name/34000217>> Acessado em 6 de setembro de 2022.
- Vink SN, Dini-Andreote F, Höfle R, Kicherer A e Salles JF (2021) Interactive Effects  
of Scion and Rootstock Genotypes on the Root Microbiome of Grapevines (*Vitis*  
spp. L.). **Applied Sciences 2021, Vol. 11, Page 1615 11**: 1615.
- Wolkovich EM, García de Cortázar-Atauri I, Morales-Castilla I, Nicholas KA e  
Lacombe T (2018) From Pinot to Xinomavro in the world's future wine-growing  
regions. **Nature Climate Change 8**: 29–37.
- Yordanov I, Velikova V e Tsonev T (2000) Plant Responses to Drought, Acclimation,  
and Stress Tolerance. **Photosynthetica 38**: 171–186.
- Zhang L, Marguerit E, Rossdeutsch L, Ollat N e Gambetta GA (2016) The influence  
of grapevine rootstocks on scion growth and drought resistance. **Theoretical  
and Experimental Plant Physiology 28**: 143–157.

## **CAPÍTULO II**

---

### **DESEMPENHO DE PORTA ENXERTOS DE VIDEIRA EM CONDIÇÕES DE DÉFICIT HÍDRICO: RESPOSTAS NA BIOMASSA, VARIÁVEIS BIOQUÍMICAS E TROCAS GASOSAS**

SILVA, A. G. Seleção de porta-enxertos de videira tolerantes ao déficit hídrico  
**DESEMPENHO DE PORTA-ENXERTOS DE VIDEIRA EM CONDIÇÕES DE  
DÉFICIT HÍDRICO: RESPOSTAS NA BIOMASSA, VARIÁVEIS  
BIOQUÍMICAS E TROCAS GASOSAS**

ALESSANDRO GOMES DA SILVA<sup>1</sup>, EZILDO FRANCISCO FELINTO FILHO<sup>1</sup>,  
CLÁUDIA ULISSES<sup>2</sup>, ROSIMAR DOS SANTOS MUSSER<sup>2</sup>, CRISTINA DOS SANTOS  
RIBEIRO COSTA<sup>3</sup>, AGNALDO RODRIGUES DE MELO CHAVES<sup>4</sup> E PATRÍCIA  
COELHO DE SOUZA LEÃO<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>Estudante de mestrado, Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Recife-PE, 52171-900, Brazil. E-mail: [alegomes1996@gmail.com](mailto:alegomes1996@gmail.com) - ORCID: 0000-0002-8455-6406, [ezildoff@gmail.com](mailto:ezildoff@gmail.com) - ORCID: 0000-0001-9409-544X

<sup>2</sup>Professora, Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Recife-PE, 52171-900, Brazil. E-mail: [claudia.ucsilva@ufrpe.br](mailto:claudia.ucsilva@ufrpe.br) - ORCID: , [Rosimar.musser@ufrpe.br](mailto:Rosimar.musser@ufrpe.br) - ORCID:

<sup>3</sup>Bolsista de Pós-Doutorado - Embrapa Semiárido, Petrolina-PE, 56302-970, Brazil. E-mail: [cristinasrcosta@gmail.com](mailto:cristinasrcosta@gmail.com) - ORCID:

<sup>4</sup>Pesquisador (a) Embrapa Semiárido, Petrolina-PE, 56302-970, Brazil. E-mail: [patricia.leao@embrapa.br](mailto:patricia.leao@embrapa.br) - ORCID: , [agnaldo.chaves@embrapa.br](mailto:agnaldo.chaves@embrapa.br) - ORCID:

\*Autor para correspondência

Trabalho extraído de dissertação de mestrado

Artigo a ser enviado para publicação na  
“Revista Caatinga”

## Resumo

O cultivo de videiras em regiões semiáridas pode ser afetado pelo déficit hídrico, podendo levar prejuízos e estresses bióticos e abióticos. Uma opção para prevenir esses efeitos é a utilização de porta-enxertos tolerantes à seca. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi selecionar porta-enxertos de videira tolerantes ao déficit hídrico com base na biomassa aérea e radicular, variáveis bioquímicas e trocas gasosas para cultivo no Submédio do Vale do São Francisco. O experimento foi conduzido no Campo Experimental de Bebedouro, pertencente a Embrapa Semiárido, em Petrolina – PE. Foram utilizadas as cultivares de porta-enxertos ‘Paulsen1103’, ‘SO4’, ‘IAC 313’, ‘IAC 572’, ‘IAC 766’, ‘Ramsey’ e ‘101-14MgT’ submetidos a três lâminas de irrigação (100, 50 e 20% da ETo). O delineamento experimental foi blocos casualizados com quatro repetições, em parcelas subdivididas, com parcela principal sendo a lâmina de irrigação e a subparcela, os porta-enxertos. Características bioquímicas, de biomassa e relacionadas as trocas gasosas foram utilizadas para a seleção dos melhores porta-enxertos quanto a tolerância a seca por meio de análise multivariada por componentes principais (PCA) e análise de variância. ‘IAC 313’ e ‘IAC 766’ destacaram-se pela maior síntese de prolina nas raízes, ‘IAC 766’ apresentou melhor resultado para síntese de sacarose foliar, enquanto ‘Paulsen1103’ se destacou em prolina foliar, carotenoide e razão clorofila total/carotenoide. Pode-se concluir que os porta-enxertos selecionados apresentam melhor desempenho às características estudadas e, portanto, são uma escolha válida para cultivo da videira no Submédio do Vale do São Francisco, especialmente em condições de déficit hídrico.

Palavras-chave: Osmorregulação; déficit hídrico, fisiologia.

## Abstract

The cultivation of grapevines in semi-arid regions can be affected by water deficit, leading to losses and biotic and abiotic stress. One option to prevent these effects is the use of drought-tolerant rootstocks. Thus, the objective of this study was to select grapevine rootstocks tolerant to water deficit based on above and belowground biomass, biochemical variables, and gas exchange for cultivation in the Submédio do Vale do São Francisco. The experiment was conducted at the Bebedouro Experimental Field, belonging to Embrapa Semiárido, in Petrolina - PE. The rootstock cultivars 'Paulsen1103', 'SO4', 'IAC 313', 'IAC 572', 'IAC 766', 'Ramsey', and '101-14MgT' were subjected to three irrigation levels (100, 50, and 20% of ETo). The experimental design was randomized blocks with four replications, in split plots, with the main plot being irrigation level and the subplot being rootstock cultivars. Biochemical, biomass, and gas exchange-related characteristics were used for rootstock selection for drought tolerance through multivariate analysis by principal component analysis (PCA) and analysis of variance. 'IAC 313' and 'IAC 766' stood out for higher proline synthesis in the roots, 'IAC 766' presented the best result for foliar sucrose synthesis, while 'Paulsen 1103' stood out in foliar proline, carotenoid, and total chlorophyll/carotenoid ratio. It can be concluded that the selected rootstocks perform better on the studied characteristics and are therefore a valid choice for grapevine cultivation in the Submédio do Vale do São Francisco, especially under water deficit conditions.

Keywords: Osmoregulation; water deficit; physiology

## 1. INTRODUÇÃO

A fruticultura é a atividade agrícola atual que mais cresce, gerando uma elevada demanda do mercado consumidor e oportunidades de empregos (SILVA, 2019). A produção de uva fina de mesa no Brasil está concentrada na região do Submédio do Vale do São Francisco, que compreende as cidades de Petrolina – PE, Juazeiro – BA e Casa Nova – BA (LEÃO, 2020b). A viticultura tem grande representatividade no contexto econômico do Brasil, compreendendo uma área de produção que se aproxima de 74.867 ha, sendo 10.125 ha no Submédio do Vale do São Francisco. Nesta região foram produzidas em 2021, 473.869 toneladas de uva (IBGE, 2022), em duas safras anuais, devido às condições climáticas favoráveis a produção de uvas (LEÃO, 2021).

Na viticultura, o uso de porta-enxertos se fez necessário para prevenir estresses bióticos e abióticos tais como filoxera, nematoides e também déficit hídrico (OLLAT et al., 2016; VINK et al., 2021). Devido às mudanças climáticas o porta-enxerto ganhou ainda mais importância na viticultura mundial, aumentando a demanda por novos genótipos tolerantes a salinidade e ao déficit hídrico (SERRA et al., 2014; GALBIGNANI et al., 2016).

Na seleção de porta-enxertos tolerantes ao déficit hídrico deve-se buscar àqueles capazes de manter o rendimento, enquanto promove a conservação dos recursos hídricos por meio da redução da necessidade de irrigação e/ou proteção dos frutos quanto ao dano causado pela seca (ZHANG et al., 2016).

## SILVA, A. G. Seleção de porta-enxertos de videira tolerantes ao déficit hídrico

Estudos comprovam a importância do uso de porta-enxertos tolerantes ao déficit hídrico não só na cultura da videira, mas em culturas como café e citrus, os quais permitem o cultivo em condições ambientais limitantes, maximizando o potencial genético de produção em períodos de escassez hídrica por meio do aumento da biomassa foliar, maior desenvolvimento do sistema radicular, além da rápida adaptação a limitação hídrica por parte da planta (PEIXOTO et al., 2006; BRINATE et al., 2019).

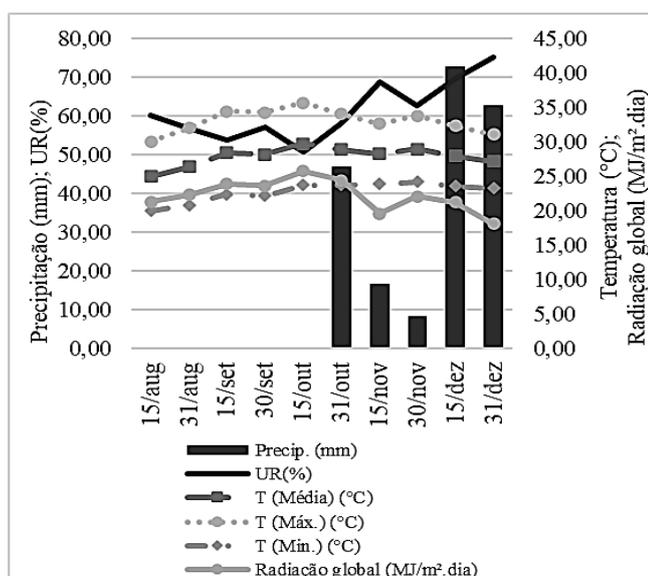
Nesse contexto, a seleção de porta-enxertos de videira melhor adaptados e tolerantes ao déficit hídrico promove maior eficiência no uso dos recursos hídricos e economia no uso da água de irrigação, contribuindo para a sustentabilidade da vitivinicultura no semiárido brasileiro.

O objetivo deste trabalho foi selecionar porta-enxertos de videira tolerantes ao déficit hídrico com base na sua biomassa aérea e radicular, variáveis bioquímicas e trocas gasosas para cultivo no Submédio do Vale do São Francisco.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização do ambiente

O experimento foi realizado no Campo Experimental de Bebedouro pertencente a Embrapa Semiárido, em Petrolina-PE (9°08'06" S 40°18'28" W) no período de 25/08 à 31/12/2021. O clima da região caracteriza-se como BSw<sup>h</sup>, de acordo com a classificação Köppen, os dados de precipitação e temperatura durante o experimento foram apresentados na Figura 1.



**Figura 1:** Registro de condições ambientais durante o experimento, medido a cada 15 dias: precipitação (Precip.) em mm; temperatura média (T média), mínima (T min) e máxima (T max) em °C; umidade relativa do ar (UR) em % e radiação solar global em MJ/m<sup>2</sup>. dia<sup>-1</sup>. Dados obtidos da Estação meteorológica do Campo Experimental de Bebedouro, Petrolina, PE, 2021.

## SILVA, A. G. Seleção de porta-enxertos de videira tolerantes ao déficit hídrico

Foram utilizados vasos com capacidade para 25 litros, contendo substrato composto por solo procedente de área cultivada com videira. Amostras de solo foram coletadas nas profundidades 0-20 e 20-40 cm para análises físicas e químicas para correção da fertilidade (Tabela 1).

**Tabela 1:** Análise química de solo nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm em área cultivada com videira.

C.E	pH	C	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V	
mS.cm <sup>-1</sup>		g.kg <sup>-1</sup>	mg.dm <sup>-3</sup>	-----cmolc.dm <sup>-3</sup> -----									%
0-20 cm													
0.27	6	0	5.82	0.36	0.07	0.7	0.35	0	0.5	1.4	1.9	74.9	
20-40 cm													
2.36	5.4	0	2.8	1	0.37	0.6	0.35	0.05	0.7	2.3	3	76.3	
Determinação micro nutrientes													
			Cu	Fe		Mn		Zn					
-----mg.dm <sup>-3</sup> -----													
0-20 cm			0.66	8.4		15.6		0.66					
20-40 cm			1.2	12.6		19		0.7					

### 2.2 Material vegetal

Os porta-enxertos ‘Paulsen 1103’, ‘SO4’, ‘IAC 313’, ‘IAC 572’, ‘IAC 766’, ‘Ramsey (Salt Creek)’ e ‘101-14 MgT’ foram utilizados por apresentarem tolerância mediana a elevada a seca (LEÃO; SOARES; RODRIGUES, 2009; OLLAT et al., 2016). Mudas dos porta-enxertos com um mês de idade, apresentando quatro folhas expandidas foram transplantadas para os vasos. Os porta-enxertos receberam uma adubação foliar com o fertilizante ‘Ajifol® Gold’ após 42 dias de transplantados, além de Fosfato Monoamônico (MAP), nitrato de cálcio e sulfato de magnésio por meio de fertirrigação em intervalo semanal.

### 2.3 Caracterização do experimento

O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados com quatro repetições, em parcelas subdivididas, onde a parcela principal foi a lâmina de irrigação e a subparcela, os porta-enxertos. A unidade experimental foi composta por dois vasos contendo uma planta de porta-enxerto por vaso. Cada porta-enxerto foi submetido a três lâminas de irrigação: 100% (controle), 50% e 20% da ETo (evapotranspiração de referência), sendo a lâmina calculada diariamente, por meio das equações 1, 2 e 3 antes da irrigação com base nas informações climáticas da Estação Meteorológica Automática localizada no Campo Experimental de Bebedouro.

(1)  $LB = \left( ETo * \frac{Kc}{Ef} \right) - P$ , onde ‘LB’ é a lâmina bruta utilizada no sistema; ‘ETo’ a evapotranspiração, ‘Kc’ o coeficiente de cultura, ‘Ef’ a eficiência do sistema de rega e ‘P’, precipitação.

SILVA, A. G. Seleção de porta-enxertos de videira tolerantes ao déficit hídrico

(2)  $Vap = LB * Esp$ , sendo 'Vap', volume de água aplicado e 'Esp' – espaço entre emissores.

(3)  $Ti = \frac{Vap}{Ne} * Qe$ , onde 'Ti' é o tempo de irrigação, 'Ne' o número de emissores por planta, 'Qe' a vazão dos emissores.

## 2.4 Variáveis avaliadas

Foram avaliadas as seguintes variáveis: fotossíntese líquida (A), condutância estomática (gs), taxa de transpiração (E), déficit de pressão de vapor entre a folha e a atmosfera (DPV), razão entre a concentração interna e externa de CO<sub>2</sub> (Ci/Ca), eficiência intrínseca do uso da água (A/gs = micromol CO<sub>2</sub> mol<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>O), eficiência instantânea do uso da água (A/E= micromol CO<sub>2</sub> mmol<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>O) e temperatura foliar (Tf) que caracterizam as variáveis relacionadas a trocas gasosas realizadas a partir de leituras em analisador de gases a infravermelho portátil (IRGA) (modelo Li-6400XT, Li-Cor, Nebraska, EUA), aplicando um fluxo de fótons de 1600 micromol fótons m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, concentração de CO<sub>2</sub> saturante de 390 ppm (MELO CHAVES et al., 2016).

As análises de trocas gasosas foram iniciadas aos 15 dias após o plantio (14/09/21) e após a diferenciação das lâminas de irrigação nas seguintes datas: 30/09; 07/10; 19/10; 09/11; 08/12 e 14/12/2021. As avaliações foram realizadas a cada 15 dias, com exceção de dias chuvosos e/ou nublados.

Após 93 dias da implantação do experimento, foram coletadas folhas de videira para analisar o teor de clorofila total (*a* e *b*) e carotenoides, bem como teores de metabólitos primários: carboidratos solúveis totais, sacarose e prolina no Laboratório de Anatomia e Bioquímica de Plantas da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). As amostras foliares foram acondicionadas em papel alumínio, congeladas em nitrogênio líquido e armazenadas em freezer a -80° C. Após 128 dias do plantio foram colhidos e separados a raiz e parte aérea avaliando-se a massa fresca por meio de uma balança digital de precisão padrão Ohaus TS4KD, 400g/4000g, mantendo o material vegetal em estufa por dois dias (48h) a 70°C. Em seguida as raízes foram trituradas e acondicionadas em sacos plásticos para as análises de metabólitos primários.

Os teores de clorofila total (*a* e *b*) e carotenoides foram determinados de acordo com a metodologia de Bezerra Neto e Barreto (2011), sendo os resultados expressos em mmol.kg<sup>-1</sup> massa fresca.

A determinação analítica de carboidratos solúveis e sacarose foi realizada pelo método da antrona, conforme descrito por Yemm e Willis (1954), enquanto os teores de prolina foram

SILVA, A. G. Seleção de porta-enxertos de videira tolerantes ao déficit hídrico determinados segundo Bates et al. (1973). Os resultados foram expressos em  $\text{mg.g}^{-1}$  de massa seca, para raízes e massa fresca, para folhas.

## 2.5 Análises estatísticas

A análise de componentes principais (PCA) realizada no software GENES (CRUZ, 2013) foi utilizada para determinar quais das características avaliadas tiveram maior contribuição na variação dos dados, buscando reduzir a estrutura dos dados e investigar a distribuição dos porta-enxertos de videira em gráficos de fatores (PC1 versus PC2). Para a confecção dos gráficos foi utilizado o software Minitab versão 20 (MINITAB, LLC., 2022). Utilizou-se então as variáveis que apresentaram maior contribuição selecionadas pela PCA para realizar a análise de variância e o teste de agrupamento de médias de Scott-Knott através do programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2022).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos foram apresentados nos dois primeiros componentes principais, e juntos representaram 48,83% da variabilidade total dos dados (Figura 2). A PCA colocou as 23 características avaliadas em oito componentes, que apresentaram autovalores maior que 1 e explicaram 94,36% da variação total (Tabela 2). O primeiro componente, que representou 25,99% da variação total, pela sua maior contribuição na variação dos dados obtidos foi a variável taxa de transpiração (E). O segundo componente, que explicou 22,84% da variação total, foi a razão entre clorofila total/carotenoides (chls:caroten). O terceiro componente, explicando 12,03% da variação total, foi a prolina radicular (ProlinaR). O quarto componente, responsável por 10,47% da variação total, foi o teor de carotenoides (caroten). O quinto componente responsável por 7,67% da variação total, foi a sacarose foliar (SacaroseF). O sexto componente, explicando 6,34% da variação total, foi a biomassa aérea fresca (BAF). O sétimo componente explicou 5,44% da variação, teve sua maior contribuição pela variável prolina foliar (ProlinaF). O oitavo componente principal representou 3,59% da variação total, sendo destaque em dois componentes principais, destacando-se a variável fotossíntese líquida (A).

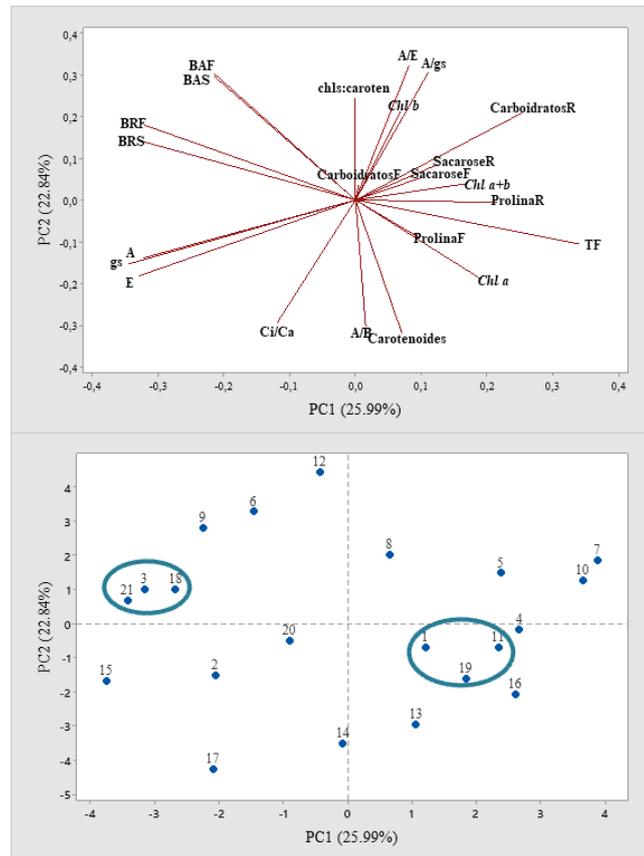
**Tabela 2:** Primeiros oito componentes da análise PCA de 23 variáveis bioquímicas, biomassa aérea e radicular e trocas gasosas analisados em sete cultivares de porta-enxerto de videira em 2021.

Parâmetros	Componentes Principais							
	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8
A	-0.322	-0.139	0.223	-0.155	-0.051	-0.068	0.174	-0.024
gs	-0.345	-0.153	0.195	-0.067	-0.004	-0.099	0.115	-0.038
E	-0.329	-0.182	0.200	-0.073	-0.011	-0.085	0.133	-0.021
TF	0.341	-0.106	-0.204	0.048	-0.028	0.193	-0.018	-0.096

SILVA, A. G. Seleção de porta-enxertos de videira tolerantes ao déficit hídrico

Ci/Ca	-0.120	-0.296	0.019	0.304	0.014	-0.289	-0.195	0.003
A/gs	0.110	0.305	-0.017	-0.322	-0.059	0.274	0.140	0.044
A/E	0.081	0.322	0.086	-0.203	-0.163	0.020	0.343	-0.066
CarboidratosF	0.005	0.035	0.004	0.041	0.714	-0.100	0.044	-0.117
SacaroseF	0.099	0.053	0.371	0.009	-0.056	0.257	-0.359	0.529
ProlinaF	0.097	-0.091	-0.026	-0.130	0.594	0.146	0.297	0.159
CarboidratosR	0.252	0.208	0.171	-0.096	0.067	-0.182	-0.139	-0.429
SacaroseR	0.124	0.085	0.459	-0.189	-0.007	-0.148	0.107	-0.232
ProlinaR	0.215	-0.006	0.333	-0.052	0.223	-0.016	-0.405	0.156
A/B	0.016	-0.303	0.173	-0.374	-0.021	0.074	-0.046	-0.022
Chl a+b	0.168	0.039	0.283	0.434	-0.063	0.043	0.319	0.054
Chl a	0.190	-0.189	0.360	0.090	-0.101	0.110	0.272	0.081
Chl b	0.068	0.211	0.082	0.513	-0.001	-0.034	0.205	0.006
caroten	0.070	-0.318	0.172	0.174	0.058	0.338	0.037	-0.279
chls:caroten	-0.001	0.244	0.049	-0.047	0.068	-0.517	0.139	0.443
BAF	-0.216	0.304	0.174	0.092	0.061	0.042	-0.214	-0.205
BAS	-0.215	0.297	0.157	0.105	0.039	0.072	-0.243	-0.241
BRF	-0.320	0.179	-0.004	0.065	0.097	0.317	0.018	0.074
BRS	-0.325	0.141	0.001	0.068	0.096	0.347	0.059	0.107
Autovalor	5.9781	5.2532	2.7671	2.4071	1.7633	1.4577	1.2501	0.8268
Variância (%)	25.99	22.84	12.03	10.47	7.67	6.34	5.44	3.59
Variância cumulativa	25.99	48.83	60.86	71.33	78.99	85.33	90.77	94.36

A - Fotossíntese líquida; gs - condutância estomática; E - taxa de transpiração; Ci/Ca - razão entre a concentração interna e externa de CO<sub>2</sub>; A/gs - eficiência intrínseca do uso da água; A/E - eficiência instantânea do uso da água; CarboidratosF; ProlinaF; SacaroseF (F – Foliar); CarboidratosR; ProlinaR; SacaroseR (R - Radicular); A/B – razão entre clorofila A e B; Chl a+b – clorofila total; chl a – clorofila a; chl b – clorofila b; caroten – carotenoides; chls:caroten – razão entre clorofila total e carotenoides; BAF - biomassa aérea fresca e BAS – biomassa aérea seca; BRF - biomassa radicular fresca e BRS – biomassa radicular seca



**Figura 2:** Análise de componentes principais (PCA) de características bioquímicas, biomassa e trocas gasosas de porta-enxerto: gráfico de carga fatorial dos parâmetros ao longo de PC1 e PC2 (A) e distribuição das amostras em gráficos de pontuação (B).

Na Figura 2A, pode-se observar a distribuição das variáveis e seu comportamento através da análise de PCA, a medida em que prolina foliar (ProlinaF) diminui existe um acréscimo de BAF e BAS (biomassa aérea fresca e seca, respectivamente), outro comportamento semelhante foi entre carboidrato foliar (carboidratoF) e Ci/Ca (razão entre a concentração interna e externa de CO<sub>2</sub>) a medida que o carboidrato diminui concentração nas folhas aumentou a concentração interna e externa de CO<sub>2</sub>, a diminuição das sacaroses foliar e radicular (SacaroseF,R) podem estar atreladas ao aumento da fotossíntese (A), condutância estomática (gs) e taxa de transpiração (E) como demonstra na Figura 2A. Na Figura 2B, pode-se observar que os genótipos se agrupam de acordo com sua semelhança fenotípica. Por exemplo, 1, 11 e 19, que são os porta-enxertos 101-14MgT, IAC 766 e SO4, respectivamente, apresentaram valores semelhantes para, carboidratos foliares (CarbohidratosF), prolina foliar (ProlinaF) e biomassa radicular fresca (BRF), foram plotados no plano inferior direito, enquanto os genótipos 3, 18 e 21, que são os porta-enxertos 101-14MgT, Ramsey e SO4, respectivamente, apresentaram valores semelhantes para fotossíntese, taxa de transpiração, condutância estomática, temperatura foliar e prolina radicular (ProlinaR), foram plotados no plano superior esquerdo (Figura 2B). Esses resultados demonstram que prolina foliar e radicular, carboidratos foliares, fotossíntese, condutância estomática, taxa de transpiração,

SILVA, A. G. Seleção de porta-enxertos de videira tolerantes ao déficit hídrico temperatura foliar e biomassa radicular fresca são altamente correlacionadas positivamente e, como resultado, essas características levaram aos maiores fatores de carga nesta análise de PCA.

A análise de componentes principais é uma técnica útil de redução de dados que permite a identificação das variáveis que mais contribuem para explicar a variação total em um conjunto de dados (JOLLIFFE, 2002). Mehmood et al. (2014) aplicaram essa técnica em seu conjunto de dados e descobriram que foram necessários oito componentes principais em cada safra avaliada para explicar cerca de 80% da variação total observada. Esses componentes foram selecionados com base nos autovalores e cargas fatoriais das características avaliadas que mais contribuíram para os padrões de desvio.

As oito variáveis com maior contribuição na variação dos dados mencionadas acima foram utilizadas para análise de variância e teste de agrupamento de médias de Scott-Knott. As Tabelas 3 e 4 apresentam resultados para metabólitos primários pigmentos foliares e biomassa aérea, é possível observar que quando houve significância entre porta-enxertos e lâminas de irrigação, realizou-se o desdobramento das médias dos porta-enxertos entre as lâminas de irrigação.

O teor de sacarose nas folhas manteve-se estável no porta-enxerto ‘IAC 766’ (Tabela 3) independente da lâmina de irrigação utilizada, entretanto, quando realizado o desdobramento de porta-enxertos dentro de lâminas de irrigação (Tabela 4), pode-se observar que os porta-enxertos ‘101-14 MgT’, ‘IAC 313’, ‘SO4’ e ‘IAC 766’, não diferiram significativamente nas lâminas 20% e 100% da ETo, mas diferiram do ‘IAC 766’ na lâmina de irrigação intermediária (50% ETo), o qual destacou-se pelo maior teor de sacarose em relação aos demais porta-enxertos nas três lâminas de irrigação. Sob irrigação plena, apenas os porta-enxertos ‘IAC 572’, ‘Paulsen 1103’ e ‘Ramsey’ diferiram dos demais porta-enxertos para teor de sacarose nas folhas (Tabela 4), assim como em um estudo anterior de Santos, Moreira e Rodrigues (2013), onde as restrições hídricas não afetaram a produção de açúcares nas folhas, neste trabalho também não houve um aumento significativo no teor de sacarose durante a irrigação plena, em comparação com as outras condições avaliadas.

**Tabela 3:** Médias e desvio padrão para metabólitos primários nas folhas e raízes, biomassa e pigmentos foliares dos porta-enxertos de videira, Petrolina – PE, 2021.

Porta-enxertos	Sacarose Foliar (mg.g <sup>-1</sup> MF)	Prolina Foliar (mg.g <sup>-1</sup> MF)	Prolina Radicular (mg.g <sup>-1</sup> MS)	Biomassa Aérea Fresca (g. planta <sup>-1</sup> )
101-14 MgT	2.10 ± 0.30 c	3.43 ± 0.78 b	0.05 ± 0.00 d	115.42 ± 60.10 b
IAC 313	2.32 ± 0.32 b	3.52 ± 0.64 b	0.16 ± 0.07 a	209.94 ± 104.54 a
IAC 572	1.99 ± 0.22 c	3.36 ± 0.72 b	0.10 ± 0.05 b	205.48 ± 145.85 a
IAC 766	2.70 ± 0.72 a	3.51 ± 0.37 b	0.16 ± 0.06 a	192.47 ± 103.45 a
Paulsen 1103	1.90 ± 0.09 c	4.55 ± 0.99 a	0.11 ± 0.04 b	107.03 ± 67.99 b

SILVA, A. G. Seleção de porta-enxertos de videira tolerantes ao déficit hídrico

Ramsey	2.10 ± 0.19 c	2.90 ± 0.44 c	0.08 ± 0.02 c	143.84 ± 91.15 b
SO4	2.30 ± 0.19 b	3.03 ± 0.24 c	0.08 ± 0.02 c	136.24 ± 82.39 b
Média	2.20	3.47	0.10	165.83
Lâminas de irrigação				
20% da ETo	4.11 a	3.69 a	0.10 b	69.41 c
50% da ETo	3.85 a	3.39 b	0.14 a	140.66 b
100% da ETo	4.42 a	3.33 b	0.07 c	265.82 a
	Carotenoides (mmol/kg MF)	Chls:Caroten (mmol/kg MF)		
101-14 MgT	0.16 ± 0.04 b	9.42 ± 2.59 b		
IAC 313	0.19 ± 0.08 b	7.34 ± 1.84 b		
IAC 572	0.13 ± 0.05 b	9.98 ± 3.17 b		
IAC 766	0.19 ± 0.15 b	16.36 ± 14.91 a		
Paulsen 1103	0.31 ± 0.09 a	4.40 ± 0.77 c		
Ramsey	0.32 ± 0.08 a	4.89 ± 0.90 c		
SO4	0.18 ± 0.11 b	8.57 ± 7.06 b		
Média	0.21	8.71		
Lâminas de irrigação				
20% da ETo	0.25 a	6.75 a		
50% da ETo	0.21 b	9.04 a		
100% da ETo	0.17 c	10.33 a		

\*Médias ± erro padrão seguidas de letras iguais na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott (p < 0.05).

Alterações metabólicas, acúmulos ou ganho de enzimas, aminoácidos ou carboidratos são respostas esperadas quando as plantas são submetidas ao estresse hídrico, pois as plantas necessitam manter suas atividades metabólicas e de crescimento, exportando assim o excedente de fotoassimilados, muitas vezes na forma de sacarose, para que depois seja hidrolisado e usado como regulador osmótico. Além de poder usar o déficit hídrico de forma controlada para aumento na concentração de açúcares nas folhas e/ou frutos e em outros atributos de qualidades em videira (SANTOS et al., 2013).

Em relação ao conteúdo de prolina nas folhas, pode-se observar na Tabela 3 que o porta enxerto ‘Paulsen 1103’ destaca-se dos demais porta-enxertos e também quando submetido ao manejo de irrigação com déficit hídrico (Tabela 4) evidenciando maior capacidade de adaptação deste a uma condição de restrição hídrica.

Ferreira-Silva et al. (2009), afirmam que o acúmulo de aminoácidos livres, como prolina, tendem a estar relacionado a estresses abióticos, o qual demonstra relação com a osmoproteção das plantas. Portanto, o maior teor de prolina em folhas do porta-enxerto Paulsen 1103 evidencia uma estratégia de proteção, evidenciando maior tolerância deste porta-enxerto a condições de déficit hídrico confirmando resultados mencionados por diversos autores (SOUZA et al., 2001; BRANDÃO e BASSOI, 2011; LO'AY e EL-EZZ, 2021; FAYEK et al., 2022).

**Tabela 4:** Médias e desvio padrão para metabolitos primários nas folhas e raízes, biomassa e pigmentos foliares dos porta-enxertos de videira cultivados em três regimes de irrigação, Petrolina – PE, 2021.

Porta-enxerto	Sacarose Foliar (mg.g <sup>-1</sup> MF)		
	20% ETo	50% ETo	100% ETo
101-14 MgT	2.07 ± 0.13 a A*	1.97 ± 0.10 d A	2.33 ± 0.44 a A
IAC 313	2.14 ± 0.22 a B	2.58 ± 0.07 b A	2.25 ± 0.42 a B
IAC 572	1.80 ± 0.13 b B	2.25 ± 0.08 c A	1.93 ± 0.04 b B
IAC 766	2.30 ± 0.07 a B	3.52 ± 0.70 a A	2.28 ± 0.29 a B
Paulsen 1103	1.91 ± 0.07 b A	1.92 ± 0.14 d A	1.88 ± 0.04 b A
Ramsey	2.27 ± 0.19 a A	2.11 ± 0.10 d A	1.92 ± 0.04 b A
SO4	2.19 ± 0.15 a A	2.28 ± 0.25 c A	2.43 ± 0.04 a A
Média	2.09 B	2.37A	2.15 B
Prolina Foliar (mg.g <sup>-1</sup> MS)			
101-14 MgT	3.36 ± 0.39 b B	2.92 ± 0.37 b B	4.01 ± 1.05 a A
IAC 313	3.49 ± 0.65 b A	3.83 ± 0.56 a A	3.22 ± 0.72 b A
IAC 572	3.87 ± 0.52 b A	3.64 ± 0.37 a A	2.56 ± 0.43 b B
IAC 766	3.29 ± 0.36 b A	3.57 ± 0.41 a A	3.65 ± 0.34 a A
Paulsen 1103	5.27 ± 0.34 a A	3.93 ± 1.32 a B	4.45 ± 0.71 a B
Ramsey	3.37 ± 0.33 b A	2.85 ± 0.26 b A	2.48 ± 0.10 b A
SO4	3.18 ± 0.34 b A	3.01 ± 0.19 b A	2.91 ± 0.04 b A
Média	3.69 A	3.39 B	3.33 B
Prolina Radicular (mg.g <sup>-1</sup> MS)			
101-14 MgT	0.05 ± 0.01 c A	0.05 ± 0.00 d A	0.05 ± 0.00 b A
IAC 313	0.18 ± 0.02 a B	0.22 ± 0.04 a A	0.06 ± 0.03 b C
IAC 572	0.08 ± 0.04 c B	0.14 ± 0.04 b A	0.07 ± 0.04 b B
IAC 766	0.11 ± 0.03 b B	0.24 ± 0.01 a A	0.13 ± 0.04 a B
Paulsen 1103	0.09 ± 0.01 b B	0.15 ± 0.02 b A	0.07 ± 0.01 b B
Ramsey	0.09 ± 0.02 b A	0.10 ± 0.01 c A	0.06 ± 0.03 b B
SO4	0.08 ± 0.01 c A	0.09 ± 0.01 c A	0.06 ± 0.01 b A
Média	0.10 B	0.14 A	0.07 C
BAF (g. planta <sup>-1</sup> )			
101-14 MgT	52.06 ± 21.18 a B <sup>1</sup>	110.05 ± 28.68 a B	184.16 ± 16.84 b A
IAC 313	96.39 ± 19.46 a C	216.24 ± 52.54 a B	317.2 ± 65.94 a A
IAC 572	74.17 ± 42.12 a C	163.2 ± 87.05 a B	379.05 ± 55.78 a A
IAC 766	95.05 ± 49.17 a C	170.88 ± 56.69 a B	311.47 ± 38.11 a A
Paulsen 1103	44.64 ± 24.24 a B	96.45 ± 19.15 a B	180.01 ± 59.61 b A
Ramsey	63.45 ± 17.09 a B	118.49 ± 53.43 a B	249.59 ± 54.13 b A
SO4	60.13 ± 28.93 a B	109.31 ± 21.92 a B	239.28 ± 26.98 b A
Média	69.41C	140.66B	265.82 A
Carotenoides (mmol/kg MF)			
101-14 MgT	0.15 ± 0.02 c A	0.12 ± 0.04 c A	0.19 ± 0.01 a A
IAC 313	0.22 ± 0.09 b A	0.19 ± 0.09 b A	0.16 ± 0.05 a A
IAC 572	0.15 ± 0.05 c A	0.09 ± 0.06 c A	0.16 ± 0.02 a A
IAC 766	0.21 ± 0.15 b B	0.32 ± 0.06 a A	0.04 ± 0.03 b C
Paulsen 1103	0.35 ± 0.05 a A	0.35 ± 0.11 a A	0.22 ± 0.02 a B
Ramsey	0.39 ± 0.01 a A	0.35 ± 0.03 a A	0.22 ± 0.07 a B
SO4	0.26 ± 0.09 b A	0.06 ± 0.04 c B	0.20 ± 0.08 a A
Média	0.25 A	0.21B	0.17C
Chls:Caroten (mmol/kg MF)			
101-14 MgT	8.44 ± 0.22 a B	12.48 ± 2.20 a A	7.34 ± 0.29 b B

SILVA, A. G. Seleção de porta-enxertos de videira tolerantes ao déficit hídrico

IAC 313	6.55 ± 2.25 a A	7.82 ± 2.39 b A	7.66 ± 0.59 b A
IAC 572	9.48 ± 0.80 a A	12.85 ± 3.65 a A	7.60 ± 1.98 b A
IAC 766	9.25 ± 4.47 a B	4.92 ± 1.06 b B	34.90 ± 9.71 a A
Paulsen 1103	3.56 ± 0.53 a A	5.01 ± 0.19 b A	4.60 ± 0.62 b A
Ramsey	5.11 ± 0.34 a A	3.91 ± 0.50 b A	5.64 ± 0.70 b A
SO4	4.86 ± 1.13 a B	16.28 ± 7.86 a A	4.55 ± 0.72 b B
Média	6.75 A	9.04 A	10.33 A

\*Médias ± desvio padrão seguidas de letras minúsculas iguais na coluna comparando porta-enxertos e maiúsculas nas linhas comparando as lâminas. não diferem pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0.05$ ).

O teor de prolina nas raízes também apresentaram interação significativa entre porta-enxertos e manejos de irrigação. Os porta-enxertos ‘IAC 313’ e ‘IAC 766’ diferiram significativamente dos demais porta enxertos (Tabela 3), mas apresentaram comportamentos distintos em função do manejo de irrigação realizado, com destaque para o porta enxerto IAC 313 com maior teor de prolina radicular quando em condição de déficit hídrico (20% ETo) e junto com o porta enxerto Paulsen 1103 também na lâmina de irrigação 50% da ETo (Tabela 4). Valores mais elevados de prolina nas raízes foram observados na lâmina de irrigação intermediária (50% da ETo) para a maioria dos porta enxertos, entretanto no porta enxerto SO4, estes valores foram similares nos três manejos de irrigação adotados.

Muitas plantas adotam uma estratégia de exportar sacarose e outros solutos para órgãos de armazenamento e crescimento, como raízes, principalmente em resposta à seca, como uma tentativa de buscar mais água. Esse processo leva a uma redução na fotossíntese, pois as plantas precisam ajustar-se osmoticamente. Além disso, as plantas acumulam aminoácidos, como a prolina, para mitigar os efeitos prejudiciais do déficit hídrico (LO’AY e EL-EZZ, 2021). No presente trabalho, existiu uma translocação de solutos para as raízes, porém ela não foi significativa de modo a contribuir para o ajuste osmótico da planta, mas quando a planta enfrentou maior estresse hídrico (20% e 50% da ETo) foi possível observar uma tendência de aumento nas quantidades de prolina radicular (Tabela 3 e 4).

Em relação a biomassa fresca dos porta-enxertos observou-se que todos os porta-enxertos apresentaram redução significativa da biomassa aérea em condições de restrição hídrica (20% ETo) comparado a lâmina com irrigação plena (100% ETo). De forma geral os porta-enxertos do grupo IAC diferiram dos demais porta enxertos (Tabela 3). Em condições de disponibilidade hídrica máxima ou 100% ETo, os porta-enxertos do grupo IAC destacaram-se com maior biomassa aérea, especialmente o ‘IAC 572’, cuja massa fresca de parte aérea foi superior à dos porta-enxertos ‘Paulsen 1103’, ‘SO4’, ‘101-14 MgT’ e ‘Ramsey’ (Tabela 4), resultados estes que estão de acordo com aqueles obtidos por Tecchio et

SILVA, A. G. Seleção de porta-enxertos de videira tolerantes ao déficit hídrico al. (2011) onde 'IAC 572' se destaca na produção de biomassa seca da parte aérea em relação as demais cultivares de porta-enxerto estudadas.

O comportamento dos porta-enxertos em relação ao teor de carotenoides nas folhas variou em função da disponibilidade hídrica no solo, observando-se valores mais elevados nos porta-enxertos 'Paulsen 1103' e 'Ramsey' em condição de menor disponibilidade hídrica comparado aos porta-enxertos '101-14 MgT', 'IAC 313', 'IAC 572', 'IAC 766'. Na lâmina de irrigação 50% ETo foram mantidos os teores de carotenoides mais elevados nos porta-enxertos 'Ramsey', 'Paulsen 1103' e 'IAC 766', diferindo significativamente dos demais porta-enxertos (Tabela 4).

Os carotenoides servem como pigmentos coletores de luz, moderador na coleta de proteínas e agem para proteger as clorofilas de reações foto-destrutivas prejudiciais que ocorrem na presença de oxigênio (COGDELL, 1985). Neste trabalho não se observou a redução no teor de carotenoides em nenhuma cultivar de porta-enxerto em condições de menor disponibilidade (20% e 50% ETo) comparada a irrigação plena (100% ETo). A manutenção do teor de carotenoides mesmo durante o déficit hídrico nos porta enxertos de videira, pode sugerir que o fotossistema II é mantido, uma vez que os carotenoides estão associados a esse fotossistema (SILVA et al., 2014; NASCIMENTO et al., 2019).

A razão entre clorofila total e carotenoides (Chls:Caroten) também apresentou interação entre porta-enxertos e manejos de irrigação (Tabela 4), entretanto a maioria dos porta-enxertos não apresentaram diferenças significativas nesta variável comparando-se as três lâminas de irrigação utilizadas. Apenas o porta-enxerto 'IAC 766' reduziu a razão entre clorofila total e carotenoides nas folhas com a redução da disponibilidade hídrica no solo. Por sua vez no porta-enxerto 'SO4', menor razão foi observada nas lâminas de 20% e 100% da ETo, evidenciando que não houve uma boa recuperação dos pigmentos quando são hidratados após o estresse hídrico.

Lo'ay e EL-Ezz (2021) observaram maior conteúdo de pigmentos e principalmente carotenoides em folhas de 'Flame Seedless' enxertadas sobre 'Paulsen 1103' em todos os estádios fenológicos (floração, chumbinho, enchimento e colheita), destacando o desempenho positivo deste porta-enxerto na síntese destes pigmentos especialmente em condições de déficit hídrico como foi observado no presente trabalho.

Lo'ay e El-Ezz (2021), afirmam em estudo que menor razão clorofila/carotenoide, confirma que há acréscimo na produção de carotenoides na planta e, assim, consequente aumento nos sistemas de proteção foliar e proteção ao déficit hídrico. No presente trabalho foi observado que algumas cultivares de porta- enxertos como a 'Ramsey', 'Paulsen 1103' e 'IAC 766', demonstram menores valores médios em situações de menor disponibilidade

SILVA, A. G. Seleção de porta-enxertos de videira tolerantes ao déficit hídrico hídrica (20% e 50% da ETo) (Tabela 4), corroborando assim com a afirmação dos autores supracitados.

A fotossíntese líquida (A) obteve interação significativa entre porta-enxertos de videira (P) e manejos de irrigação (I) (Tabela 5), com a interação P X I não sendo significativa nas diferentes datas avaliadas, portanto não necessitando de desdobramentos. Dessa forma, a fotossíntese líquida (A) foi marcada pela redução dos valores médios ao longo do experimento, principalmente nas últimas datas avaliadas quando, como já era esperado, os efeitos do déficit hídrico no solo foram intensificados. O déficit hídrico observado no manejo com 20% ETo promoveu redução significativa na fotossíntese líquida (A) nas leituras realizadas em 30/09, 07/09, 08/12 e 14/12, mas este comportamento não foi observado nas demais datas avaliadas, o que pode ser consequência (Tabela 5) das altas temperaturas e da radiação solar no dia em que a análise foi realizada. Para Gobbo-Neto e Lopes (2007) as variações anuais, mensais e diárias na temperatura é um dos fatores que exercem maior influência no desenvolvimento das plantas, explicando assim suas quedas de produção mesmo em condições edáficas favoráveis. No trabalho em questão, nas datas 09/11 e 14/12 apesar das condições de irrigação plena, os números de fotossíntese foram menores do que quando em menor disponibilidade hídrica (20 e 50% ETo), demonstrando que a temperatura e a radiação solar possuem mais influência do que estresse hídrico sobre a fotossíntese.

Outro fator que deve ser observado é a diferenciação fisiológica das plantas quando em condições de alta e baixa disponibilidade hídrica. Segundo Zhang et al., (2016), as plantas de videira se adaptam, de forma rápida, a cada situação como, disponibilidade hídrica oferecida a planta, clima e variações diárias de temperatura e evapotranspiração, apresentando características fisiológicas diferentes como aumento de área foliar, aumento de massa fresca em raiz, bem como na copa. Então neste trabalho, foi observado que as mudanças fisiológicas foram mais perceptíveis nas plantas com a máxima disponibilidade hídrica (100% ETo) quando se alterava drasticamente alguma variável diária tal qual temperatura, radiação solar, insolação, evapotranspiração. Enquanto que nas plantas com menor disponibilidade hídrica não foram observadas mudanças drásticas, mostrando mais uma vez que fatores como temperatura, radiação solar, insolação e evapotranspiração, podem influenciar mais no desenvolvimento da planta do que o déficit hídrico.

A diminuição de fotossíntese é comum em plantas que sofrem algum tipo de estresse, com destaque para o hídrico como proporcionado neste trabalho. Souza et al. (2001) mencionaram que uma das primeiras respostas ao déficit hídrico é o fechamento dos estômatos, sendo assim, há uma diminuição da difusão de CO<sub>2</sub> para o mesófilo foliar, o que causa a queda na fotossíntese. Estes autores estudando a cultivar Niágara Rosada enxertada

SILVA, A. G. Seleção de porta-enxertos de videira tolerantes ao déficit hídrico sobre ‘Paulsen 1103’ e ‘101-14 MgT’, observaram que o porta-enxerto ‘Paulsen 1103’ foi mais tolerante do que ‘101-14 MgT’. Porém, neste trabalho, estes dois porta-enxertos apresentaram valores mais elevados para fotossíntese ao longo de todo o período do experimento, principalmente nas últimas datas avaliadas (Tabela 5).

**Tabela 5:** Médias e desvio padrão para fotossíntese líquida (A) nas folhas dos porta-enxertos em sete datas avaliadas, Petrolina – PE, 2021.

Porta-enxerto	A (micromol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )			
	14/09	30/09	07/10	19/10
101-14 MgT	19.38 ± 1.96 a*	17.46 ± 3.77 b	12.18 ± 6.91b	13.05 ± 2.61 a
IAC 313	17.26 ± 2.70 a	15.59 ± 4.38 b	10.38 ± 5.4 b	10.09 ± 2.12 b
IAC 572	14.04 ± 3.31 b	16.50 ± 4.94 b	11.68 ± 6.23 b	9.79 ± 1.4 b
IAC 766	15.76 ± 1.61 b	16.27 ± 2.88 b	9.79 ± 5.68 b	10.62 ± 2.31 b
Paulsen 1103	16.6 ± 2.19 b	17.36 ± 3.93 b	13.87 ± 5.74 a	12.00 ± 2.84 a
Ramsey	17.98 ± 3.21 a	22.25 ± 3.91 a	14.76 ± 6.44 a	14.46 ± 2.05 a
SO4	16.65 ± 3.88 b	18.25 ± 3.67 b	10.86 ± 6.89 b	9.59 ± 2.88 b
Média	16.81	17.67	11.93	11.37
Lâminas de irrigação				
20% da ETo	17.08 a	14.02 c	4.50 c	10.80 a
50% da ETo	16.67 a	17.96 b	14.45 b	11.21 a
100% da ETo	16.68 a	21.03 a	16.84 a	12.10 a
Porta-enxerto	A (micromol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )			
	09/11	08/12	14/12	
101-14 MgT	19.72 ± 3.76 a	12.77 ± 6.56 a	8.17 ± 6.12 a	
IAC 313	11.58 ± 4.19 d	12.15 ± 5.31 a	5.04 ± 3.63 a	
IAC 572	11.22 ± 2.93 d	11.34 ± 4.87 a	4.10 ± 4.22 a	
IAC 766	16.95 ± 3.54 b	11.16 ± 5.61 a	4.68 ± 2.69 a	
Paulsen 1103	19.62 ± 3.30 a	13.67 ± 6.23 a	6.68 ± 4.71 a	
Ramsey	20.51 ± 3.76 a	12.59 ± 6.26 a	5.73 ± 6.02 a	
SO4	15.47 ± 2.16 c	8.23 ± 4.80 b	8.23 ± 4.86 a	
Média	16.44	11.78	6.09	
Lâminas de irrigação				
20% da ETo	18.34 a	6.99 b	4.20 b	
50% da ETo	16.75 a	13.00 a	8.93 a	
100% da ETo	14.23 b	15.12 a	3.88 b	

\*Médias ± desvio padrão seguidas de letras iguais. na coluna. não diferem pelo teste de Scott-Knott (p <0.05).

Em relação a transpiração (E) houve uma tendência de redução dos valores médios ao longo do experimento, mas de forma similar ao que foi observado para fotossíntese, houve interação significativa entre cultivares de porta-enxerto e lâminas de irrigação em três datas avaliadas (30/09, 07/10 e 14/12) (Tabela 7), mas em quatro datas (14/09, 19/10, 09/11 e 08/12), esta interação não foi significativa, apresentando-se os efeitos isolados para porta-enxertos e lâminas de irrigação (Tabela 6). A transpiração das videiras quando submetidas a lâminas de maior restrição hídrica (20% ETo) foi reduzida em quatro datas avaliadas (30/09, 07/10, 19/10 e 08/12) (Tabela 6), mas nas outras três leituras, os valores foram similares entre

SILVA, A. G. Seleção de porta-enxertos de videira tolerantes ao déficit hídrico os tratamentos de manejos de irrigação, ou ainda a transpiração foi mais elevada na condição de menor disponibilidade hídrica comparada a máxima disponibilidade hídrica (14/09, 09/11 e 14/12).

**Tabela 6:** Médias e desvio padrão para transpiração (E) nas folhas dos porta-enxertos de videira em sete datas avaliadas, Petrolina – PE, 2021.

Porta-enxerto	E (mmol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )			
	14/09	30/09	07/10	19/10
101-14 MgT	5.44 ± 0.75 a*	4.02 ± 1.46 c	3.34 ± 1.95 b	4.39 ± 0.9 b
IAC 313	5.02 ± 0.66 a	3.52 ± 1.58 c	2.74 ± 1.26 b	3.35 ± 0.89 c
IAC 572	4.55 ± 1 a	4.00 ± 1.71 c	3.01 ± 1.47 b	3.11 ± 0.97 c
IAC 766	4.86 ± 0.61 a	3.81 ± 1.04 c	2.62 ± 1.52 b	3.44 ± 0.98 c
Paulsen 1103	5.01 ± 0.83 a	4.26 ± 1.45 b	3.78 ± 1.83 a	4.09 ± 1.13 b
Ramsey	5.35 ± 1.27 a	5.21 ± 1.44 a	4.12 ± 1.85 a	5.06 ± 0.6 a
SO4	5.23 ± 1.13 a	4.53 ± 1.44 c	3.12 ± 2.20 b	3.50 ± 1.15 c
Média	5.07	4.19	3.25	3.85
Lâminas de irrigação				
20% da ETo	5.18 a	2.91 c	1.22 c	3.72 a
50% da ETo	4.96 a	4.25 b	3.83 b	3.76 a
100% da ETo	5.06 a	5.43 a	4.70 a	4.06 a
	09/11	08/12	14/12	21/12
101-14 MgT	4.63 ± 1.03 a	3.79 ± 1.99 a	2.55 ± 1.96 a	
IAC 313	2.38 ± 0.89 c	3.42 ± 1.42 a	1.43 ± 1.04 b	
IAC 572	2.31 ± 0.66 c	3.04 ± 1.42 b	1.13 ± 1.07 b	
IAC 766	3.72 ± 0.96 b	3.00 ± 1.72 b	1.30 ± 0.81 b	
Paulsen 1103	4.83 ± 1.10 a	3.95 ± 1.78 a	2.10 ± 1.48 a	
Ramsey	4.41 ± 0.76 a	3.38 ± 1.66 a	1.61 ± 1.71 b	
SO4	3.68 ± 0.83 b	2.25 ± 1.09 b	1.62 ± 1.50 b	
Média	3.71	3.28	1.68	
Lâminas de irrigação				
20% da ETo	4.25 a	1.82 b	1.37 b	
50% da ETo	3.81 a	3.57 a	2.70 a	
100% da ETo	3.07 b	4.40 a	0.97 b	

\*Médias ± erro padrão seguidas de letras iguais. na coluna. não diferem pelo teste de Scott-Knott (p <0.05).

As variações na transpiração dos porta-enxertos em função da lâmina de irrigação e das datas de avaliação não permitem identificar tendência para redução da transpiração em um porta-enxerto específico ou grupo de porta-enxertos em condição de menor disponibilidade hídrica no solo (20% e 50% ETo) (Tabela 7), o que poderia sinalizar uma estratégia de adaptação. Zhang et al. (2016) mencionam que plantas com maior crescimento vegetativo gastam mais energia, com isso, dependendo da disposição do ambiente, a tendência é estas plantas reduzirem suas atividades metabólicas em momentos do dia, a fim de controlar o seu gasto energético. Souza et al. (2001) em trabalho onde utilizaram os porta-enxertos de videira ‘101-14 MgT’ e ‘Paulsen 1103’ com a copa de ‘Niagara rosada’ e a metodologia de cessar e não cessar completamente a rega para demonstrar o efeito do déficit hídrico ao longo do

SILVA, A. G. Seleção de porta-enxertos de videira tolerantes ao déficit hídrico tempo, demonstraram que à medida que avançou o tempo, a transpiração tendeu a diminuir em áreas não irrigadas, enquanto em áreas irrigadas houve tendência de manter uma constante transpiração durante o tempo.

**Tabela 7:** Médias e desvio padrão para transpiração (E) nas folhas dos porta-enxertos de videira em três datas avaliadas desdobradas em três manejos de irrigação, Petrolina – PE, 2021.

Porta-enxerto	E (mmol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ) (30/09)		
	20% ETo	50% ETo	100% ETo
101-14 MgT	2.36 ± 0.48 a C*	4.25 ± 0.57 a B	5.46 ± 0.82 a A
IAC 313	2.18 ± 0.88 a C	3.21 ± 1.15 a B	5.18 ± 0.92 a A
IAC 572	2.10 ± 0.89 a C	4.42 ± 0.48 a B	5.49 ± 1.29 a A
IAC 766	2.96 ± 0.96 a B	4.11 ± 0.63 a A	4.37 ± 1.07 a A
Paulsen 1103	3.62 ± 0.88 a B	3.51 ± 0.77 a B	5.65 ± 1.56 a A
Ramsey	3.88 ± 0.99 a B	5.74 ± 1.16 a A	6.04 ± 1.28 a A
SO4	3.28 ± 0.47 a C	4.53 ± 1.57 a B	5.78 ± 0.86 a A
Média	2.91C	4.25B	5.42A
(07/10)			
101-14 MgT	0.88 ± 0.49 a C	3.94 ± 0.65 b B	5.19 ± 0.42 a A
IAC 313	1.25 ± 0.27 a B	3.24 ± 0.47 b A	3.73 ± 0.96 b A
IAC 572	1.10 ± 0.23 a B	3.71 ± 0.47 b A	4.21 ± 0.45 b A
IAC 766	0.96 ± 0.26 a B	3.12 ± 0.82 b A	3.79 ± 1.38 b A
Paulsen 1103	1.78 ± 0.54 a C	3.73 ± 0.55 b B	5.82 ± 0.90 a A
Ramsey	1.77 ± 0.33 a B	5.65 ± 0.84 a A	4.96 ± 0.58 a A
SO4	0.80 ± 0.68 a C	3.40 ± 0.69 b B	5.16 ± 2.01 a A
Média	1.22C	3.83B	4.70A
(14/12)			
101-14 MgT	1.63 ± 0.78 a B	5.04 ± 0.86 a A	0.97 ± 0.21 a B
IAC 313	1.43 ± 1.01 a A	2.20 ± 1.13 a A	0.67 ± 0.33 a A
IAC 572	1.47 ± 1.05 a A	1.36 ± 1.14 a A	0.56 ± 0.55 a A
IAC 766	1.65 ± 1.19 a A	1.36 ± 0.73 a A	0.89 ± 0.18 a A
Paulsen 1103	1.47 ± 0.69 a A	3.03 ± 1.78 a A	1.82 ± 1.45 a A
Ramsey	1.22 ± 1.36 a B	2.93 ± 1.22 a A	0.69 ± 0.41 a B
SO4	0.70 ± 0.37 a B	2.96 ± 1.95 a A	1.20 ± 0.70 a B
Média	1.37B	2.70A	0.97B

\*Médias ± desvio padrão seguidas de letras minúsculas iguais na coluna comparando porta-enxertos e maiúsculas nas linhas. comparando as lâminas de irrigação não diferem pelo teste de Scott-Knott (p <0.05).

#### 4. CONCLUSÕES

Os porta-enxertos de videira ‘IAC 313’ e ‘IAC 766’ destacaram-se pela maior síntese de prolina nas raízes, enquanto ‘IAC 766’ também apresentou melhor rendimento para síntese de sacarose foliar. Assim estes porta-enxertos do grupo IAC desempenharam resultados satisfatórios acerca das estratégias bioquímicas e de biomassa apresentadas, mostrando-se promissores para a tolerância às condições de cultivo com menor disponibilidade hídrica.

SILVA, A. G. Seleção de porta-enxertos de videira tolerantes ao déficit hídrico

O porta-enxerto 'Paulsen 1103' se destaca em prolina foliar e em todas características de pigmentação (carotenoide e razão clorofila total com carotenoide), confirmando assim capacidade de tolerar condições de pouca disponibilidade hídrica.

A redução da disponibilidade hídrica no solo para 20% e 50% da ETo proporcionou respostas diferentes nos porta-enxertos com relação a valores de 'A' e 'E', com destaque para os porta enxertos '101-14 MgT', 'Paulsen 1103' e 'Ramsey' que ao longo do período de avaliações demonstraram bons rendimentos e destacaram-se principalmente em condições de menor disponibilidade hídrica, quando mais próximo ao final do experimento apresentando assim maior tolerância.

Os porta-enxertos 'IAC 313', 'IAC 766' e 'Paulsen 1103' apresentaram melhor desempenho para metabólitos primários, biomassa aérea, pigmentos e trocas gasosas, que constituem importantes estratégias de adaptação ao déficit hídrico. Os resultados obtidos trazem importantes contribuições para a escolha e utilização de porta-enxertos no Submédio do Vale do São Francisco especialmente em condições de déficit hídrico.

## 5. AGRADECIMENTOS

A CAPES pela bolsa concedida ao primeiro autor.

## 6. REFERÊNCIAS

BATES, L. S.; WALDERN, R. P.; TEARE, I. D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and Soil**, v. 39, p. 205–207, 1973.

BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. **Análises químicas e bioquímicas em plantas**. Recife: Editora Universitária da UFRPE, 2011.

BRANDÃO, L. DA S.; BASSOI, L. H. **Efeitos do manejo de irrigação e de épocas de colheita sobre a qualidade da uva e do vinho**. JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 15. Centenário do Prêmio Nobel de Química: Marie Curie a mulher na ciência. **Anais...Recife: FACEPE: UFPE: CNPq, 2011. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/930060>>. Acesso em: 27 set. 2022**

BRINATE, S. V. B. et al. **Crescimento inicial de enxertos de *Coffea canephora* submetidos ao déficit hídrico**. X Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. **Anais...11 out. 2019. Disponível em: <<http://www.consorciopesquisacafe.com.br/ojs/index.php/SimposioCafe2019/article/view/519>>. Acesso em: 10 ago. 2022**

COGDELL, R. J. Carotenoids in photosynthesis. **Pure and Applied Chemistry**, v. 57, n. 5, p. 723–728, 1 jan. 1985.

SILVA, A. G. Seleção de porta-enxertos de videira tolerantes ao déficit hídrico  
CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and  
quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 35, n. 3, p. 271–276, 11 jul. 2013.

FAYEK, M. A.; RASHEDY, A. A.; ALI, A. E. M. Alleviating the adverse effects of  
deficit irrigation in Flame seedless grapevine via Paulsen interstock. **Revista Brasileira de  
Fruticultura**, v. 44, n. 1, 2022.

FERREIRA, D. F. **SisVar® (Software estatístico): Sistema de análise de variância  
para dados balanceados**. Lavras - DES/UFLA, 2022.

FERREIRA-SILVA, S. L. et al. Influência de porta-enxertos na resistência de mudas  
de cajueiro ao estresse salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 4, p. 361–367,  
2009.

GALBIGNANI, M. et al. Gas exchange and water-use efficiency of cv. Sangiovese  
grafted to rootstocks of varying water-deficit tolerance. **Irrigation Science**, v. 34, n. 2, p.  
105–116, 20 mar. 2016.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no  
conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 374–381, mar. 2007.

IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA**. Disponível em:  
<<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Acesso em: 10 out. 2022.

JOLLIFFE, I. **Springer Series in Statistics. Principal Component Analysis**. New  
York: Springer-Verlag, 2002.

LEÃO, P. C. DE S. Produção de uvas sem sementes no Semiárido brasileiro. Em:  
AGUILA, L. S. H. DEL (Ed.). **Vitivinicultura: função exata em cada processo**. Ponta  
Grossa: Atena., 2020. p. 70–81.

LEÃO, P. C. DE S. **Avanços e perspectivas da produção de uvas de mesa no Vale  
do Submédio São Francisco**. Toda Fruta - Boletim Frutícola, n. 15, p. 1-7, abr. 2021., abr.  
2021. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1136269>>. Acesso  
em: 10 ago. 2022.

LEÃO, P. C. DE S.; SOARES, J. M.; RODRIGUES, B. L. Principais Cultivares. Em:  
**A Vitivinicultura no Semiárido Brasileiro**. 2009. v1. p. 150–214.

LO'AY, A. A.; EL-EZZ, S. F. A. Performance of 'Flame seedless' grapevines grown  
on different rootstocks in response to soil salinity stress. **Scientia Horticulturae**, v. 275, p.  
109704, 3 jan. 2021.

MEHMOOD, A. et al. Genetic diversity of Pakistani guava (*Psidium guajava* L.)  
germplasm and its implications for conservation and breeding. **Scientia Horticulturae**, v.  
172, p. 221–232, jun. 2014.

SILVA, A. G. Seleção de porta-enxertos de videira tolerantes ao déficit hídrico  
MINITAB LLC. **Minitab**, 2022. Disponível em: <<https://www.minitab.com>>. Acesso em: 27 fev. 2023

NASCIMENTO, N. F. DO; NASCIMENTO, L. B. DE B. DO; GONÇALVES, J. F. DE C. Respostas funcionais foliares de plantas jovens de *Hevea brasiliensis*; submetidas à deficiência hídrica e à reidratação. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 3, p. 1019–1032, 30 set. 2019.

OLLAT, N. et al. Grapevine rootstocks: origins and perspectives. **Acta Horticulturae**, v. 1136, n. 1136, p. 11–22, 30 jul. 2016.

PEIXOTO, C. P. et al. Análise de crescimento de diferentes genótipos de citros cultivados sob déficit hídrico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 3, p. 439–443, dez. 2006.

SANTOS, C. M. G.; MOREIRA, M. M.; RODRIGUES, J. D. Metabolismo da videira ‘syrah’ no semiárido nordestino sob três estratégias hídricas. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6, Suplemento 1, p. 3611–3624, 6 dez. 2013.

SERRA, I. et al. Review: the interaction between rootstocks and cultivars (*Vitis vinifera* L.) to enhance drought tolerance in grapevine. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 20, n. 1, p. 1–14, fev. 2014.

SILVA, I. D. DA. A FRUTICULTURA E SUA IMPORTÂNCIA ECONÔMICA, SOCIAL E ALIMENTAR. **Anais Simpósio Nacional de Tecnologia em Agronegócio (Sintagro)**, v. 11, n. 1, p. 1–10, 19 dez. 2019.

SILVA, M. DE A. et al. Pigmentos fotossintéticos e índice spad como descritores de intensidade do estresse por deficiência hídrica em cana-de-açúcar. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 1, p. 173–181, fev. 2014.

SOUZA, C. R. DE; SOARES, Â. M.; REGINA, M. DE A. Trocas gasosas de mudas de videira, obtidas por dois porta-enxertos, submetidas à deficiência hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 10, p. 1221–1230, out. 2001.

TECCHIO, M. A. et al. Extração de nutrientes pela videira “niagara rosada” enxertada em diferentes porta-enxertos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. spe1, p. 736–742, out. 2011.

VINK, S. N. et al. Interactive Effects of Scion and Rootstock Genotypes on the Root Microbiome of Grapevines (*Vitis* spp. L.). **Applied Sciences 2021, Vol. 11, Page 1615**, v. 11, n. 4, p. 1615, 10 fev. 2021.

YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal**, v. 57, p. 508–514, 1954.

SILVA, A. G. Seleção de porta-enxertos de videira tolerantes ao déficit hídrico  
ZHANG, L. et al. The influence of grapevine rootstocks on scion growth and drought  
resistance. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, v. 28, n. 2, p. 143–157, 21 jun.  
2016.

**ANEXO**

---

SILVA, A. G. Seleção de porta-enxertos de videira tolerantes ao déficit hídrico  
**Imagens complementares do artigo intitulado:** “Desempenho de porta-enxertos  
de videira em condições de déficit hídrico: respostas na biomassa, variáveis  
bioquímicas e trocas gasosas”



**Figura 1:** Analisador de gases a infravermelho portátil (IRGA) utilizado para mensurar as trocas gasosas, 14-09-2021. Fonte: Alessandro Silva, 2021.



**Figura 2:** IAC 572 no bloco 3 com lâmina de 50% da ET<sub>0</sub>, com sintomas característicos de estresse hídrico próximo ao fim do experimento, 26-11-2021. Fonte: Alessandro Silva, 2021.



**Figura 3:** IAC 766 no bloco 3 da lâmina com 50% da ETO, com sintomas característicos de estresse hídrico próximo ao fim do experimento, 26-11-2021. Fonte: Alessandro Silva, 2021.



**Figura 4:** IAC 766 no bloco 1 da lâmina com 20% da ETo, com sintomas característicos de estresse hídrico próximo ao fim do experimento, 26-11-2021. Fonte: Alessandro Silva, 2021.



**Figura 5:** IAC 572 no bloco 1 da lâmina com 20% da ETo, com sintomas característicos de estresse hídrico próximo ao fim do experimento, 26-11-2021. Fonte: Alessandro Silva, 2021.



**Figura 6:** IAC 572 no bloco 1 da lâmina com 50% da ETO, com sintomas característicos de estresse hídrico próximo ao fim do experimento, 26-11-2021. Fonte: Alessandro Silva, 2021.



**Figura 7:** 101-14 MgT no bloco 3 da lâmina com 50% da ETo, com sintomas característicos de estresse hídrico próximo ao fim do experimento, 26-11-2021. Fonte: Alessandro Silva, 2021.



**Figura 8:** Experimento com as três lâminas de irrigação (20%, 50% e 100% da ETo, da esq. à dir.) próximo ao fim do experimento, 07-12-2021. Fonte: Alessandro Silva, 2021.