

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

CÍNTIA PATRÍCIA MARTINS DE OLIVEIRA

**FISIOLOGIA, PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE UVA
DE MESA SUBMETIDA A ESTRATÉGIAS HÍDRICAS EM CONDIÇÕES
SEMIÁRIDA**

Ilha Solteira
2023

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

CÍNTIA PATRÍCIA MARTINS DE OLIVEIRA

**FISIOLOGIA, PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE UVA
DE MESA SUBMETIDA A ESTRATÉGIAS HÍDRICAS EM CONDIÇÕES
SEMIÁRIDA**

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Agronomia. Especialidade: Sistemas de Produção

Prof. Dr. Paulo Eduardo Teodoro
Orientador

Pesq. Dr. Welson Lima Simões
Coorientador

Ilha Solteira

2023

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

O48f Oliveira, Cíntia Patrícia Martins de.
Fisiologia, produtividade e qualidade de uva de mesa submetida a estratégias hídricas em condições semiárida / Cíntia Patrícia Martins de Oliveira.
-- Ilha Solteira: [s.n.], 2023
120 f. : il.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Sistemas de Produção, 2023

Orientador: Paulo Eduardo Teodoro
Co-orientador: Welson Lima Simões
Inclui bibliografia

1. Vitis vinífera. 2. Irrigação . 3. Fertilidade de gemas. 4. Metabolismo. 5. Produtividade.


Amanda Sertori dos Santos
Bibliotecária - CRB/8-5061
Seção Técnica de Referência, Atendimento ao
Usuário e Documentação
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: FISILOGIA, PRODUÇÃO E QUALIDADE DAS UVAS DE MESA SUBMETIDA A ESTRATÉGIAS HÍDRICAS EM CONDIÇÕES SEMIÁRIDA

AUTORA: CÍNTIA PATRÍCIA MARTINS DE OLIVEIRA

ORIENTADOR: PAULO EDUARDO TEODORO

COORIENTADOR: WELSON LIMA SIMÕES

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em Agronomia, área:
Sistemas de Produção pela Comissão Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 PAULO EDUARDO TEODORO
Data: 12/06/2023 12:14:20-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. PAULO EDUARDO TEODORO (Participação Virtual)
Experimentação e Melhoramento de Plantas / Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS

Profa. Dra. LILIANE SANTOS DE CAMARGOS (Participação Virtual)
Departamento de Biologia e Zootecnia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Prof. Dr. ALAN MARIO ZUFFO (Participação Virtual)
Departamento de Agronomia / Universidade Estadual do Maranhão - UEMA

Prof. Dr. JOSÉ ALIÇANDRO BEZERRA DA SILVA (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia Agrícola e Ambiental / Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF

Prof. Dr. MIGUEL JÚLIO MACHADO GUIMARÃES (Participação Virtual)
Departamento de Agronomia / Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão - IFMA

Ilha Solteira, 12 de junho de 2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus pela vida, oportunidades, inspiração, capacitação e força interior.

Aos meus pais, Valdemir Martins de Oliveira e Ednaide Martins de Oliveira e aos meus irmãos Anderson Martins de Oliveira e Rogério Martins de Oliveira, por estarem sempre do meu lado, me apoiando.

Ao meu orientador, Dr. Paulo Eduardo Teodoro, por aceitar o convite de orientação, pelas sábias sugestões e, sobretudo, por ter acreditado em mim.

Ao pesquisador Dr. Welson Lima Simões, pelo empenho na minha orientação, paciência, incentivo na busca do conhecimento e principalmente pela amizade construída nesse percurso.

Ao pesquisador Dr. Agnaldo Rodrigues de Melo Chaves, pela disponibilidade, gentileza, ensinamentos e colaboração no desenvolvimento desta pesquisa.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), pela oportunidade de realizar o curso de doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro concedido por meio da bolsa de doutorado.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA) da UNESP/FEIS, pelos ensinamentos e contribuição para minha formação, especialmente ao professor Dr. Paulo Cezar Ceresini.

À Embrapa Semiárido, pela estrutura e apoio para a realização deste trabalho.

A Fazenda Prado Agrícola na pessoa de Augusto Prado por ter permitido a execução desse estudo.

A toda equipe GETAI da Embrapa Semiárido, pela amizade, atenção e ajuda na condução do experimento.

À banca de defesa composta pela Dra. Liliane Santos de Camargos, Dr. Alan Mario Zuffo, Dr. José Aliçandro Bezerra da Silva, Dr. Miguel Júlio Machado Guimarães.

A todos, que direta ou indiretamente contribuíram para minha formação, meus sinceros agradecimentos, vocês foram fundamentais para a conclusão desta etapa.

“O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001”

“O pesquisador tem antes que espiar, se assim se pode dizer, os princípios gerais na natureza, enquanto detecta, através dos grandes conjuntos de fatos experimentais, os traços gerais e exatos que poderão ser explicitados nitidamente”.
(EINSTEIN, 1953, p.61).

RESUMO

A implementação de estratégias de irrigação é imprescindível para gerir de forma mais eficiente o uso da água, assegurar o rendimento dos viticultores e melhorar a qualidade da produção. Esse trabalho teve como objeto investigar o efeito da disponibilidade hídrica sobre a formação de gemas e cachos potenciais e a sua relação com processos metabólicos durante a floração, sobre os processos fisiológicos durante a fase de crescimento da baga, bem como, determinar a lâmina de irrigação mais eficiente para o cultivo de uva de mesa 'Arra15'. A pesquisa foi conduzida em um vinhedo comercial em Petrolina/PE, no ano de 2021 a 2022, em delineamento experimental em blocos casualizados com quatro repetições, os tratamentos foram cinco lâminas de irrigação (70; 85; 100; 115 e 130% da evapotranspiração da cultura - ET_c), avaliadas em diferentes fases fenológicas e em três ciclos produtivos. O aumento gradual das lâminas durante a floração melhorou a diferenciação de gema para o próximo ciclo, enquanto a redução das lâminas diminuiu a fertilidade de gemas. O aumento gradual das lâminas durante o crescimento da baga aumentou o conteúdo relativo de água e clorofila foliar, enquanto a redução da lâmina diminuiu a condutância estomática, fotossíntese líquida, clorofila e aumentou açúcar solúvel total, extravasamento de eletrólitos, malondialdeído, carotenoides, superóxido dismutase, catalase e ascorbato peroxidase. O aumento gradual das lâminas durante todo o ciclo, incrementou a produtividade, número, comprimento, largura e massa do cacho, massa do engaço, número, massa, comprimento e diâmetro da baga, acidez titulável, luminosidade, croma e diminuiu a eficiência do uso da água, os sólidos solúveis nas bagas e a presença de traço de semente. A disponibilidade hídrica influencia a formação de gemas férteis e cachos potenciais para o próximo ciclo. A videira 'Arra 15' apresenta durante a fase de crescimento da baga variações fisiológicas com consequência na redução no tamanho final das bagas. A estratégia de irrigação mais adequada é aplicação de 100% da ET_c durante todo o ciclo, para aumentar a eficiência do uso da água, sem prejudicar o rendimento e qualidade de uva de mesa 'Arra15'.

Palavras-chave: *Vitis vinífera*; irrigação, fertilidade de gemas; metabolismo; produtividade.

ABSTRACT

The implementation of irrigation strategies is essential to manage more efficiently the use of water, to ensure the income of winegrowers and to improve the quality of production. This work aimed to investigate the effect of water availability on the formation of potential buds and clusters and its relationship with metabolic processes during flowering, on physiological processes during the berry growth phase, as well as to determine the most efficient irrigation blade for the cultivation of 'Arra15' table grapes. The research was conducted in a commercial vineyard in Petrolina/PE, in the year 2021 to 2022, in an experimental design in randomized blocks with four replications, the treatments were five irrigation rates (70; 85; 100; 115 and 130% of crop evapotranspiration - ET_c), evaluated in different phenological phases and in three productive cycles. Gradual increase of blades during flowering improved bud differentiation for the next cycle, while reduction of blades decreased bud fertility. Gradual increase of leaf blades during berry growth increased relative water content and leaf chlorophyll, while leaf blade reduction decreased stomatal conductance, net photosynthesis, chlorophyll and increased total soluble sugar, electrolyte leakage, malondialdehyde, carotenoids, superoxide dismutase, catalase and ascorbate peroxidase. The gradual increase of the blades during the whole cycle, increased the productivity, The gradual increase in water levels throughout the cycle increased yield, number, length, width and mass of bunch, stalk mass, number, mass, length and diameter of berries, titratable acidity, luminosity, chroma and decreased water use efficiency, soluble solids in berries and the presence of seed trait. Water availability influences the formation of fertile buds and potential bunches for the next cycle. The 'Arra 15' grapevine presents during the berry growth phase physiological variations with consequence in the reduction in the final size of the berries. The most appropriate irrigation strategy is to apply 100% of ET_c during the whole cycle, to increase water use efficiency, without jeopardizing the yield and quality of 'Arra15' table grape.

Keywords: *Vitis vinifera*; irrigation; bud fertility; metabolism; yield.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Desenho esquemático relativo à distribuição aleatório dos tratamentos na área experimental, Projeto Irrigado Senador Nilo Coelho, Petrolina - PE (09°22'26,75"S e 40°38'4,29"O).....	44
Figura 2	– Médias das variações sazonais de temperatura média (T méd), temperatura máxima (T máx), temperatura mínima (T min) (°C); e precipitação (mm) durante três ciclos produtivos (poda à colheita) em videira 'Arra 15. DAPP - Dias Após Poda de Produção.....	45
Figura 3	– Visualização de gemas de videiras 'Arra15' via cortes transversais. (A): Gema Fértil - GF, gema saudável com dois primórdios de inflorescência, os quais são fragmentos de formas arredondadas circundando um eixo central. (B): Gema Vegetativa - GV, gema saudável sem primórdios de inflorescência. (C): Gema Morta - GM, perda da gema por necrose. Zoom 30X (Foto: Autor, 2022)	48
Figura 4	– Médias da percentagem de gemas mediante presença ou ausência de primórdios de inflorescência em videiras 'Arra15' cultivada em condição semiárida, sob diferentes lâminas de irrigação aplicadas durante a fase de floração e chumbinho. (A): Gema Fértil – GF. (B): Gema Vegetativa – GV. (C): Gema Morta – GM. * e ** = regressão significativa a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.....	50
Figura 5	– Médias da fertilidade potencial do ramo em videiras 'Arra15' cultivada em condição semiárida, sob diferentes lâminas de irrigação aplicadas durante a fase de floração e chumbinho. (A): Fertilidade potencial da região basal dos ramos – FPRBR. (B): Fertilidade potencial na região mediana dos ramos - FPRMR. (C): Fertilidade potencial região apical dos ramos – FPRAR. * e ** = regressão significativa a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.....	51
Figura 6	– Média de número de cacho potencial (NCP) em videiras 'Arra15' cultivada em condição semiárida, sob diferentes lâminas de irrigação aplicadas durante a fase de floração e chumbinho. * e ** = regressão significativa a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.....	52
Figura 7	– Médias de açúcares foliares em videiras 'Arra15' cultivada em condição semiárida, sob diferentes lâminas de irrigação aplicadas durante a fase de floração e chumbinho. (A): Teor de açúcar redutor – ARED. (B): Teor de açúcar solúvel total - AST. * e ** = regressão significativa a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.....	53

- Figura 8** – Médias de trocas gasosas foliares em videiras ‘Arra15’ cultivada em condição semiárida, sob diferentes lâminas de irrigação aplicadas durante a fase de floração e chumbinho. (A): Fotossíntese líquida - Photo. (B): Condutância estomática - Cond. (C): Transpiração – Trmmol. * e ** = regressão significativa a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente. * e ** = regressão significativa a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente..... 54
- Figura 9** – Média do Índice relativo de clorofila - (SPAD) em folhas de videiras ‘Arra15’ cultivada em condição semiárida, sob diferentes lâminas de irrigação aplicadas durante a fase de floração e chumbinho. * e ** = regressão significativa a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente..... 55
- Figura 10** – Biplot para análise de Variáveis Canônicas em videira ‘Arra 15’ sob diferentes regimes hídricos, estudadas em função das variáveis gema fértil (GF), gema vegetativa (GV), gema morta (GM), fertilidade potencial da região basal dos ramos (FPRBR), região mediana dos ramos (FPRMR), região dos ramos (FPRAR) e número de cachos potenciais (NCP), açúcar redutor (ARED), açúcar solúvel total (AST), índice relativo de clorofila (SPAD), fotossíntese líquida (Photo), condutância estomática (Cond), transpiração (Trmmol)..... 56
- Figura 11** – Análise de correlação de Pearson entre as variáveis gema fértil (GF), gema vegetativa (GV), gema morta (GM), fertilidade potencial da região basal dos ramos (FPRBR), região mediana dos ramos (FPRMR), região dos ramos (FPRAR) e número de cachos potenciais (NCP), açúcar redutor (ARED), açúcar solúvel total (AST), índice relativo de clorofila (SPAD), fotossíntese líquida (Photo), condutância estomática (Cond), transpiração (Trmmol). Valores em preto indicam a correlação geral, enquanto os valores coloridos indicam a correlação entre os manejos de irrigação. *, ** e ***: significativos a 5, 1 e 0,1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente..... 58
- Figura 12** – Desenho esquemático relativo à distribuição aleatório dos tratamentos na área experimental, Projeto Irrigado Senador Nilo Coelho, Petrolina - PE (09°22'26,75"S e 40°38'4,29"O)..... 71
- Figura 13** – Médias das variações sazonais de temperatura média (T méd), temperatura máxima (T máx), temperatura mínima (T mín) (°C); e precipitação (mm) durante três ciclos produtivos (poda à colheita) em videira ‘Arra 15. DAPP - Dias Após Poda de Produção..... 72
- Figura 14** – Fases fenológicas da videira ‘Arra 15’: A – brotação do ramo; B - crescimento vegetativo; C - floração e fase de chumbinho; D - 1° fase de crescimento do fruto; E - paralização do

	crescimento do fruto; F - 2º fase de crescimento do fruto; G - maturação final do fruto até a colheita; H - repouso fenológico. Sendo que a Figura 12D corresponde a fase I e a Figura 12F corresponde a fases II de avaliação.....	74
Figura 15	– Médias de transpiração - E (A), clorofila b - CLOROb (B) e açúcar redutor- ARE (C), nas folhas de videiras 'Arra15' cultivada em condição semiárida, sob diferentes lâminas de irrigação aplicadas durante o crescimento da baga. * e ** = regressão significativa a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.....	79
Figura 16	– Médias do tamanho da baga de uva 'Arra15' cultivada em condição semiárida sob diferentes lâminas de irrigação. (A): Comprimento da baga - CB. (B): Diâmetro da baga - DB. * e ** = regressão significativa a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.....	84
Figura 17	– Médias das variações sazonais de temperatura média (T méd), temperatura máxima (T máx), temperatura mínima (T min) (°C); e precipitação (mm) durante três ciclos produtivos (poda à colheita) em videira 'Arra 15'.....	101
Figura 18	– Classificadas do traço de semente em videira cultivar 'Arra15'. TS1 - a semente é grande, madura, consistente, marrom e está totalmente desenvolvida. TS2 - o traço de semente não amadureceu completamente, contudo, apresenta cor marrom, mas não é dura. TS3 - o traço de semente é grande e macio, verde e frágil, não possui consistência; TS4 - somente é possível observar um pequeno traço da semente, totalmente verde, frágil e difícil de notar; e TS5 - ausência de semente.....	103
Figura 19	– Médias de rendimento e eficiência produtiva de videiras 'Arra15' cultivada em condição semiárida, sob diferentes lâminas de irrigação aplicada durante todo ciclo produtivo. (A): Número de cacho - NC. (B): Produtividade - PROD. (C): Eficiência do uso da água - EUA. * e ** = regressão significativa a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.....	106
Figura 20	– Médias de características físicas do cacho de uva 'Arra15' cultivada em condição semiárida, sob diferentes lâminas de irrigação aplicada durante todo ciclo produtivo. (A): Comprimento do cacho - CC. (B): Largura do cacho - LC. (C): Massa do cacho - MC. (D): Massa do engaço - ME. * e ** = regressão significativa a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.....	107

Figura 21	– Médias de características físicas da baga de uva ‘Arra15’ cultivada em condição semiárida, sob diferentes lâminas de irrigação aplicada durante todo ciclo produtivo. (A): Número de baga - NB. (B): Massa da baga - MB. * e ** = regressão significativa a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.....	108
Figura 22	– Médias de características físico-químicas da baga de uva ‘Arra15’ cultivada em condição semiárida, sob diferentes lâminas de irrigação aplicada durante todo ciclo produtivo. (A): Sólidos solúveis - SS. (B): Acidez titulável - AT. * e ** = regressão significativa a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.....	109
Figura 23	– Médias de atributos de cor na casca da baga de uva ‘Arra15’ cultivada em condição semiárida, sob diferentes lâminas de irrigação aplicada durante todo ciclo produtivo. (A): Luminosidade - L*. (B): Croma - C*. * e ** = regressão significativa a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.....	110
Figura 24	– Médias de traço de semente da baga de uva ‘Arra15’ cultivada em condição semiárida, sob diferentes lâminas de irrigação aplicada durante todo ciclo produtivo. Traço de semente tipo1 – TS1, tipo2 – TS2, tipo3 – TS3, tipo4 – TS4 e tipo5 – TS5.....	111

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Análise química de solo arenoso argiloso da área experimental de videira ‘Arra 15’ nas profundidades (Prof.) de 0 -30 cm e de 30-60 cm.....	46
Tabela 2	– P-valor do teste F da análise de variância para as variáveis gema frutífera (GF), gema vegetativa (GV), gema morta (GM), fertilidade potencial da região basal dos ramos (FPRBR), região mediana dos ramos (FPRMR), região apical dos ramos (FPRAR), número de cacho potencial (NCP), açúcar redutor (ARED), açúcar solúvel total (AST), fotossíntese líquida (Photo), condutância estomática (Cond) e transpiração (Trmmol) (A) e índice relativo de clorofila (SPAD).....	49
Tabela 3	– Análise química de solo arenoso argiloso da área experimental de videira ‘Arra 15’ nas profundidades (Prof.) de 0 -30 cm e de 30-60 cm.....	73
Tabela 4	– P-valor do teste F da análise de variância para as variáveis conteúdo relativo de água (CRA), condutância estomática (<i>gs</i>), transpiração (<i>E</i>), fotossíntese líquida (<i>A</i>), clorofila a (CLOROA), clorofila b (CLOROb), açúcar redutor (ARE), açúcar solúvel total (AST) Extravasamento de eletrólitos (EE), malondialdeído (MDA), carotenoides (CARAT), superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), ascorbato peroxidase (APX)	78
Tabela 5	– Desdobramento da interação significativa entre lâminas de irrigação e fases de crescimento da baga para o conteúdo relativo de água - CRA (%), condutância estomática - <i>gs</i> (mol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹), fotossíntese líquida - <i>A</i> (μmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹), clorofila a - CLOROA (μg g ⁻¹ MS), açúcar solúvel total - AST (mg g ⁻¹ MS) nas folhas de videira ‘Arra 15’ cultivadas no semiárido.....	80
Tabela 6	– Extravasamento de eletrólitos - EE (%), malondialdeído - MDA (nmol g ⁻¹ MS), carotenoides - CARAT (μg g ⁻¹ MS), superóxido dismutase - SOD (U g ⁻¹ MF), catalase - CAT (μmol H ₂ O ₂ min ⁻¹ g ⁻¹ MF), ascorbato peroxidase - APX (μmol AsA min ⁻¹ mg ⁻¹ MF) nas folhas de videira ‘Arra 15’, em diferentes fases de crescimento da baga submetidas a diferentes lâminas de irrigação.....	82

Tabela 7	– Análise química de solo areno argiloso da área experimental de videira ‘Arra 15’ nas profundidades (Prof.) de 0 -30 cm e de 30-60 cm.....	100
Tabela 8	– Coeficientes de cultura (Kc) conforme as lâminas de irrigação, referente a cada estágio fenológico de videira Arra 15 cultivada em condição semiárida.....	102
Tabela 9	– P-valor do teste F da análise de variância para produtividade (PROD), número de cacho (NC), eficiência do uso da água (EUA), comprimento do cacho (CC), largura do cacho (LC), massa do cacho (MC) e massa do engaço (ME), número de baga (NB), massa da baga (MB), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), luminosidade (L*), croma (C*), ângulo Hue (H*), traço semente tipo1 (TS1), traço semente tipo2 (TS2), tipo3 (TS3), tipo4 (TS4) e tipo5 (TS5).....	105

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	HIPÓTESES.....	20
3	REVISÃO DE LITERATURA	21
3.1	Importância da produção de uvas de mesa no Vale do Submédio São Francisco.....	21
3.2	Cultivar ‘Arra 15’.....	22
3.3	Manejo de irrigação na videira.....	23
3.4	Influência da disponibilidade hídrica sobre aspectos fisiológicos da videira	24
3.4.1	<i>Conteúdo relativo de água, pigmentos foliares e trocas gasosa.....</i>	24
3.4.2	<i>Carboidratos não estruturais solúveis.....</i>	26
3.4.3	<i>Peroxidação lipídica, extravasamento de eletrólitos e enzimas antioxidantes.....</i>	29
3.5	Fertilidade de gema em videira.....	30
3.6	Características físicas e físico-químicas da uva	32
	REFERÊNCIAS.....	34
4	CAPÍTULO I. ESTRATÉGIA HÍDRICA MELHORA A FORMAÇÃO DE PRIMÓRDIOS DE INFLORESCÊNCIA DE VIDEIRA ‘ARRA 15’ NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO	41
	RESUMO	41
4.1	INTRODUÇÃO	42
4.2	MATERIAL E MÉTODOS	43
4.2.1	Condução do experimento	43
4.2.2	Delineamento experimental.....	46
4.2.3	Variáveis analisadas	47
4.2.4	Análise estatística	48
4.3	RESULTADOS.....	49
4.3.1	Porcentagem de gemas	50

4.3.2	Fertilidade potencial e número de cacho potencial	51
4.3.3	Características fisiológicas.....	52
4.3.4	Variáveis Canônicas.....	55
4.3.5	Correlação de Pearson	57
4.4	DISCUSSÃO	59
4.4.1	Características das gemas e fisiológicas	59
4.4.2	Variáveis canônicas e Correlação de Pearson.....	62
4.5	CONCLUSÕES	65
	REFERÊNCIAS	65
 5	 CAPÍTULO II. METABOLISMO DA VIDEIRA 'ARRA 15' SOBRE DIFERENTES DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO	 68
	RESUMO	68
5.1	INTRODUÇÃO	69
5.2	MATERIAL E MÉTODOS	70
5.2.1	Condução do experimento	70
5.2.2	Delineamento experimental.....	73
5.2.3	Variáveis analisadas	75
5.2.3.1	<i>Fisiológicas</i>	75
5.2.3.2	<i>Variáveis relacionadas ao complexo oxidativo</i>	76
5.2.3.3	<i>Tamanho da baga</i>	77
5.2.4	Análise estatística	77
5.3	RESULTADOS	77
5.3.1	Características Fisiológicas.....	79
5.3.2	Complexo oxidativo	81
5.3.3	Tamanho da baga	84
5.4	DISCUSSÃO	84
5.4.1	Características Fisiológicas.....	84
5.4.2	Complexo oxidativo	89
5.4.3	Tamanho da baga	91
5.5	CONCLUSÕES	92
	REFERÊNCIAS	92

6	CAPÍTULO III. RENDIMENTO E A QUALIDADE DAS UVAS ‘ARRA 15’ SOBRE ESTRATÉGIAS DE IRRIGAÇÃO EM REGIÃO SEMIÁRIDA TROPICAL	97
	RESUMO	97
6.1	INTRODUÇÃO	98
6.2	MATERIAL E MÉTODOS	99
6.2.1	Condução do experimento	99
6.2.2	Delineamento experimental.....	101
6.2.3	Variáveis analisadas	102
6.2.4	Análise estatística	104
6.3	RESULTADOS.....	104
6.3.1	Rendimento e eficiência Produtiva	105
6.3.2	Características físico-químicas da baga.....	107
6.3.3	Classificação do traço de semente.....	110
6.4	DISCUSSÃO	111
6.4.1	Rendimento e eficiência Produtiva	111
6.4.2	Características físico-químicas da baga.....	113
6.4.3	Classificação do traço de semente.....	116
6.5	CONCLUSÕES	116
	REFERÊNCIAS.....	116
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	120

1 INTRODUÇÃO

A viticultura é uma atividade com relevante importância socioeconômica no Brasil, principalmente por contribuir na geração de novos empregos e no desenvolvimento das regiões produtoras (MAIA; RITSCHER; LAZZAROTTO, 2018). O Nordeste representa mais de 90% da produção nacional de uvas de mesa, diferenciando-se das demais regiões pela capacidade de produzir mais de duas safras ao ano (COMEXSTAT, 2021).

O Vale do Submédio São Francisco (VSF), no polo Petrolina-PE/Juazeiro-BA, é considerado pioneiro na produção de uva de mesa com qualidade. Nessa região a viticultura destaca-se como uma das atividades agrícolas com maior importância, especialmente por constituir uma das frutas com maior pauta de exportação na região (LEÃO, 2020). Nas últimas décadas foram introduzidas na região cultivares de uvas sem sementes, principalmente em virtude da grande aceitação dessas uvas no mercado interno e externo (FERRARA *et al.*, 2017).

A produção de cultivares de uva de mesa com características sensoriais apreciadas pelos consumidores é uma preocupação importante e é essencial para atender a um mercado altamente competitivo (ROLLE *et al.*, 2015). A qualidade das uvas é atribuída, pelas características físicas que respondem pela aparência externa, dentre as quais se destacam o tamanho e a forma do fruto, mas também aquelas relativas a sabor, odor, textura e valor nutritivo (DOMINGUES NETO *et al.*, 2016).

A cultivar 'Arra 15' é uma uva sem sementes com boa qualidade alimentar como uva de mesa, com excelente equilíbrio entre a acidez e o açúcar, cujo °brix pode chegar a 20°. As bagas são crocantes, carnudas, suculentas, com coloração verde brilhante, formato alongado, com tamanho de 22 mm por 33 mm. Possui cachos de médio a grandes e soltos, o que reduz os custos com raleio de frutos (GRAPA, 2022). A 'Arra 15' é uma uva americana, plantada em todo o mundo devido à sua adaptabilidade a diferentes climas, excelente desempenho de transporte e longa vida útil (NASCIMENTO *et al.*, 2023). Apresenta alta fertilidade natural de gemas, baixo índice de desgrane e resistência à rachadura de bagas (KARNIEL *et al.*, 2011).

Entretanto, quando cultivares são introduzidas nos parreirais, geralmente apresentam problemas de adaptação, o que implica em maiores ou menores produtividades (SOUZA *et al.*, 2013). Vários fatores ambientais influenciam no ciclo

produtivo de videiras, sendo a disponibilidade hídrica um dos que mais interferem na formação, crescimento e maturação das bagas da uva (KELLER *et al.*, 2016).

As videiras sob restrição hídrica sofrem alterações fisiológicas, refletindo em processos da formação de primórdio de inflorescência e fertilidade de gema (GUILPART; GARY; GARY, 2014). Bem como, sofrem processos fisiológicos refletindo nas trocas gasosas, conteúdo relativo de água e teor de pigmentos fotossintéticos (CERQUEIRA *et al.*, 2015; DAYER *et al.*, 2016). Durante o estresse hídrico, as plantas fecham seus estômatos e acumulam solutos compatíveis para manter um baixo potencial hídrico e evitar a desidratação (TAIZ *et al.*, 2017). Como consequência ocorre a supressão da fotossíntese devido a redução da condutância do mesófilo e limitações a difusão de CO₂ nos tecidos foliares (OUYANGE *et al.*, 2017).

A produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) também é uma resposta das videiras ao estresse hídrico, a qual leva à peroxidação lipídica e a lesão da membrana (HE; ZHANG; LIU, 2018). Estudos evidenciam as enzimas antioxidantes (catalase, superóxido dismutase e ascorbato peroxidase) e a osmorregulação como mecanismos de defesa para proteger as videiras da seca e melhorar o crescimento através da eliminação de EROs (FAHIM *et al.*, 2022).

Contudo, quando o estresse hídrico ocorre de maneira controlada, pode promover a obtenção de frutos de melhor qualidade, sem a redução da produtividade, permitindo uma economia no uso de água (BASSOI; CHAVES; TEXEIRA, 2021). Andrade *et al.* (2017), constataram em videira 'Itália', cultivada em condições semiáridas, maiores produtividades com a redução das lâminas de irrigação. Santos *et al.* (2009) observaram que é possível reduzir o consumo de água da videira 'Syrah' cultivada no semiárido nordestino, sem afetar significativamente o metabolismo.

Dessa forma, em virtude da importância do uso da irrigação em regiões com condições edafoclimáticas favoráveis a viticultura, mediante o potencial produtivo e valorização no mercado das uvas 'Arra 15', se faz necessário a realização de pesquisas relacionadas ao comportamento dessa videira sob efeito do estresse hídrico principalmente em regiões com escassez de suprimento de água.

2 HIPÓTESES

A hipótese no capítulo I foi que durante a fase de formação do primórdio de inflorescência, a redução da lâmina de irrigação pode interferir em eventos metabólicos da videira, sem prejudicar a diferenciação de gemas para o próximo ciclo.

No capítulo II, A hipótese foi que durante a fase de crescimento da baga, a redução da lâmina de irrigação pode interferir em eventos metabólicos da videira sem prejudicar o tamanho final das bagas da uva. Além disso, alguns parâmetros fisiológicos apresentam potencial como indicador de resposta adaptativa de videira 'Arra 15' a restrição hídrica.

A hipótese no capítulo III foi que a eficiência do uso da água de irrigação pode exercer efeito positivo na qualidade da uva para comercialização, sem afetar seu rendimento da videira 'Arra 15' ao longo dos ciclos.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Importância da produção de uvas de mesa no Vale do Submédio São Francisco

O crescimento da produção e do consumo de uvas e vinhos em todo o mundo, vem conferindo especial importância da cultura da videira (*Vitis vinífera* L). No Brasil, a viticultura é uma atividade com relevante importância socioeconômica, principalmente por contribuir na geração de novos empregos e no desenvolvimento das regiões produtoras (MAIA; RITSCHER; LAZZAROTTO, 2018).

O Nordeste brasileiro é a segunda maior região produtora de uvas do País, com 26% da produção nacional, atrás apenas da região Sul com 61% (IBGE, 2020). A região nordestina se diferencia das demais regiões, por direcionar a produção para o mercado externo, tendo mais de 99% da uva fresca produzida exportada desde o ano de 2002 (COMEXSTAT, 2021).

A vitivinicultura no Nordeste está concentrada no Vale do Submédio São Francisco (VSF), no Polo Petrolina-Juazeiro, constituído pelos municípios de Pernambuco (Lagoa Grande, Orocó, Petrolina e Santa Maria da Boa Vista) e da Bahia (Casa Nova, Curaçá, Juazeiro e Sobradinho). O polo tem 100.000 ha irrigados e potencial de irrigar 220.000 ha, com eixo econômico focado na irrigação com fruticultura, olericultura e vitivinicultura (TRINDADE; LIMA, 2018).

O cultivo de uva em clima semiárido tropical é uma excepcionalidade no mundo, uma vez que está situado entre os paralelos 9° e 10° do hemisfério Sul, em uma condição climática que, quando associada à disponibilidade de água para irrigação, favorece uma viticultura com características particulares em relação às regiões vitivinícolas tradicionais do mundo (LEÃO, 2018). A região apresenta temperatura média do ar de $26,2\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,9$, com umidade relativa do ar em torno de $64,4\% \pm 5,5$, precipitação de $549,8\text{ mm} \pm 181,8$ e radiação média global de $442,3\text{ W.m}^{-2} \pm 32$ (EMBRAPA, 2015).

De acordo com Leão (2018), as temperaturas elevadas, a alta insolação e a baixa umidade relativa o ano inteiro, aliadas à disponibilidade de água para irrigação, favorecem o desenvolvimento dos vinhedos, principalmente pela redução na duração do ciclo fenológico de 50 a 30 dias. A região permite uma produtividade elevada ao longo do ano, da ordem de 40 t.ha^{-1} , garantindo o abastecimento interno e a exportação de uvas frescas nos períodos de entressafra de diversos países

produtores, o que torna a viticultura uma atividade que apresenta menor grau de incerteza e elevada rentabilidade econômica (PADILHA *et al.*, 2017).

Mediante a preferência do mercado interno e externo por uvas sem sementes, nas últimas décadas, foram introduzidas no Vale do Submédio São Francisco cultivares de uvas sem sementes, ou seja, uvas apirénicas (FERRARA *et al.*, 2017). Conforme Leão (2020) a produção de cultivares de uvas sem sementes, consolidou o consumo e reduziu os volumes de importação de uvas do Chile.

Além disso, a consolidação da viticultura no Vale do Submédio São Francisco, tem levado empresas privadas internacionais de melhoramento genético, a introduzir cultivares de uva sem sementes, favorecendo o aumento da rentabilidade econômica e da cadeia de produção na região (LEÃO, 2020). Contudo, estas cultivares requerem o desenvolvimento de pesquisas direcionados para melhor adaptação do seu cultivo em condições semiáridas.

3.2 Cultivar ‘Arra 15’

A cultivar americana de uva de mesa ‘ARRAFIFTEEN’ ou ‘Arra 15’ é originada a partir do cruzamento entre GAW5 x GZW44, com o uso da técnica de resgate de embrião. Foi desenvolvida pela Grapa Company juntamente com a Guimarra Vineyards Corporation, na Califórnia, Estados Unidos (KARNIEL; GIUMARRA, 2011).

É uma uva branca sem sementes, plantadas em todo o mundo devido à sua adaptabilidade a diferentes climas, excelente desempenho de transporte e longa vida útil (NASCIMENTO *et al.*, 2023). Apresenta boa qualidade alimentar como uva de mesa, alta fertilidade natural de gemas, baixo índice de desgrane, resistência à rachadura de bagas decorrente de chuvas no período de maturação, grande produção com cerca de 40 a 50 cachos por videira, e uma média de um a dois cachos por broto (KARNIEL; GIUMARRA, 2011).

Conforme o catálogo da GRAPA (2022), a cultivar ‘Arra 15’ caracteriza-se por colheita meio tardia, com produção estimada em 35 t.ha⁻¹. Possui cachos de médio a grandes e soltos, o que reduz os custos com raleio. As bagas são crocantes, carnudas, suculentas, com coloração verde brilhante, formato alongado, com tamanho de 22 mm X 33 mm. A fruta apresenta um sabor doce, com excelente equilíbrio entre a acidez e o açúcar, cujo °brix pode chegar a 20°.

El-Morsy, Gaser e Mohamed (2017), promoveram a descrição morfológica de cultivar ‘Arra 15’ sob clima desértico no Egito, e constataram que sob essas condições

a uva possui formato do cacho tipo espádua e baga do tipo ovóide cilíndrica. Segundo Cruz (2018), a cultivar 'Arra 15' produzida sob condições semiáridas do Submédio do Vale do São Francisco, apresenta baixo índice de desgrane, altos teores de sólidos solúveis, adequada firmeza, resistência à força de compressão, elasticidade da casca e acidez titulável.

No Submédio do Vale do São Francisco, a 'Arra 15' ocupa uma área plantada com mais de 500 hectares (MAIA; RITSCHER; LAZZAROTTO, 2018). Leão (2020) relata que a 'Arra 15' é a principal cultivar branca comercializada para o mercado externo, contribuindo significativamente com o desenvolvimento socioeconômico da região.

3.3 Manejo de irrigação na videira

A irrigação tem se tornado uma prática usual para viticultura, tanto para obtenção de rendimentos regulares ao longo das estações, como para regular o estado da água da cultura (CATALDO; SALVI; MATTII, 2021). A necessidade hídrica da videira pode ser determinada a partir do coeficiente de cultura (K_c), que representa a razão entre a evapotranspiração (ET) em condições ideais pela evapotranspiração de referência (ET_0), nas diferentes fases fenológicas (Allen *et al.*, 1998). A irrigação da videira deve buscar manter um teor de umidade adequado no solo, sem promover estresse pela escassez ou excesso de água (CONCEIÇÃO, 2015).

A escassez hídrica ocorre quando as necessidades de água das plantas não podem ser supridas de forma efusiva (chuvas insuficientes e um nível de lençol freático reduzido, ou retenção de água das partículas do solo), neste caso, o nível de água transpirada excede a água absorvida pelas raízes (SALEHI-LISAR; BAKHSHAYESHAN, 2016). A redução drástica da água no solo, reduz a expansão e divisão celular, prejudica severamente as trocas gasosas, ocasiona o aborto de flores e, eventualmente, a morte da videira (GUILPART; METAY; GARY, 2014; CHAVES *et al.*, 2016; BELFIORE *et al.*, 2021).

O excesso de água no solo pode ocasionar um crescimento vegetativo exuberante, afetar a formação do botão floral e o amadurecimento dos frutos, estimular o desenvolvimento de doenças e, eventualmente, a morte da videira (MONTEIRO; MALHEIRO; BACELAR, 2021). Assim, estratégias de irrigação deficitária, com aplicação de irrigação em níveis abaixo do necessário para sustentar

100% de evapotranspiração, pode ser adotada com o objetivo de produzir uvas de alta qualidade, minimizando perdas de rendimento (GAMBETTA *et al.*, 2020).

Buesa *et al.* (2017) investigaram o efeito do déficit hídrico em videira cv. Mascate de Alexandria cultivada no leste da Espanha, e constataram que irrigação com 50% da evapotranspiração da cultura (ET_c) resultou na maior eficiência no uso da água, garantindo o alto potencial produtivo. Balint e Reynolds (2017) observaram em videira 'Chardonnay' de 13 anos enxertada em C3309, cultivada no Canadá, que adoção de irrigação por gotejamento com 50 e 25% da ET_c, pode levar a maiores rendimentos e economia significativa de água.

Santos *et al.* (2009), mostraram que é possível reduzir o consumo de água da videira 'Syrah', cultivada no semiárido nordestino, sem afetar significativamente o metabolismo. Marinho *et al.*, (2011), constataram que o estresse hídrico moderado a suave tem possibilitado a redução no uso de água, sem impactos nas condições hídricas da videira 'Sugraone'. Andrade *et al.* (2017), observaram em videira 'Itália' cultiva em condições semiáridas, maiores produtividades com a redução das lâminas de irrigação.

Bassoi, Chaves e Teixeira (2021) avaliaram estratégias de irrigação por gotejamento aplicadas desde a fase de cacho fechado até a colheita, em videira Syrah/Paulsen 110, com 4 anos, cultivada no semiárido brasileiro. Constataram que a irrigação deficitária regulada (50-60% da capacidade de campo) pode ser aplicada para fins de economia de água sem afetar a produtividade.

Assim, o manejo da irrigação tem se tornado fator preponderante para a sustentabilidade da viticultura, em virtude dos cenários de uma crise hídrica (BARTLETT; SINCLAIR, 2021). Além disso, o uso da irrigação é a principal fonte de água para a produção de uvas em regiões com baixos índices pluviométricos, como é o caso da região do Submédio São Francisco (MARINHO *et al.*, 2011).

3.4 Influência da disponibilidade hídrica sobre aspectos fisiológicos da videira

3.4.1 Conteúdo relativo de água, pigmentos foliares e trocas gasosa

A disponibilidade hídrica é extremamente importante para as culturas, sendo responsável por garantir a eficiência dos processos, promover a translocação de solutos e a abertura e fechamento de estômatos, onde a sua indisponibilidade pode ocasionar danos ao metabolismo da planta (TAIZ *et al.*, 2017). As plantas respondem

de diferentes maneiras a deficiência hídrica, enquanto as suscetíveis desenvolvem sintomas, acarretando queda na produção, as tolerantes desenvolvem uma série de ajustes morfoanatômicos, fisiológicos e bioquímicos para preservar seu estado hídrico (SALEHI-LISAR; BAKHSHAYESHAN, 2016).

O conteúdo relativo de água é definido como a quantidade de água do tecido vegetal no momento, comparada com a quantidade máxima que ele pode reter (MARRENCO *et al.*, 2014). Conforme Fahim *et al.* (2022), o conteúdo relativo de água é apontado como um eficiente indicador vital do estado da água nas plantas, sendo utilizado em estudos da adaptação de plantas à seca.

Os pigmentos fotossintéticos são importantes nos processos vegetais, e os sinais transmitidos por sua variação, as relações que ocorrem em seu acúmulo e degradação devem ser compreendidas. SALEHI-LISAR e BAKHSHAYESHAN (2016) relatam a sua importância para avaliação da sanidade e integridade celular sob limitação de água, onde sua redução pode ser uma resposta de aclimação ao déficit hídrico. Segundo Khalilzadeh *et al.* (2022), em condição de estresse, o declínio da clorofila pode ocorrer devido à peroxidação das membranas dos cloroplastos, enquanto que o aumento sugere que a atividade enzimática antioxidativa desempenha um papel essencial contra danos oxidativos induzidos pelo estresse.

De acordo com (Salehi-Lisar e Bakhshayeshan (2016), a fotossíntese torna-se um dos parâmetros mais sensível ao estresse hídrico, em virtude à existência de cofatores que diminuem a sua taxa com: a redução da atividade das enzimas; baixa eficiência de carboxilação e da absorção de CO₂ devido ao fechamento e resistência estomática. Durante o estresse hídrico, as plantas fecham seus estômatos e acumulam solutos compatíveis para manter um baixo potencial hídrico e evitar a desidratação (TAIZ *et al.*, 2017). Como consequência ocorre a supressão da fotossíntese devido a redução da condutância do mesófilo e limitações à difusão de CO₂ nos tecidos foliares (OUYANGE *et al.*, 2017).

Os efeitos da redução hídrica na videira, evidenciam diferenças varietais na regulação das trocas gasosas (transpiração e fotossíntese) em situação de estresse hídrico moderado a severo. De acordo com Gambetta *et al.* (2020), a redução da disponibilidade hídrica no solo limita a fotossíntese, em virtude do fechamento dos estômatos quando o déficit hídrico é leve, e em virtude do comprometimento da maquinaria fotossintética quando o déficit é severo.

Bassoi, Chaves e Teixeira (2021) relataram que a restrição hídrica moderada (50-60% da capacidade de campo) ocasiona grandes reduções na fotossíntese líquida, transpiração e condutância estomática em videira 'Syrah', cultivada no semiárido do Brasil. Cerqueira *et al.* (2015) constataram em videiras 'Syrah' e 'Touriga Nacional' cultivadas em Portugal, que além da condutância estomática, fotossíntese líquida, transpiração, concentração sub-estomática de CO₂, o estresse hídrico também afeta negativamente o teor de clorofila total.

Lawlor e Cornic (2002) abordam que sob condições de estresse, a diminuição da taxa fotossintética pode ser devido a limitações bioquímicas desencadeadas pela escassez de água, como a redução dos pigmentos fotossintéticos, principalmente clorofilas, e um declínio nas perspectivas de água e teor relativo de água nas folhas. Resultados de estudo recente mostraram que o estresse hídrico ocasionado com 25% da capacidade de campo, diminuíram a atividade fotossintética, teor relativo de água, quantidade de clorofilaa, clorofilab e clorofila total em folhas de uvas iranianas (FAHIM *et al.* 2022).

Conforme Zufferey *et al.* (2018) a utilização de diferentes indicadores fisiológicos permite uma boa percepção do regime hídrico necessário durante a estação de crescimento e desenvolvimento da videira. Parâmetros biofísicos e fisiológicos, como a temperatura das folhas e as trocas gasosas, são sensíveis ao déficit hídrico do solo, servindo, portanto, como indicadores confiáveis da resposta e resistência ao estresse hídrico em variedades de videira (CERQUEIR *et al.*, 2015; PAGAY; KIDMAN, 2019).

3.4.2 Carboidratos não estruturais solúveis

Os carboidratos das plantas podem ser agrupados em estruturais e não estruturais, respectivamente. Os carboidratos não estruturais, inclui os carboidratos encontrados no conteúdo celular tais como glicose e frutose, e os carboidratos de reserva das plantas, como o amido, a sacarose e as frutanas. Os carboidratos estruturais incluem aqueles encontrados normalmente constituindo a parede celular, representados principalmente pela pectina, hemicelulose e celulose (PROCHOZKOVA *et al.*, 2016).

Os produtos da fotossíntese sintetizados nas folhas classificadas como fontes, são geralmente referidos como fotossintatos ou fotoassimilados, os quais incluem carboidratos não estruturais solúveis (sacarose, glicose e frutose) e insolúveis (amido)

(DAYER *et al.*, 2016). Segundo Walke *et al.* (2021) a maior parte do teor de carboidratos não estruturais das folhas de videira uva consiste em sacarose, glicose e frutose junto com amido.

De acordo com Souza *et al.* (2013), o teor de açúcares solúveis totais nas folhas da videira ao longo do ciclo é muito variável, pois dependerá da fase fenológica da planta, o seu estado nutricional e as condições atmosféricas. Os açúcares solúveis totais (AST) são constituídos basicamente por hexoses e outros açúcares de cadeia maiores, ou seja, todos os açúcares solúveis presentes nas folhas, sendo a sacarose o que ocorre em maior quantidade (MESQUITA *et al.*, 2018).

Conforme Walke *et al.* (2021), a sacarose também é sintetizada a partir de produtos da degradação do amido (ou seja, glicose e maltose) que são exportados do cloroplasto. Os fotossintatos são translocados das folhas na forma de sacarose simplasticamente via plasmodesmos para as células do parênquima do floema e, em seguida, exportados para os tecidos ou órgãos fotossinteticamente menos ativos, como frutos, folhas jovens, ramos e raízes classificados como drenos (Walke *et al.* 2021).

Os açúcares redutores (AR), como a glicose, são normalmente utilizados pelas plantas na realização de funções metabólicas e na formação e emissão de brotos vegetativos e floríferos (OLIVEIRA *et al.*, 2017). Souza *et al.* (2013), relatam que os principais açúcares redutores presentes nas folhas e frutos da videira são a glicose e a frutose, encontrados, principalmente, na fase de maturação.

A diferença entre os conteúdos de ASTs e ARs representa a disponibilidade total de açúcares com função de transporte, especialmente a sacarose. Quanto maior a diferença entre ASTs e de ARs, maiores os teores de sacarose (MESQUITA *et al.*, 2018). De acordo com (WALKE *et al.*, 2021), as concentrações de carboidratos não estruturais solúveis (glicose, frutose e sacarose), bem como a atividade de enzimas do metabolismo de carboidratos em folhas de videiras, são influenciados por fatores como a posição da folha, nível de colheita/demanda do sumidouro, tempo durante a estação e estado hídrico.

Dayer *et al.* (2016) observaram em diferentes fases fenológicas de videiras cv. Malbec cultivadas em clima árido na Argentina, que irrigação com 25% da evapotranspiração de referência resultam em maior concentração de açúcares solúveis totais e menores taxas de fotossíntese, condutância estomática e transpiração, do que a com 100% da evapotranspiração de referência. Segundo Li-

Mallet, Rabot e Geny (2016) é na fase fenológica da floração que ocorre a sincronia entre o declínio da mobilização de açúcar dos órgãos de reserva e o máximo da fotossíntese nas folhas fonte de assimilados, onde 44% do carbono assimilado pela fotossíntese é destinado à reprodução, incluindo o desenvolvimento da inflorescência, flor e baga

De acordo com Fahim *et al.* (2022), o déficit hídrico suave a moderado promove o melhor aproveitamento das trioses-P geradas no ciclo de Calvin para constituir os carboidratos de reserva e estruturais, além de compostos nitrogenados essenciais para a constituição e ativação enzimática. Os açúcares são um osmótico predominante nas folhas de uva, que surgem da triose fosfato produzida pela fotossíntese, a triose fosfato é convertida em amido no cloroplasto ou exportada para o citosol e convertida em sacarose (WALKE *et al.*, 2021).

Conforme He, Zhang e Liu (2018) o aumento progressivo na quantidade de carboidratos solúveis na folha, melhora a resistência das plantas, este efeito é caracterizado como adaptação da cultura à seca. Já Stitt, Von-Schaewen e Willmitzer (1990) relatam que o incremento no teor de carboidratos solúveis, como sorbitol, sacarose e amido nas células, pode reduzir a atividade fotossintética e a condutância estomática. A redução ocorre em virtude da deformação nos tilacóides, deficiência em fosfato inorgânico (Pi) propiciada pela inibição da síntese de sacarose ou devido a enzimas do ciclo de Calvin.

3.4.3 Peroxidação lipídica, extravasamento de eletrólitos e enzimas antioxidantes

As plantas que se encontram sob condição de estresse, aumentam a produção de espécies reativas de oxigênio (EROs), geradas nos cloroplastos, mitocôndrias e peroxissomos (PROCHOZKOVA *et al.* 2016). As principais espécies produzidas incluem os radicais superóxido ($O_2^{\cdot-}$), peróxido de hidrogênio (H_2O_2), radical hidroxila (OH) e oxigênio "singlet" (1O_2) (BARBOSA *et al.*, 2014).

De acordo com He, Zhang e Liu (2018), a alta produção de EROs devido ao estresse hídrico leva à peroxidação lipídica, em termos de conteúdo de malondialdeído (MDA), o qual é um dos produtos finais devido à destruição da membrana celular e é responsável por danos à membrana celular. Além disso, o acúmulo de EROs sob estresse hídrico induz extravasamento de líquido celular (FAHIM *et al.*, 2022).

A ruptura das membranas celulares por estresse hídrico e a inativação das bombas iônicas localizadas nas membranas celulares levam a um aumento da taxa de extravasamento de eletrólitos (ALTINCI; CANGIL, 2019). Conforme He, Zhang e Liu (2018) o extravasamento de eletrólitos é um dos parâmetros mais críticos para identificar plantas com alta resistência ao estresse hídrico. Cultivares com maior estabilidade de membrana durante o estresse hídrico são mais resistentes, possivelmente possuem algum mecanismo de controle a tolerância à seca (FAHIM *et al.*, 2022).

Alguns dos mecanismos ativados como estratégia para controlar a concentração intracelular de ROS durante o estresse hídrico, incluem mecanismos antioxidantes enzimáticos e não enzimáticos (BARBOSA *et al.* 2014). Dentre os não enzimáticos, tem-se principalmente a prolina, os flavonoides e os carotenoides como citar o β -caroteno e a zeaxantina que dissipam o excesso de energia, reduzindo a concentração de EROs (GILL; TUTEJA, 2010). Já em relação aos enzimáticos tem-se a superóxido dismutase (SOD), a catalase (CAT), a ascorbato peroxidase (APX) e a glutatona redutase (GR) (BARBOSA *et al.* 2014).

Segundo Gill e Tuteja (2010), a enzima SOD faz parte da primeira linha de defesa contra as EROs, sendo responsável pela dismutação dos íons superóxidos (O_2^-) transformando-o em $H_2O_2 + O_2$. O íon superóxido é a primeira espécie reativa a ser formada, por meio da transferência de um elétron ao O_2 molecular (BARBOSA *et al.* 2014).

O H_2O_2 presente nas células, oriundo da dismutação da SOD, é constantemente utilizado como substrato pelas enzimas CAT e APX no processo de desintoxicação contra estresse oxidativo, onde catalisam a conversão do H_2O_2 à água e oxigênio molecular (KHALILZADEH *et al.*, 2022). A CAT está presente nos peroxissomas e glioxissomas, e apresenta baixa afinidade pelo substrato, atuando na presença de altos níveis de H_2O_2 . Já a APX é uma enzima importante na eliminação de H_2O_2 no citosol e nos cloroplastos, e apresenta afinidade pelo substrato, atuando na presença de baixos níveis do substrato. (BARBOSA *et al.* 2014).

Vários estudos investigaram as enzimas antioxidantes (CAT, APX E SOD) e a osmorregulação como um mecanismo de defesa para proteger as videiras e melhorar o crescimento através da eliminação de EROs. He, Zhang e Liu (2018) investigaram em folhas de videiras Merlot cultivadas sob clima continental árido da China, o efeito do estresse hídrico com irrigação por gotejamento na composição de SOD, CAT E e

MDA, e constataram que as atividades antioxidantes aumentaram sob estresse hídrico.

Fahim *et al.* (2022) mostraram que o estresse hídrico imposto com 25% da capacidade de campo, diminui o teor aumentou o vazamento de eletrólitos da membrana celular devido ao dano a ela, causando maior produção de malondialdeído e enzimas antioxidantes, em videiras iranianas cultivadas em vasos. Chaves e Aidar (2013) abordam que as avaliações de atividades enzimáticas podem ser usadas como um método de baixo custo e como ferramenta eficiente ao selecionar tratamentos promissores para enfrentar estresse hídrico.

3.5 Fertilidade de gema em videira

A fertilidade de gema consiste em uma medida quantitativa do potencial da videira em produzir frutos, ou um indicador do número de cachos que serão colhidos na próxima safra (VILAR *et al.*, 2017). Em videira, a formação de gema fértil é a consequência da diferenciação do primórdio indiferenciado em primórdio reprodutivo. Conforme Botelho, Pires e Terra (2006), o processo de diferenciação ocorre em três estágios bem definidos, a formação do primórdio indiferenciado, diferenciação em primórdio de inflorescência e formação das flores.

Os primórdios indiferenciados são protuberâncias do tecido meristemático dos ápices das gemas latentes, conhecidas como anlagen (BAEZA *et al.*, 2019). Já o primórdio de inflorescência completamente desenvolvido, possui a forma de um eixo com inúmeras protuberâncias com aspecto semelhante a um cacho de uva, e essas protuberâncias correspondem às futuras flores a serem formadas (BOTELHO; PIRES; TERRA, 2006).

Entretanto, em alguns casos, os tecidos meristemáticos ao invés de se desenvolver em primórdio de inflorescência, desenvolvem-se em primórdios de gavinhas, ou primórdios de brotações, dependendo de vários fatores que influencia a diferenciação do tecido meristemático (MONTEIRO; MALHEIRO; BACELAR, 2021).

Juntamente com o potencial genético, a posição de inserção na parte aérea é o principal fator que afeta a fertilidade das gemas. Na escala do eixo caulinar, o nível de diferenciação segue um gradiente acrópeta onde as inflorescências distais são menos diferenciadas que as proximais (KELLER, 2020). El-Morsy, Gaser e Mohamed (2017), constataram em videira 'Arra 15' cultivada sob condições egípcias, que a fertilidade

da gema ao longo do ramo aumenta gradativamente das gemas basais para as gemas médias e diminuiu gradativamente em direção às gemas distais.

A tendência de aumento da fertilidade a partir da porção mediana das varas é consequência de um maior acúmulo de carboidratos nesta região (KELLER, 2020). A baixa fertilidade das gemas basais também pode ser influenciada pela menor incidência de luz sobre essas gemas (BAEZA *et al.*, 2019).

Além da característica varietal, diversos outros fatores podem influenciar a fertilidade de gema em videira, tais como o balanço hormonal, vigor dos ramos, temperatura ambiente, intensidade luminosa, disponibilidade hídrica, nutrição mineral e práticas culturais (MONTEIRO; MALHEIRO; BACELAR, 2021). Dentre estes a disponibilidade hídrica merece destaque, principalmente mediante necessidade de adequação da irrigação, em cada cultivar, para favorecer a fertilidade de gema.

O estresse hídrico reduz fertilidade de gemas qualquer que seja a posição das gemas no ramo (MATTHEWS; ANDERSON; SCHULT 1987). Buttrose (1974) observaram uma diminuição na fertilidade de gemas de 75% (classificação de inserção 2) para o tratamento mais estressado em comparação com o bem regado. Guilpart, Metay e Gary (2014) quantificaram em condições de clima e mediterrâneo, o efeito do estresse hídrico na formação de inflorescências de videira Shiraz e Aranel. Esses autores constataram que o estresse hídrico leve (60% ETP) durante a floração da temporada anterior, determina a maior parte das variações na fertilidade de gemas e número de bagas por cachos da próxima temporada.

Cabral *et al.* (2021) avaliaram o desempenho de videiras Touriga Francesa sobre o efeito da irrigação, em região mediterrânica de Portugal, concluíram que 25% da ETc parece ser uma estratégia adequada para garantir o potencial produtivo da cultivar, sem afetar a fertilidade das gemas. Williams, Grimes e Phene (2010), em videira ‘Thompson Seedless’ cultivada na Califórnia, o qual constatou que irrigação com 140% da ETc aumenta a necrose das gemas, em consequência a elevação do vigor vegetativo e do sombreamento na zona de renovação.

Guilpart, Metay e Gary (2014) quantificaram em videira ‘Shiraz’ e ‘Aranel’ cultivadas em condições de clima mediterrâneo. Constataram que o déficit hídrico leve (60% ETP) durante a floração da temporada anterior, determina a maior parte das variações na fertilidade de gemas e número de bagas por cachos da próxima temporada.

Como a formação dos primórdios da inflorescência é a fase mais sensível de desenvolvimento dos órgãos reprodutivos da videira (LI-MALLET; RABOT; GENY, 2016). A fertilidade da gema apresenta potencial como indicador simples de estresse, em virtude da sensibilidade da fertilidade de gemas ao estresse hídrico (GUILPART; METAY; GARY, 2014).

3.6 Características físicas e físico-químicas da uva

A produção de cultivares de uva de mesa com características sensoriais apreciadas pelos consumidores é uma preocupação importante e é essencial para atender a um mercado altamente competitivo (ROLLE *et al.*, 2015). Domingues Neto *et al.*, 2016) relata que a qualidade das uvas é atribuída, em parte, pelas características físicas que respondem pela aparência externa, dentre as quais se destacam o tamanho e a forma do fruto, mas também aquelas relativas a sabor, odor, textura e valor nutritivo.

A massa dos cachos é considerada um dos principais atributos de qualidade, tem sua importância na maturação das uvas, pois consiste em um dos componentes críticos de qualidade que afetam a comercialização de uvas de mesa (IBACACHE; ALBORNOZ; ZURITA-SILVA, 2016). A massa dos cachos e da baga são indicadores de rendimento relacionados às fases de floração e frutificação da videira, que podem ser afetados pela temperatura, radiação solar, umidade relativa do ar, precipitação pluviométrica e carga genética da cultivar (ALRASHDI *et al.*, 2017; LEÃO; SILVA, 2018).

Agulheiro-Santos, Laranjo e Rodrigues (2021) descrevem que o processo de crescimento e desenvolvimento da baga é caracterizado por uma curva sigmoideal dupla, definindo-se três estágios diferentes em que ocorrem alterações específicas. No estágio I, início da fase verde do desenvolvimento da baga, o crescimento da baga é causado pela divisão celular e aumento. O estágio II é o estágio mais curto, e o crescimento neste ponto é marcadamente reduzido. No final do estágio II, a cor da baga começa a mudar, e os processos metabólicos que desencadeiam o amadurecimento ocorrem, este momento no ciclo é chamado de pintura. No estágio III, o chamado amadurecimento, o crescimento das bagas é reiniciado devido ao aumento das células (BAEZA *et al.*, 2019).

O engajo está relacionado ao quesito aparência, contribui para a qualidade do cacho, sendo um atributo importante para a comercialização. De acordo com Neves

et al. (2008), características indesejáveis como engaços muito finos, escurecidos e secos podem depreciar a qualidade do engaçó, bem como proporcionar maior índice de desgrane e elevada perda de massa.

Cruz (2018), estudou a evolução da maturação em cultivar 'Arra 15' em condição semiárida, no Submédio do Vale do São Francisco e constatou que no segundo ciclo, é observada maior massa dos cachos, das bagas e dos engaços quando comparado ao primeiro ciclo. De acordo com o autor, fatores climáticos como precipitação, temperatura e radiação, bem como, fatores endógenos como alguns hormônios estão envolvidos no aumento de massa do cacho, baga e engaçó.

Em uvas brancas, a cor é determinada por meio dos atributos luminosidade (L), croma (C) e ângulo de cor (H). Conforme Cruz (2018), estes atributos representam uma escala de componentes da cor, em um espaço tridimensional, representado pelos: eixos de L, cujos valores variam de 100 a 0, que corresponde a cor branca e cor preta respectivamente; coordenadas cromáticas C, que representa a intensidade ou a pureza; e H que correspondente à cor propriamente dita, em valores variáveis de 0 a 360°).

Segundo Rustioni, Maghradze e Failla, (2016), a luminosidade da casca corresponde ao brilho, atributo importante para cultivares de uva de mesa, uma vez que está relacionada à valorização da aparência, bem como à presença de ceras epicuticulares de bagas. O incremento da luminosidade, associado com o aumento da cromaticidade, indica que a coloração dos frutos está menos verde, sendo esta atribuída à redução nos teores de clorofila (SÁNCHEZ-MORENO; LARRAURI; SAURA-CALIXTO, 2008). Cruz (2018) relata que a cultivar 'Arra 15' ao final da maturação apresentam bagas com maior intensidade de croma ou pureza relativa da coloração.

Sun et al. (2017) abordam que o teor de sólidos solúveis (SS) é um dos indicadores de qualidade mais utilizados, uma vez que indicada a maturação, qualidade enológica e o preço a ser pago pelas frutas. Na baga da uva, os sólidos solúveis representam os compostos solúveis em água presentes como açúcares, vitaminas, ácidos, aminoácidos e algumas pectinas (KELLER, 2020).

As uvas de mesa são colhidas após as bagas atingirem os requisitos mínimos de maturidade (TSS: TA $\geq$ 20:1 se o nível Brix for maior ou igual a 12,5 e menor que 14 °Bx, TSS:TA $\geq$ 18:1 se o nível Brix for maior igual ou superior a 14 e inferior a 16 °Bx) (PONI *et al.*, 2018). Segundo Rolle *et al.* (2015), o teor de sólidos solúveis tende

a aumentar acentuadamente com o crescimento da baga até alcançar um ponto de equilíbrio, cujo valor dependente da cultivar, tamanho da baga, produção por planta e das condições climáticas reinantes.

A acidez é um indicador da maturação das uvas, e este critério normalmente é empregado juntamente com a medida do teor de açúcar (LIMA; GUERRA, 2018). Os principais ácidos orgânicos presentes nos bagos de uva são o tartárico e málico, representando, pelo menos, 90% da acidez titulável (AGULHEIRO-SANTOS; LARANJO; RICARDO-RODRIGUES, 2021). Durante o processo de maturação da uva, observa-se uma redução nos teores de acidez devido à degradação do ácido málico (LIMA; GUERRA, 2018).

Ao avaliar os teores de sólidos solúveis e acidez titulável das uvas em condição semiárida, Submédio do Vale do São Francisco pesquisadores divergiram sobre os resultados. Galvão (2020) relatou na cultivar 'Arra 15', que os teores de sólidos solúveis e acidez titulável não possui influência de produtos à base de prolina, contudo o autor indicou que a disponibilidade hídrica exerce forte influência no processo de maturação da 'Arra 15'. Já Nascimento *et al* (2023) constatou que o silício aplicado ao solo aumenta o rendimento e a qualidade das uvas 'Arra 15', por melhorar a resposta da planta a estresses abióticos, sendo tais efeitos mais significativos na estação seca.

REFERÊNCIAS

AGULHEIRO-SANTOS, A. C.; LARANJO, M.; RICARDO-RODRIGUES, S. Table grapes: There is more to vitiviniculture than wine. *In*: MORATA, A.; LOIRA, I.; GONZÁLEZ, C. **Grapes and Wine**, Intech Open, Londres, 2021. p. 139-161.

ALLEN, R. G. *et al*. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. **Fao**, Rome, v. 300, n. 9, p. D05109, 1998.

ALTINCI, N.T.; CANGIL, R. Drought Tolerance of Some Wine Grape Cultivars under In Vitro Conditions. **Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University**, Erzurum, v. 36, n. 1, p. 145–151, 2019.

ALRASHDI, A. M. A.; AL-QURASHI, A. D.; AWAD, M. A.; MOHAMED, S. A.; AL-RASHDI, A. A. Quality, antioxidant compounds, antioxidant capacity and enzymes activity of „El-Bayadi” table grapes at harvest as affected by preharvest salicylic acid and gibberellic acid spray. **Scientia Horticulture**, Jeddah, v. 220, p. 243-249, 2017.

ANDRADE, V. P.; M. D.; SILVA, J. A. B. D., SOUSA, J. S. C. D.; OLIVEIRA, F. F.; SIMÕES, W. L. Physiological characteristics of grapevine under irrigation and

fertilization management1. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 47, n. 4, p. 390-398, 2017.

BAEZA, P.; JUNQUERA, P.; PEIRO, E.; LISSARRAGUE, J. R.; URIARTE, D.; VILANOVA, M. Effects of vine water status on yield components, vegetative response and must and wine composition. **Advances in Grape and Wine Biotechnology**, Londres, v. 1, n. 1, p. 73-94, 2019.

BALINT, G.; REYNOLDS, A. G. Irrigation level and time of imposition impact vine physiology, yield components, fruit composition and wine quality of Ontario Chardonnay. **Scientia horticulturae**, Amsterdam, v. 214, p. 252-272, 2017.

BARBOSA, M. R.; SILVA, M. M. D. A.; WILLADINO, L.; ULISSES, C.; CAMARA, T. R. Geração e desintoxicação enzimática de espécies reativas de oxigênio em plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 3, p. 453-460, 2014.

BARTLETT, M. K.; SINCLAIR, G. Temperature and evaporative demand drive variation in stomatal and hydraulic traits across grape cultivars. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 72, n. 5, p. 1995-2009, 2021.

BASSOI, L. H.; CHAVES, A. R. M.; TEIXEIRA, R. P. Responses of 'Syrah' grapevine to deficit irrigation in the Brazilian semi-arid region. **Agricultural Water Management**, Oxford, v. 258, p. 107186, 2021.

BELFIORE, N.; NERVA, L.; FASOLINI, R.; GAIOTTI, F.; LOVAT, L.; CHITARRA, W. Leaf gas exchange and abscisic acid in leaves of Glera grape variety during drought and recovery. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, [S. l.], v. 33, n. 3, p. 261-270, 2021.

BOTELHO, R. V.; PIRES, E. J. P.; TERRA, M. M. Fertilidade de gemas em videiras: fisiologia e fatores envolvidos. **Ambiência**, Guarapuava, v.2, n.1, p.129-144, 2006.

BUESA, I.; PÉREZ, D.; CASTEL, J.; INTRIGLIOLO, D. S.; CASTEL, J. R. Effect of deficit irrigation on vine performance and grape composition of Vitis vinifera L. cv. Muscat of Alexandria. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, Adelaide, v. 23, n. 2, p. 251-259, 2017.

BUTTROSE, M. S. Climatic factors and fruitfulness in grapevines. **Horticultural Abstracts**, [S. l.], v.46, n.6, p.319-326, 1974.

CABRAL, I. L.; CARNEIRO, A.; NOGUEIRA, T.; QUEIROZ, J. Regulated deficit irrigation and its effects on yield and quality of Vitis vinifera L., touriga francesa in a hot climate area (Douro Region, Portugal). **Agriculture**, Basel, v. 11, n. 8, p. 774, 2021.

CATALDO, E.; SALVI, L.; MATTII, G. B. Effects of irrigation on ecophysiology, sugar content and thiol precursors (3-S-cysteinylhexan-1-ol and 3-S-glutathionylhexan-1-ol) on Vitis vinifera cv. Sauvignon Blanc. **Plant Physiology and Biochemistry**, New Delhi, v. 164, p. 247-259, 2021.

CERQUEIRA, R. C.; COSTA, J. M.; CHAVES, M. M.; RODRIGUES, J. D. Fisiologia e metabolismo foliar em duas variedades de videira sujeitas a um ciclo de déficit hídrico e reidratação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 10, n. 2, p. 211-217, 2015.

CHAVES, A. R. M.; AIDAR, S. T. **Adaptação de protocolo para a extração de enzimas antioxidantes em folhas de plantas lenhosas**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 2013. 3p. (EMBRAPA-CPATSA. Comunicado Técnico, 155).

CHAVES, M. M.; COSTA, J. M.; ZARROUK, O.; PINHEIRO, C.; LOPES, C. M.; PEREIRA, J. S. Controlling stomatal aperture in semi-arid regions - The dilemma of saving water or being cool?. **Plant Science**, Lausanne, v. 251, p. 54-64, 2016.

COMEXSTAT Sistema de Estatísticas do Comércio Exterior. **Exportação e importação geral**. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>. Acesso em: 11 fev. 2023.

CONCEIÇÃO, M. A. F. Irrigação. In: HOFFMANN, A.; SILVEIRA, S. V.; GARRIDO, L. R. **Produção integrada de uva para processamento: fertilidade e manejo do solo e da água**. 2. Ed. Brasília: Embrapa, 2015. p. 29- 39.

CRUZ, M. M. **Maturação e indicadores do ponto de colheita de uva “Arra 15” no Submédio do Vale do São Francisco**. 2018. 102 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2018.

DAYER, S.; PRIETO, J. A.; GALAT, E.; PEÑA, J. P. Leaf carbohydrate metabolism in M albec grapevines: combined effects of regulated deficit irrigation and crop load. **Australian journal of grape and wine research**, Adelaide, v. 22, n. 1, p. 115-123, 2016.

DOMINGUES NETO, F. J.; JUNIOR, A. P.; PAIVA, A. P. M.; MODESTO, L. R.; TECCHIO, M. A. Características físicas e físico-químicas da uva 'Rubi' (Vitis vinifera L.) cultivada em Região Subtropical. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, Hermosillo, v. 17, n. 2, p. 262-266, 2016.

EINSTEIN, A. **Como vejo o mundo**. São Paulo: Nova Fronteira, 1953.

EL-MORSY, F. M.; GASER, A. S. A.; MOHAMED, M. N. Morphological Description and Evaluation of Six Newly-Introduced Grape Cultivars under Egyptian Conditions. **Journal of Plant Production**, Mansoura, v. 8, n. 11, p. 1059-1070, 2017.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Médias Anuais da Estação Agrometeorológica de Bebedouro (Petrolina-PE 09°09'S, 40°22'W). Período 1975-2014. 2015**. Disponível em: <http://www.cpatssa.embrapa.br:8080/servicos/dadosmet/ceb-anual.html>. Acesso em: 25 jan. 2023.

FAHIM, S.; GHANBARI, A.; NAJI, A. M.; SHOKOHIAN, A. A.; LAJAYER, H. M.; GOHARI, G.; HANO, C. Multivariate Discrimination of Some Grapevine Cultivars under Drought Stress in Iran. **Horticulturae**, Basel, v. 8, n. 10, p. 871, 2022.

FERRARA, G.; GALLOTTA, A.; PACUCCI, C.; MATARRESE, A.M.S.; MAZZEO, A.; GIANCASPRO, A.; GADALETA, A.; PIAZZOLLA, F.; COLELLI, G. The table grape 'Victoria' with a long shaped berry: a potential mutation with attractive characteristics for consumers. . **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [S. l.], 97, n.15, p.5398-5405, 2017.

GAMBETTA, G. A.; HERRERA, J. C.; DAYER, S.; FENG, Q.; HOCHBERG, U.; CASTELLARIN, S. D. The physiology of drought stress in grapevine: towards an integrative definition of drought tolerance. **Journal of experimental botany**, Oxford, v. 71, n. 16, p. 4658-4676, 2020.

GALVÃO, C. A. S. **Fontes de l-prolina exógena na redução do estresse em videira**. 2020. 63 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade do Estado da Bahia, Juazeiro, 2018.

GILL, S. S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant physiology and biochemistry**, New Delhi, v. 48, n. 12, p. 909-930, 2010.

GRAPA VARIETIES LTD. **Arra Varieties Catalogue**. 2022. Disponível em: <https://grapaes.com/varieties/arra-catalog/>. Acesso em: 12 dez. 2022.

GUILPART, N.; METAY, A.; GARY, C. Grapevine bud fertility and number of berries per bunch are determined by water and nitrogen stress around flowering in the previous year. **European Journal of Agronomy**, Helsinki, v. 54, n. 1, p. 9-20, 2014.

HE, Z.; ZHANG, T.; LIU, X. Changes in antioxidant enzyme activities and berry composition of vine grapes (Merlot) subjected to water stress with drip irrigation. **Fresenius Environmental Bulletin**, [S. l.], v. 27, p. 9816-9827, 2018.

IBACACHE, A.; ALBORNOZ, F.; ZURITA-SILVA, A. Yield responses in Flame seedless, Thompson seedless and Red Globe table grape cultivars are differentially modified by rootstocks under semi arid conditions. **Sciencia Horticulturae**, Amsterdam, v. 204, p. 25-32, 2016.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola Estatística da Produção Agrícola**. 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618#resultado>. Acesso em: 07 fev. 2023.

KARNIEL, E. S.; GIUMARRA, E. S. **Grape Plant Named "Arrafifteen"**. US Pat. 2011/0219502 P1, 8 sets, 2011. 4p. Disponível em: <https://patents.google.com/patent/US20110219502P1/en>. Acesso em: 12 dez. 2022.

KELLER, Markus. **The science of grapevines**. London: Elsevier Academic Press, 2020. 554 p.

KHALILZADEH, R.; PIRZAD, A.; SEPEHR, E.; ANWAR, S.; KHAN, S. Physiological and biochemical responses of Phragmites australis to wastewater for different time duration. **Acta Physiologiae Plantarum**, Cracóvia, v. 44, n. 12 p. 130, 2022.

LAWLOR, D. W.; CORNIC, G. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. **Plant Cell Environ**, [S. l.], v. 25, n. 1, p. 275–294, 2002.

LEÃO, P. C. S. Produção de uvas sem sementes no Semiárido brasileiro. *In*: AGUILA, J. S.; AGUILA, L. S. H. **Vitivinicultura: função exata em cada processo**. Ponta Grossa: Atena, 2020. p. 70-81.

LEÃO, P. C. S. de; SILVA, D. J. Cultivo da videira no semiárido nordestino. *In*: PIO, R. **Cultivo de fruteiras de clima temperado em regiões subtropicais e tropicais**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2018. p.586-625.

LIMA, M. A. C.; GUERRA, C. C. Colheita e Pós colheita. *In*: MOTOIKE, S.; BORÉM, A. **Uva: do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, 2018. p. 163-185.

LI-MALLET, A.; RABOT, A.; GENY, L. Factors controlling inflorescence primordia formation of grapevine: their role in latent bud fruitfulness? A review. **Botany**, Ottawa, v. 94, n. 3, p. 147-163, 2016.

MAIA, J. D. G.; RITSCHER, P.; LAZZAROTTO, J. J. A viticultura de mesa no Brasil: produção para o mercado nacional e internacional. **Territoires du Vin**, Dijon, v.9, n.1, p. 1-9, 2018.

MARENCO, R. A.; ANTEZANA-VERA, S. A.; GOUVÊA, P. R. D. S.; CAMARGO, M. A. B.; OLIVEIRA, M. F. D.; SANTOS, J. K. D. S. Fisiologia de espécies florestais da Amazônia: fotossíntese, respiração e relações hídricas. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, p. 786-799, 2014.

MARINHO, LÍGIA B.; RODRIGUES, J. J.; SOARES, J. M.; SANTOS, I. S.; BRANDÃO, E. O.; LIMA FILHO, J. M. Potencial de água no solo e na folha da videira "Sugraone" sob déficit hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.11, p. 1115-1122, 2011.

MATTHEWS, M. A.; ANDERSON, M. M.; SCHULT, H. Phenologic and growth responses to early and late season. **Vitis**, Quedlinburg, v. 26, n. 1, p. 147-160, 1987.

MESQUITA, A. C.; DE MORAES, J. P. S.; DE SOUZA, V.; FERREIRA, K. M.; CAMPOS, L. D. A.; VIEIRA, D. A. Alteração bioquímica e enzimática em porta-enxertos de videira sob diferentes fontes de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, Recife, v. 23, n. 1, p. 6, 2018.

MONTEIRO, A. I.; MALHEIRO, A. C.; BACELAR, E. A. Morphology, physiology and analysis techniques of grapevine bud fruitfulness: A review. **Agriculture**, Basel, v. 11, n. 2, p. 127, 2021.

NASCIMENTO, C. W. A.; SILVA, F. B. V.; LIMA, L. H. V.; SILVA, J. R. LIMA VELOSO, V.; SILVA, F. L.; FREITAS, S. T.; SANTOS, L. G.; SANTOS, M. A. Silicon application to soil increases the yield and quality of table grapes (*Vitis vinifera* L.) grown in a semiarid climate of Brazil. **Silicon**, [S. l.], v. 15, n. 4, p. 1647-1658, 2023.

NEVES, L. C.; SILVA, V. X.; BENEDETTE, R. M.; PRILL, M. A. S.; VIEITES, R. L.; ROBERTO, S. R. Conservação de uvas „Crimson Seedless” e „Itália”, submetidas a diferentes tipos de embalagens e dióxido de enxofre (SO₂). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 65-73, 2008.

OLIVEIRA, C. M.; SIMÕES, W. L.; LOPES, P. R. C.; DA SILVA, J. B.; ARAÚJO, E. J.; CAVALCANTE, B. L. S. Flowering, fruiting and physiology of apple tree under different irrigation levels in the Brazilian semiarid region. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 8, n. 1, p. 99-108, 2017.

OUYANG W.; STRUIK P. C.; YIN X.; YANG J. Stomatal conductance, mesophyll conductance, and transpiration efficiency in relation to leaf anatomy in rice and wheat genotypes under drought. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 68, n. 1, p. 5191–5205, 2017.

PADILHA, C. V. DA S.; BIASOTO, A. C. T.; CORREA, L. C.; LIMA, M. DOS S.; PEREIRA, G. E. Phenolic compounds profile and antioxidant activity of commercial tropical red wines (*Vitis vinifera* L.) from São Francisco Valley, Brazil. **Journal of Food Biochemistry**, [S. l.], v. 41, n. 3, p. e12346, 2017.

PAGAY, V.; KIDMAN, C. M. Evaluating remotely-sensed grapevine (*Vitisvinifera* L.) water stress responses across a viticultural region. **Agronomy**, Basel, v. 9, n. 1, 1-17, p. 2019.

PROCHOZKOVA, D.; JAN, S.; ABD-ALLAH, E.F.; AHMAD, P. Water stress in grapevine (*Vitis vinifera* L.). In: AHMAD, P. **Water Stress and Crop Plants: A Sustainable Approach**. Hoboken: JohnWiley & Sons, 2016.

ROLLE, L.; TORCHIO, F.; GIACOSA, S.; RÍO SEGADE, S. Berry density and size as factors related to the physicochemical characteristics of Muscat Hamburg table grapes (*Vitis vinifera* L.). **Food Chemistry**, Reading, v. 173, p. 105-113, 2015.

RUSTIONI, L.; MAGHRADZE, D.; FAILLA, O. Optical properties of berry epicuticular waxes in four Georgian grape Cultivars (*Vitis vinifera* L.). **South African Journal of Enology and Viticulture**, [S. l.], v. 33, n. 2, p. 138-143, 2016.

SALEHI-LISAR, S.Y.; BAKHSHAYESHAN-AGDAM, H. Drought stress in plants: Causes, consequences, and tolerance. In: Hossain, M., Wani, S., Bhattacharjee, S., Burritt, D., Tran, LS. (eds). **Drought Stress Tolerance in Plants**. Cham: Springer, 2016. p. 1-16.

SÁNCHEZ-MORENO, C.; LARRAURI, J. A.; SAURA-CALIXTO, F. A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [S. l.], v. 76, n. 2, p. 270-276, 1998.

SANTOS, A. O.; KAYE, O. Composição quali-quantitativa da produção de ‘Syrah’ cultivada sob estresse hídrico transiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 3, p. 272-281, 2009.

SOUZA, ESSIONE R.; RIBEIRO, V. G.; DANTAS, B. F.; LIMA FILHO, J. M. Variação de carboidratos em folhas da videira 'Itália' submetida a diferentes de níveis de desfolhas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 8, n. 4, p. 535-539, 2013.

STITT, M.; VON SCHAEWEN, A.; WILLMITZER, L. Sink regulation of photosynthetic metabolism in transgenic tobacco plants expressing yeast invertase in their cell wall involves a decrease of the Calvin cycle enzymes and an increase of glycolytic enzymes. **Planta**, Berlin, v. 183, n. 1, p. 40-50, 1990

SUN, M.; ZHANG, D.; LIU, L.; WANG, Z. How to predict the sugariness and hardness of melons: A near-infrared hyperspectral imaging method. **Food Chemistry**, Reading, v. 218, n. 1, p. 413-421, 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888p.

TRINDADE, A. C.; LIMA, W. G. Sustentabilidade Econômica em Empresas de Agronegócio da Região Integrada de Desenvolvimento Econômico Polo Petrolina/PE e Juazeiro/BA. **Revista Pesquisa em Administração**, Caruaru, v. 1, n. 2, p. 2-29, 2018.

VILAR, P. F. I.; SOUZA, E. I. D.; SANTOS, L. D. S.; MARTINEZ, E. A.; RIBEIRO, V. G. Phyto regulators on bud fertility and cluster quality of 'Thompson seedless' grapes grafted onto 'Ramsey' rootstock. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 1, p. 97-108, 2017.

WALKER, R. P.; BONGHI, C.; VAROTTO, S.; BATTISTELLI, A.; BURBIDGE, C. A.; CASTELLARIN, S. D.; FAMIANI, F. Sucrose metabolism and transport in grapevines, with emphasis on berries and leaves, and insights gained from a cross-species comparison. **International Journal of Molecular Sciences**, Basel, v. 22, n. 15, p. 7794, 2021.

ZUFFEREY, V.; VERDENAL, T.; DIENES, A.; BELCHER, S.; LORENZINI, F.; KOESTEL, C.; RÖSTI J.; GINDRO, K.; SPANGENBERG, J. E.; VIRET, O.; SPRING, J. L. The impact of plant water status on the gas exchange, berry composition and wine quality of Chasselas grapes in Switzerland: Impacts of water stress on grapevine physiology. **Oeno One**, Villenave d'Ornon, v. 52, n. 4, p. 347-361, 2018.

4 CAPÍTULO I. ESTRATÉGIA HÍDRICA MELHORA A FORMAÇÃO DE PRIMÓRDIOS DE INFLORESCÊNCIA DE VIDEIRA 'ARRA 15' NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

RESUMO: A falha no manejo da irrigação da videira cultivada no semiárido brasileiro pode afetar a fertilidade das suas gemas. Com isso, o objetivo dessa pesquisa foi investigar o efeito de diferentes lâminas de irrigação durante a floração sobre a formação de gemas e cachos potenciais de videira 'Arra 15' e a sua relação com processos metabólicos. A pesquisa foi realizada em um vinhedo comercial em Petrolina, Pernambuco, Brasil, no ano de 2021 e 2022. O experimento foi conduzido durante três ciclos, em delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições e cinco lâminas de irrigação (70; 85; 100; 115 e 130% da evapotranspiração da cultura – ETc). Foram avaliadas as variáveis gema frutífera, gema vegetativa, gema morta, fertilidade potencial da região basal dos ramos, região mediana dos ramos, região apical dos ramos, número de cacho potencial, açúcar redutor, açúcar solúvel total, fotossíntese líquida, condutância estomática, transpiração e índice relativo de clorofila. A lâmina 115% da ETc melhorou o número de gemas férteis e número de cachos potenciais. Lâmina acima de 115 da ETc aumentou as trocas gasosas e o índice relativo de clorofila. Lâmina com 70% da ETc aumentou os teores de açúcares foliares. A estratégia de irrigação mais adequada é aplicação de 115% da ETc durante a fase de floração, para o aumento de gemas férteis e cachos potenciais do próximo ciclo, sem influenciar o metabolismo da videira. AST apresenta potencial como indicador de déficit hídrico durante a floração, e como indicador de formação de GV para o próximo ciclo.

Palavras-chave: *Vitis vinífera*; Irrigação; Gema fértil; Trocas gasosas; Açúcares foliares.

WATER STRATEGY IMPROVES THE FORMATION OF 'ARRA 15' GRAPEVINE INFLORESCENCE PRIMORDIA IN THE BRAZILIAN SEMI-ARID REGION

ABSTRACT: Failure in irrigation management of grapevines grown in the Brazilian semiarid region can affect the fertility of their buds. Therefore, the objective of this research was to investigate the effect of different irrigation rates during flowering on the formation of buds and potential clusters of 'Arra 15' grapevine and its relationship with metabolic processes. The research was conducted in a commercial vineyard in

Petrolina, Pernambuco, Brazil, in 2021 and 2022. The experiment was conducted during three cycles, in a randomized block design, with four replications and five irrigation rates (70; 85; 100; 115 and 130% of crop evapotranspiration - ET_c). The variables evaluated were fruit bud, vegetative bud, dead bud, potential fertility of the basal region of the branches, median region of the branches, apical region of the branches, potential bunch number, reducing sugar, total soluble sugar, net photosynthesis, stomatal conductance, transpiration and relative chlorophyll index. The 115% of ET_c blade improved the number of fertile buds and number of potential bunches. Blade above 115 of ET_c increased gas exchange and relative chlorophyll index. Water table at 70% of ET_c increased leaf sugar content. The most appropriate irrigation strategy is the application of 115% of ET_c during the flowering phase, for the increase of fertile buds and potential bunches of the next cycle, without influencing the metabolism of the vine. AST presents potential as an indicator of water deficit during flowering, and as an indicator of GV formation for the next cycle.

Keywords: *Vitis vinifera*; Irrigation; Fertile bud; Gas exchange; Leaf sugars.

4.1 INTRODUÇÃO

Um dos problemas do cultivo da viticultura irrigada no semiárido brasileiro é a redução da produtividade em função da fertilidade das gemas. A fertilidade das gemas pode sofrer variações tanto em virtude das características edafoclimáticas, quanto do sistema de cultivo (LEÃO; SILVA, 2018). Assim, torna-se importante a realização de práticas de manejo adequadas para cada cultivar e em cada região.

O processo de formação de gema fértil apresenta grande relevância econômica, tendo em vista que, o número de cachos colhidos é o principal determinante do rendimento da videira. A formação de primórdios de inflorescências é influenciada por um conjunto de fatores ambientais e endógenos, como o balanço hormonal, vigor dos ramos, temperatura ambiente, intensidade luminosa, disponibilidade hídrica, nutrição mineral e práticas culturais (MONTEIRO; MALHEIRO; BACELAR, 2021).

Dentre estes a disponibilidade hídrica merece destaque, principalmente por influenciar o processo de formação de gema (GUILPART; METAY; GARY, 2014) e estar envolvido em eventos morfológicos, bioquímicos e fisiológicos da planta (TAIZ *et al.*, 2017). A fertilidade da gema apresenta potencial como indicador simples de estresse hídrico, tanto em virtude de sua sensibilidade ao estresse hídrico

(GUILPART; METAY; GARY, 2014), como em virtude da formação dos primórdios de inflorescência ser a fase mais sensível da videira (LI-MALLET; RABOT; GENY, 2016).

Cabe salientar que as escolhas das práticas de manejo adotadas no vinhedo devem ser orientadas visando não somente o desenvolvimento dos cachos produzidos, mas também o fato de favorecer a formação das gemas férteis para os ciclos subsequentes. O aprofundamento nesta área de conhecimento poderá trazer avanços considerados no manejo da viticultura, contribuindo para o aumento do rendimento em vários ciclos.

Assim, a hipótese dessa pesquisa é que durante a fase de formação do primórdio de inflorescência, a redução da lâmina de irrigação pode interferir em eventos metabólicos da videira sem prejudicar a diferenciação de gemas para o próximo ciclo. Neste sentido, o objetivo dessa pesquisa foi investigar o efeito de diferentes lâminas de irrigação durante a floração sobre a formação de gemas e cachos potenciais de videira 'Arra 15' e a sua relação com processos metabólicos.

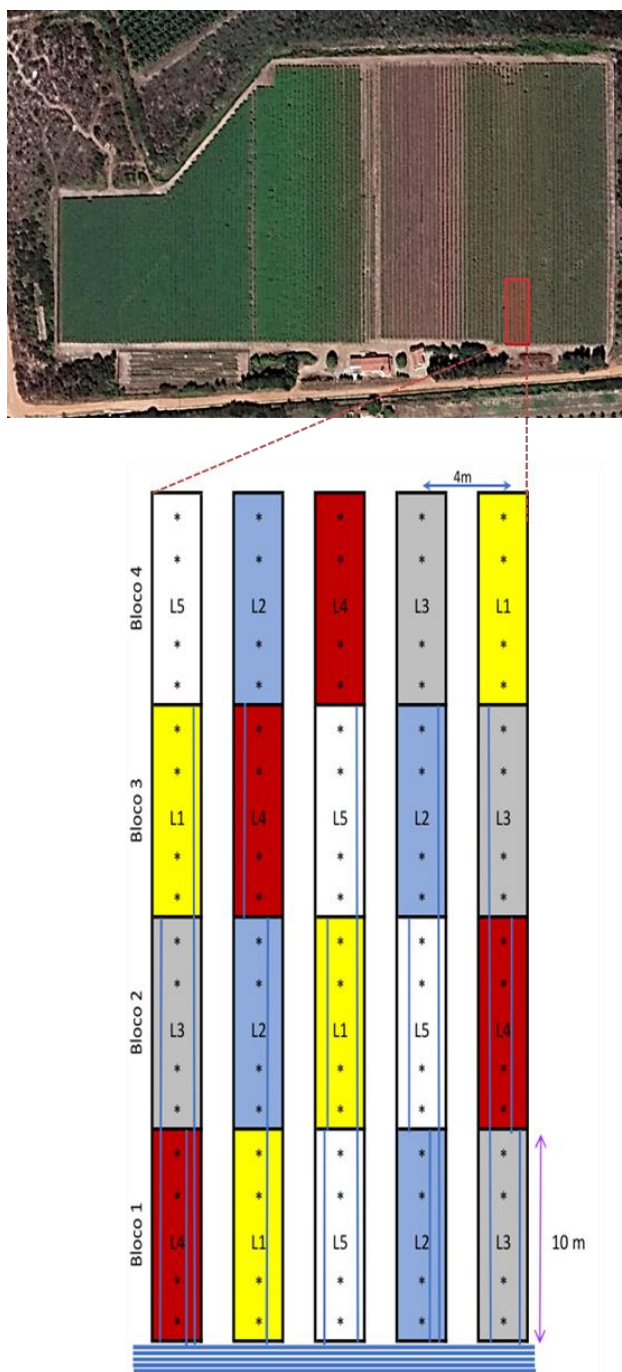
4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Condução do experimento

O experimento foi conduzido durante três ciclos em um vinhedo comercial no Projeto Irrigado Senador Nilo Coelho, localizado no município de Petrolina (09°22'26,75"S e 40°38'4,29"O), Pernambuco, Brasil, nos anos de 2021 a 2022. A videira utilizada foi a 'Arra15' com nove anos de idade, propagada por enxertia (porta-enxerto 'Pausen'), com espaçamento de 2,5 x 4,0 m, conduzida no sistema de latada.

A área experimental com dimensões de 20m x 40 m, constituída por cinco fileiras com 20 plantas por fileira, totalizando 100 plantas. Nesta área foram distribuídas de forma aleatória os tratamentos, sendo cada parcela experimental composta por 5 plantas, avaliando-se as três plantas centrais como unidades experimentais, totalizando 60 plantas úteis (Figura 1).

Figura 1 – Desenho esquemático relativo à distribuição aleatório dos tratamentos na área experimental, Projeto Irrigado Senador Nilo Coelho, Petrolina - PE (09°22'26,75"S e 40°38'4,29"O).

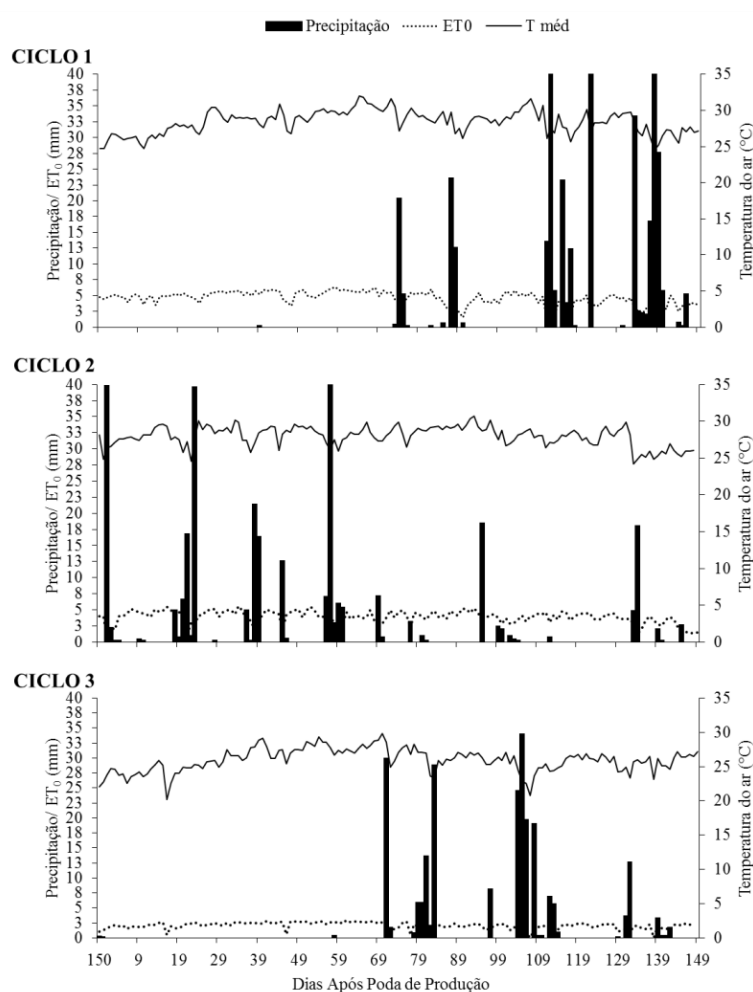


Fonte: Elaborado pelo autor

O clima da região segundo a classificação de Köppen, é do tipo BSh, que significa região semiárida, muito quente e com estação chuvosa limitada. A região apresenta temperatura média do ar de $26,2^{\circ}\text{C} \pm 0,9$, com umidade relativa do ar em torno de $64,4\% \pm 5,5$, precipitação de $549,8 \text{ mm} \pm 181,8$ e radiação média global de

442,3 W.m-2 $\pm$ 32 (EMBRAPA, 2015). Os valores médios mensais de temperatura média, máxima e mínima do ar (°C) e precipitação (mm) ao longo dos três ciclos do estudo foram obtidos da Estação Meteorológica Agrícola Automática instalada próxima ao local do experimento, e estão representados na Figura 2.

Figura 2 - Médias das variações sazonais de temperatura média (T méd), temperatura máxima (T máx), temperatura mínima (T min) (°C); e precipitação (mm) durante três ciclos produtivos (poda à colheita) em videira 'Arra 15. DAPP - Dias Após Poda de Produção



Fonte: Elaborado pelo autor

O sistema de irrigação consistiu em duas linhas de gotejo por linha de plantio, instalados a 2 m acima do solo, com gotejadores espaçados por 0,4 m, com uma taxa de fluxo de 2,0 L h⁻¹, sendo o turno de rega diário. Os tratos culturais, controle fitossanitários, manejo da adubação do manejo e da vegetação foram realizados pela fazenda de acordo com as recomendações gerais para viticultura no Vale do São

Francisco conforme descrito por Leão e Silva, (2018). Foi feita análise de solo antes da implantação do experimento nas profundidades de 0-30 cm e de 30- 60 cm (Tabela 1).

Tabela 1 – Análise química de solo arenoso argiloso da área experimental de videira ‘Arra 15’ nas profundidades (Prof.) de 0 -30 cm e de 30-60 cm

PROF.	-----COMPLEXO SORTIVO (cmolc/T.F.S.A)-----							
	Ca	Mg	Na	K	SB	H+Al	T	Al ⁺⁺⁺
0-30	4,9	3,2	0,10	0,69	8,85	0,00	8,85	0,00
30-60	3,7	1,4	0,05	0,26	4,45	0,00	4,45	0,00

PROF.	-----pH-----	-----%-----	-----gkg ⁻¹ -----		mgdm ⁻³
	1:2,5	V	C	MO	P
0-30	7,4	100	24,3	42,0	438,27
30-60	7,2	100	8,5	14,6	246,16

Fonte: Elaborado pelo autor

4.2.2 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido durante três ciclos, em delineamento em blocos casualizados, com cinco lâminas de irrigação (70; 85; 100; 115 e 130% da evapotranspiração da cultura – ET_c) e quatro repetições. As lâminas de irrigação foram quantificadas com base na equação: $ET_c = ET_0 \times K_l \times K_c$

A Evapotranspiração de Referência (ET₀) foi calculada pelo método Penman-Monteith (ALLEN *et al.* 1998), usando dados coletados por uma estação meteorológica instalada próxima à área experimental. O efeito de localização (K_l) foi determinado conforme Albuquerque (2000), sendo considerado o valor de K_l 1 quando a área sombreada no parreiral atingiu 75%. O Coeficiente de Cultura (K_c), utilizado na lâmina 100% da ET_c, correspondeu ao K_c já determinado para cultivares de videira sem sementes no Submédio São Francisco (LEÃO, 2004). A partir daí, ajustou-se o k_c para os outros tratamentos.

As lâminas de irrigação foram aplicadas durante a fase de floração e chumbinho (30 a 50 dias após poda de produção - DAPP). Pois a formação de primórdios da inflorescência ocorre aos 45 a 60 dias após poda de produção (MONTEIRO; MALHEIRO; BACELAR, 2021).

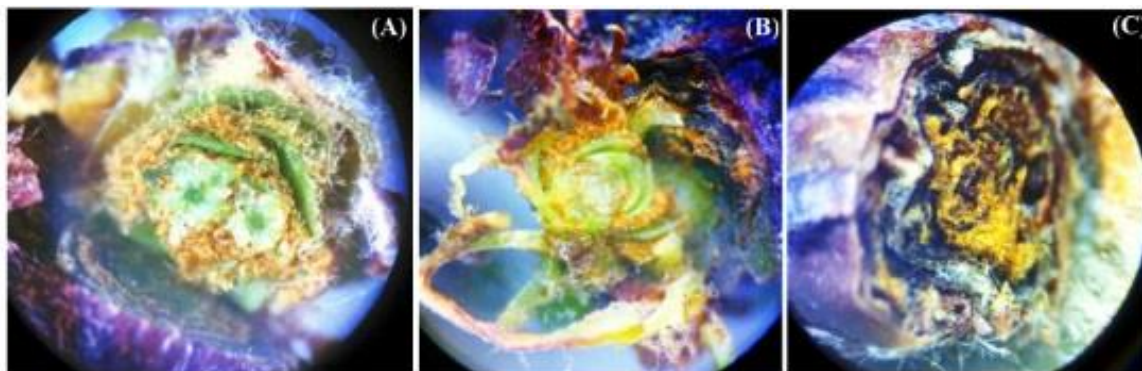
4.2.3 Variáveis analisadas

Aos 50 Dias Após Poda de Produção (DAPP), foram realizadas as avaliações de trocas gasosas, índice relativo de clorofila e coleta foliar para análise bioquímica nas três plantas úteis das parcelas. As avaliações e coletas foram feitas entre 9h e 11h, em folhas maduras, totalmente expandidas, expostas ao sol e localizadas no terço médio das plantas.

As características relacionadas as trocas gasosas foram fotossíntese líquida (Photo), condutância estomática (Cond) e transpiração (Trmmol), obtidas através de um analisador de gases infravermelho portátil - IRGA (Modelo LI-6400XT, Li-Cor, Lincoln, NE, EUA). O índice relativo de clorofila (SPAD) foi obtido por meio de medidor portátil de clorofila (marca: Falker, modelo: ClorofiLOG). As características bioquímicas avaliadas incluíram os teores foliares de açúcares redutores (ARED), quantificados pelo método do ácido dinitrosalicílico (MILLER, 1959) e de açúcares solúveis totais (AST), utilizando a metodologia descrita por Yemm e Willis (1954).

Aos 140 DAPP, ou 30 dias após a colheita, foram coletados em cada tratamento, 12 ramos de produção, com 10 gemas cada, para a análise das gemas. A análise da gema foi realizada segundo a metodologia de Wohlfahrt, Collins e Stoll (2019), onde as gemas foram dissecadas, via corte com auxílio de bisturi com lâmina nº 11 e pinça, e classificadas em fértil (GF), vegetativas (GV) e morta (GM) de acordo com a presença ou ausência de primórdios de inflorescência, utilizando um estéreo microscópio (lupa binocular) com zoom de 30x (Figura 3).

Figura 3 - Visualização de gemas de videiras 'Arra15' via cortes transversais. (A): Gema Fértil - GF, gema saudável com dois primórdios de inflorescência, os quais são fragmentos de formas arredondadas circundando um eixo central. (B): Gema Vegetativa - GV, gema saudável sem primórdios de inflorescência. (C): Gema Morta - GM, perda da gema por necrose. Zoom 30X (Foto: Autor, 2022)



Fonte: Elaborado pelo autor

Para a fertilidade potencial identificou-se a posição da GF ao longo do ramo, em gemas basais (1^a a 3^a), gemas medianas (4^a a 6^a) e gemas apicais (7^a a 10^a), e obteve-se respectivamente a fertilidade potencial da região basal dos ramos (FPRBR), da região mediana dos ramos (FPRMR), e da região apical dos ramos (FPRAR). Ao final do período de avaliação foi estimado em 50 ramos por planta, com dez gemas por ramo o número de cachos potenciais por planta (NCP). Por meio da equação (número de ramos x número de gemas x fertilidade acumulada/100).

4.2.4 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F. O efeito da lâmina de irrigação foi considerado fixo e o efeito de ciclo aleatório. Nos casos de significância, realizou-se análise de regressão, testando-se os modelos linear e quadrática para as lâminas de irrigação. Em todos os casos adotou-se 5% de significância.

Posteriormente, foi realizada análise de variáveis canônicas com o pacote “candisc” para verificar a inter-relação entre os tratamentos e variáveis avaliadas. Por fim, foram realizadas correlações de Pearson entre as características avaliadas, onde correlações positivas foram apresentadas em verde, enquanto as negativas foram apresentadas em escala vermelha. O pacote “qgraph” (Epskamp *et al.*, 2012) foi

utilizado para expressar graficamente os resultados. Todas as análises estatísticas foram realizadas usando linguagem de programação R (R Core Team, 2014).

4.3 RESULTADOS

A Tabela 2 contém o p-valor do teste F para cada fonte de variação e variáveis avaliadas. Como o efeito do ciclo foi considerado aleatório no modelo, os resultados descrevem apenas o efeito significativo ($p\text{-valor} < 0.01$) para lâminas de irrigação, o qual foi considerado fixo no modelo.

Tabela 2 – P-valor do teste F da análise de variância para as variáveis gema frutífera (GF), gema vegetativa (GV), gema morta (GM), fertilidade potencial da região basal dos ramos (FPRBR), região mediana dos ramos (FPRMR), região apical dos ramos (FPRAR), número de cacho potencial (NCP), açúcar redutor (ARED), açúcar solúvel total (AST), fotossíntese líquida (Photo), condutância estomática (Cond) e transpiração (Trmmol) (A) e índice relativo de clorofila (SPAD)

Variáveis	Fonte de variação				CV (%)
	Blocos	Ciclo (C)	Lâmina (L)	CxL	
GF	27,41 ^{ns}	851,47 ^{**}	326,25 ^{**}	8,97 ^{ns}	4,46
GV	0,44 ^{ns}	8,98 ^{**}	56,07 ^{**}	1,72 ^{ns}	13,47
GM	2,33 ^{ns}	194,36 ^{**}	45,70 ^{**}	3,93 ^{**}	13,62
FPRBR	13,77 ^{ns}	1241,28 ^{**}	405,58 ^{**}	18,83 ^{ns}	5,56
FPRMR	17,29 ^{ns}	931,51 ^{**}	375,80 ^{**}	18,00 ^{ns}	3,96
FPRAR	57,72 ^{ns}	1865,32 ^{**}	473,19 ^{**}	17,20 ^{ns}	8,07
NCP	693,77 ^{ns}	21956,31 ^{**}	5996,00 ^{**}	349,69 ^{ns}	4,74
ARED	378,34 ^{ns}	38803,98 ^{**}	14810,28 ^{**}	632,51 ^{ns}	7,09
AST	42939,51 ^{ns}	396931,86 ^{**}	1091566,06 ^{**}	64276,11 ^{ns}	4,11
Photo	0,28 ^{ns}	630,54 ^{**}	25,53 ^{**}	3,55 ^{**}	4,27
Cond	0,00 ^{ns}	0,14 ^{**}	0,00 ^{**}	0,00 ^{**}	7,00
Trmmol	0,06 ^{ns}	31,06 ^{**}	1,60 ^{**}	0,45 ^{**}	6,18
SPAD	3,22 ^{ns}	898,06 ^{**}	84,30 ^{**}	10,97 ^{**}	2,31

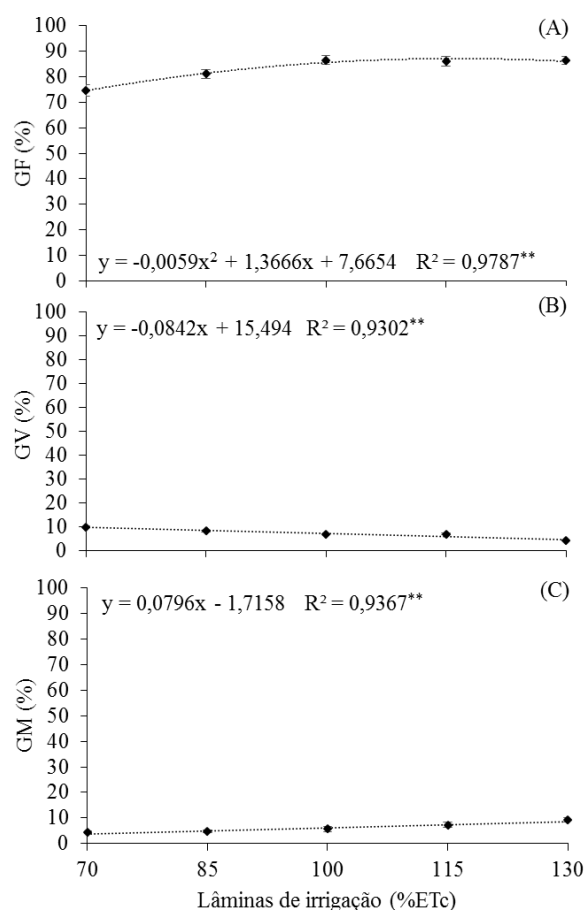
^{ns} não significativo, ^{**} significância a 1% para o Teste F. CV - Coeficiente de Variação.

Fonte: Elaborado pelo autor

4.3.1 Percentagem de gemas

Para as variáveis referentes ao processo de diferenciação de gemas pela presença ou ausência de primórdios de inflorescência, observou-se resposta quadrática para gemas férteis (GF), com valor médio máximo de 86,8% alcançado com a lâmina de 115,8% da ETc (Figura 4A). Para gemas vegetativas (GV), houve resposta linear, com maior valor médio de 9,7% (Figura 4B) e de 9,1% para gema morta (GM) (Figura 4C), alcançados, respectivamente, com as lâminas de 70 e 130% da ETc.

Figura 4 - Médias da percentagem de gemas mediante presença ou ausência de primórdios de inflorescência em videiras 'Arra15' cultivada em condição semiárida, sob diferentes lâminas de irrigação aplicadas durante a fase de floração e chumbinho. (A): Gema Fértil – GF. (B): Gema Vegetativa – GV. (C): Gema Morta - GM. * e ** = regressão significativa a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente

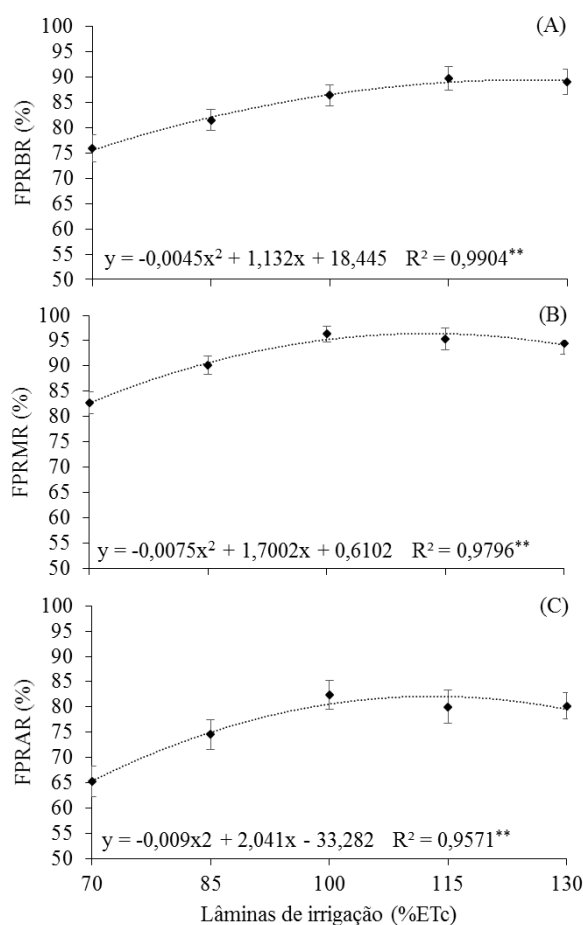


Fonte: Elaborado pelo autor

4.3.2 Fertilidade potencial e número de cacho potencial

Para as variáveis relacionadas com a fertilidade potencial de gema, observou-se respostas quadráticas, com pontos de máximo de 89,64% para fertilidade potencial da região basal dos ramos - FPRBR (Figura 5A), de 96,97% para fertilidade potencial da região mediana dos ramos - FPRMR (Figura 5B) e de 83,43% para fertilidade potencial da região apical dos ramos - FPRAR (Figura 5C) alcançados respectivamente com as lâminas de 125,78%; 113,35 e 113,39% da ETc.

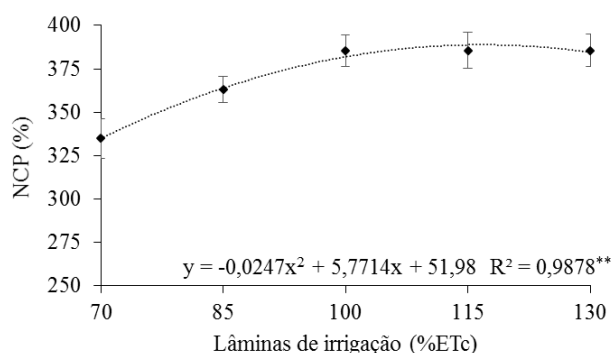
Figura 5 - Médias da fertilidade potencial do ramo em videiras 'Arra15' cultivada em condição semiárida, sob diferentes lâminas de irrigação aplicadas durante a fase de floração e chumbinho. (A): Fertilidade potencial da região basal dos ramos – FPRBR. (B): Fertilidade potencial na região mediana dos ramos - FPRMR. (C): Fertilidade potencial região apical dos ramos – FPRAR. * e ** = regressão significativa a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente



Fonte: Elaborado pelo autor

Para a variável número de cacho potencial (NCP), observou-se resposta quadrática com pontos de máximo de 389,11 alcançado com a lâmina de 116,82%; da ETc (FIGURA 6).

Figura 6 - Média de número de cacho potencial (NCP) em videiras 'Arra15' cultivada em condição semiárida, sob diferentes lâminas de irrigação aplicadas durante a fase de floração e chumbinho. * e ** = regressão significativa a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente

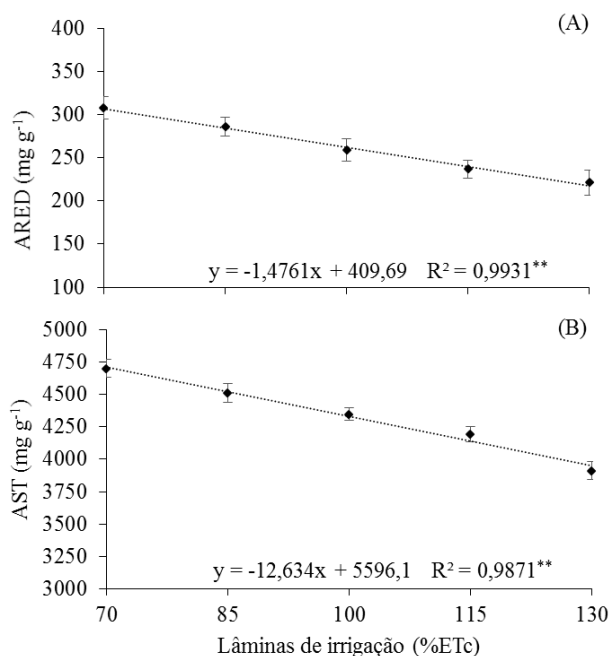


Fonte: Elaborado pelo autor

4.3.3 Características fisiológicas

Na Figura 7, a equação de regressão permitiu estimar o efeito das lâminas de irrigação sobre as variáveis fisiológicas. Observou-se resposta linear decrescente em função das lâminas de irrigação, com maior valor médio de 307,08 e 4700,51 mg g⁻¹ para ARED e AST respectivamente, ambos alcançados com a lâmina de 70% da ETc.

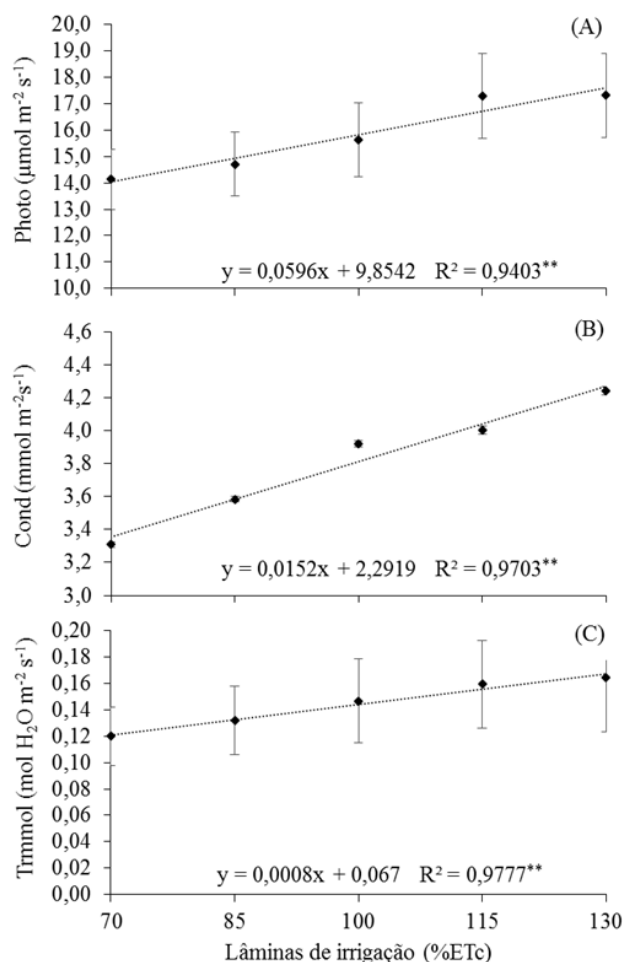
Figura 7 - Médias de açúcares foliares em videiras 'Arra15' cultivada em condição semiárida, sob diferentes lâminas de irrigação aplicadas durante a fase de floração e chumbinho. (A): Teor de açúcar redutor – ARED. (B): Teor de açúcar solúvel total – AST. * e ** = regressão significativa a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente



Fonte: Elaborado pelo autor

De acordo com as equações de regressão para as variáveis relacionadas com as trocas gasosas, observou-se resposta linear crescente, com maior valor médio de 17,32 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para A (Figura 8A), de 4,24 $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para E (Figura 8B) e de 0,16 $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para g_s (Figura 8C), respectivamente alcançados com a lâmina 130% da ETc.

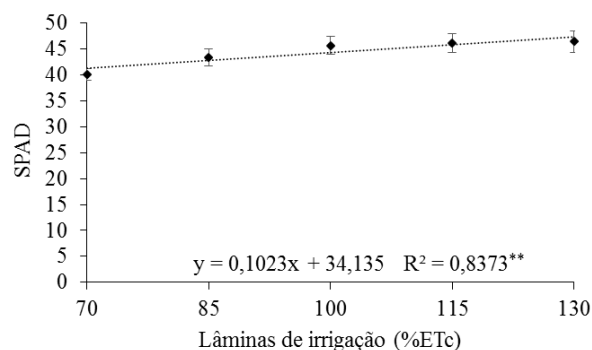
Figura 8 - Médias de trocas gasosas foliares em videiras 'Arra15' cultivada em condição semiárida, sob diferentes lâminas de irrigação aplicadas durante a fase de floração e chumbinho. (A): Fotossíntese líquida - Photo. (B): Condutância estomática - Cond. (C): Transpiração - Trmmol. * e ** = regressão significativa a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente



Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se na Figura 9 que a equação de regressão permitiu estimar o efeito das lâminas de irrigação sobre a variável índice relativo de clorofila (SPAD), sendo uma resposta linear crescente em função das lâminas de irrigação, com maior valor médio de 46,42 unidade SPAD, alcançado com a lâmina de 130 % da ETc.

Figura 9 - Média do Índice relativo de clorofila - (SPAD) em folhas de videiras 'Arra15' cultivada em condição semiárida, sob diferentes lâminas de irrigação aplicadas durante a fase de floração e chumbinho. * e ** = regressão significativa a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente



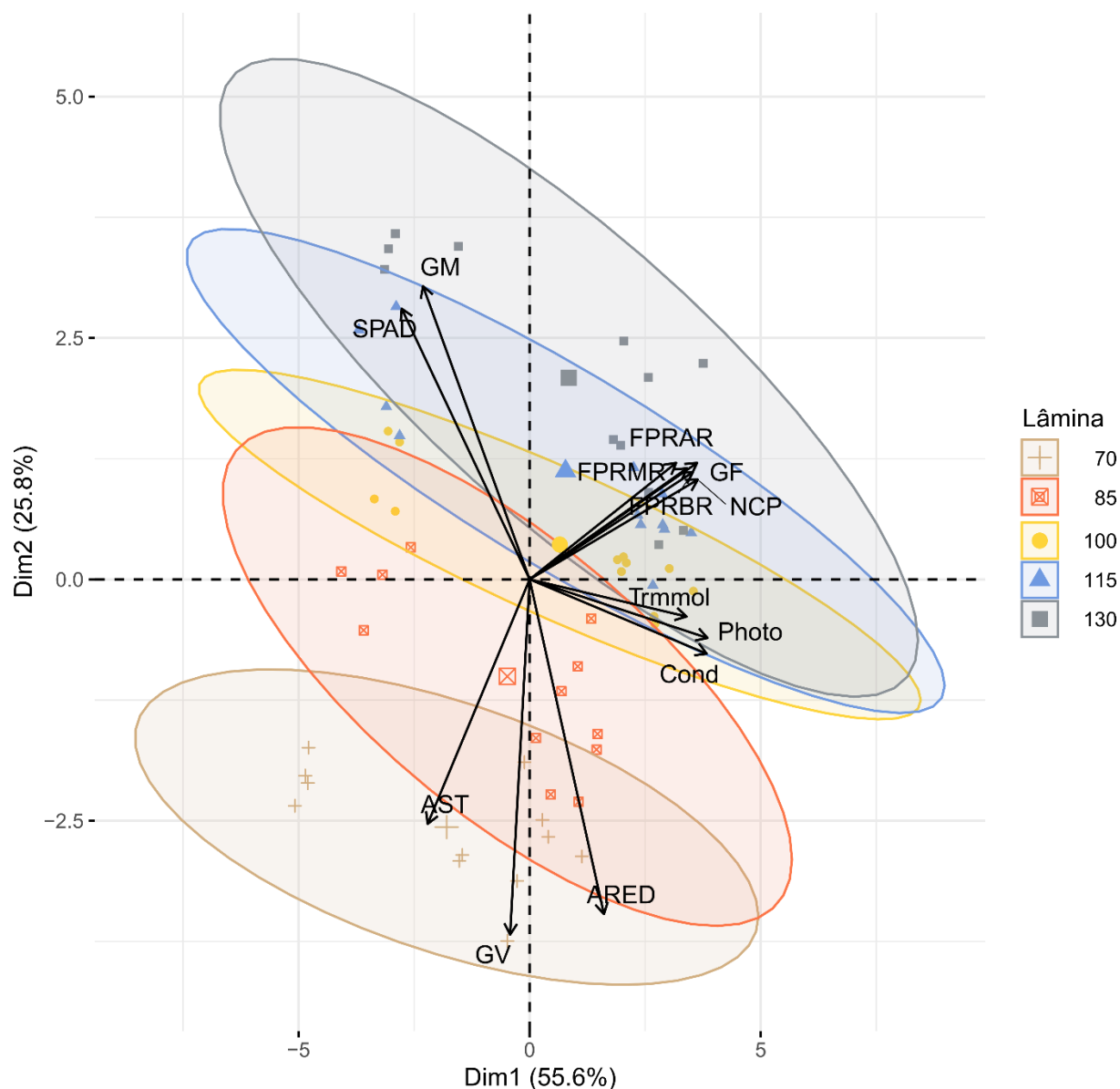
Fonte: Elaborado pelo autor

4.3.4 Variáveis Canônicas

Na análise de Variáveis Canônicas (Figura 10), os pontos coloridos representam as lâminas de irrigação (70; 85; 100; 115 e 130% da ETc). Enquanto as setas próximas e em mesma direção demonstram variáveis correlacionadas ($\geq \pm 0,7$), as setas distantes demonstram menor correlação ($\leq \pm 0,7$) e, quando em sentidos opostos, são inversamente proporcionais. As duas primeiras variáveis canônicas (DIM1 e DIM2) explicaram 81,4% da variação total contida no conjunto de dados originais.

Na Figura 10, observa-se que as lâminas de 115 e 130% da ETc são similares entre si, e favorecem positivamente a formação de (GF), (FPRBR), (FPRMR), (FPRAR), resultando em maior (NCP). A lâminas 115% e 130% da ETc também exerceu uma influência nas variáveis GM e SPAD, que foram inversamente proporcionais a ARED. As variáveis relacionadas às trocas gasosas foram favorecidas quando estiveram próximas a lâmina com 100% da ETc. Por outro lado, as variáveis (GV) e (AST) foram favorecidas na lâmina de 70% da ETc, uma vez que essas variáveis se aproximaram da referida lâmina de irrigação.

Figura 10 - Biplot para análise de Variáveis Canônicas em videira 'Arra 15' sob diferentes regimes hídricos, estudadas em função das variáveis gema fértil (GF), gema vegetativa (GV), gema morta (GM), fertilidade potencial da região basal dos ramos (FPRBR), região mediana dos ramos (FPRMR), região dos ramos (FPRAR) e número de cachos potenciais (NCP), açúcar redutor (ARED), açúcar solúvel total (AST), índice relativo de clorofila (SPAD), fotossíntese líquida (Photo), condutância estomática (Cond), transpiração (Trmmol)

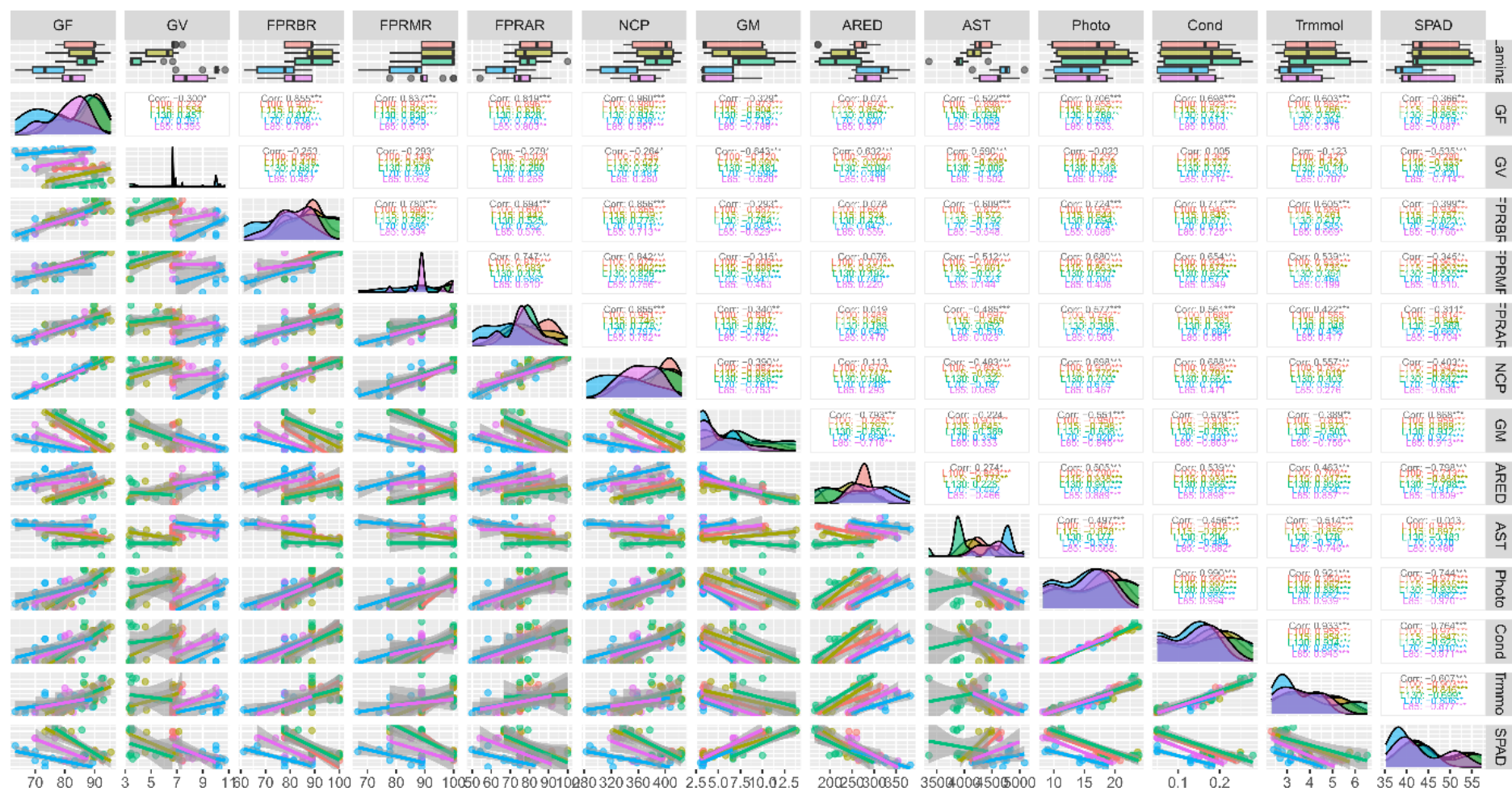


Fonte: Elaborado pelo autor

4.3.5 Correlação de Pearson

De acordo com Biplot apresentado na Figura 11, correlações altas, positivas e significativas ($P < 0,01$) foram observadas entre GF com NCP (0,960), Photo com Cond (0,990), Photo com Trmmol (0,921) e Cond com Trmmol (0,933). As demais variáveis se associam com magnitudes de diferentes intensidades, destacando as correlações positivas e significativas ($P < 0,01$) entre GF com Photo (0,706) e GM com SPAD (0,868).

Figura 11 - Análise de correlação de Pearson entre as variáveis gema fértil (GF), gema vegetativa (GV), gema morta (GM), fertilidade potencial da região basal dos ramos (FPRBR), região mediana dos ramos (FPRMR), região dos ramos (FPRAR) e número de cachos potenciais (NCP), açúcar redutor (ARED), açúcar solúvel total (AST), índice relativo de clorofila (SPAD), fotossíntese líquida (Photo), condutância estomática (Cond), transpiração (Trmmol). Valores em preto indicam a correlação geral, enquanto os valores coloridos indicam a correlação entre os manejos de irrigação. *, ** e ***: significativos a 5, 1 e 0,1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente



Fonte: Elaborado pelo autor

4.4 DISCUSSÃO

4.4.1 Características das gemas e fisiológicas

A disponibilidade hídrica afeta a maioria das variáveis durante a fase de floração e chumbinho. A interação entre lâminas e ciclo para algumas variáveis indica que existem fatores climáticos que afetam essas variáveis, no entanto os ciclos foram considerados aleatórios no modelo.

A diferenciação de gema vegetativa em gema fértil na videira ocorre em três estádios bem definidos: Os estádios de formação do anágeno e de primórdios da inflorescência ocorrem durante o crescimento dos ramos do ciclo anterior, com duração de 45 a 60 dias a partir da brotação, e o de formação de flores ocorre um pouco antes e durante a brotação do ciclo seguinte (MONTEIRO; MALHEIRO; BACELAR, 2021).

Durante o período de 45 a 60 DAPP, a lâmina de 70% da ET_c possivelmente ocasionou uma redução excessiva de água, não favorecendo o processo de diferenciação de gemas, resultando no aumento percentual de gemas vegetativas (GV) no ciclo seguinte. No entanto, esperava-se que o tratamento 130% da ET_c tivesse maior influência na percentagem de GF, considerando a maior taxa fotossintética nesse tratamento (Figura 8A), mas isso não foi verificado.

Possivelmente a disponibilidade excessiva de água pode ter um efeito adverso na formação de gemas férteis, uma vez que a lâmina 130% da ET_c levou ao aumento de GM. A necrose de gemas em videira é uma desordem fisiológica, caracterizada normalmente pelo aborto das gemas primárias e secundárias, e está associada a níveis inadequados de carboidratos (WOHLFAHRT; COLLINS; STOLL, 2019).

Resultado semelhante foi observado por Williams, Grimes e Phene (2010), em videira 'Thompson Seedless' cultivada na Califórnia, o qual constatou que irrigação com 140% da ET_c aumenta a necrose das gemas, em consequência a elevação do vigor vegetativo e do sombreamento na zona de renovação. A diminuição de açúcares com a lâmina 130 % da ET_c, pode ter influenciado distúrbio fisiológico, afetando a formação de primórdios de inflorescência, contribuindo para a incidência de GM por necrose.

Os resultados desta pesquisa indicaram que o nível da lâmina de irrigação, aplicado no estágio de formação do primórdio de inflorescência, influencia o processo de diferenciação de gema para o próximo ciclo de cultivo. Guilpart, Metay e Gary

(2014) também constataram, em videira 'Shiraz' e 'Aranel' cultivadas em condições de clima mediterrâneo, efeito negativo da redução da disponibilidade hídrica na formação de inflorescência. Já Cabral *et al.* (2021), relataram que um déficit hídrico moderado com lâmina de 25% da ETc, reduz o consumo de água, sem alteração no crescimento vegetativo e na fertilidade das gemas de videiras Touriga Francesa em região mediterrânica.

Assim, o estado hídrico influencia de forma diferente a formação dos primórdios da inflorescência em cada cultivar de videira. Diretamente por meio da quantidade de água disponível para os processos biossintéticos que ocorrem durante a divisão e o crescimento celular, ou de forma indireta, através do seu efeito na atividade fotossintética, nutrição mineral e no equilíbrio hormonal (LI-MALLET; RABOT; GENY, 2016).

Lâminas de irrigação abaixo de 100% da ETc, aplicada no estágio de formação do primórdio de inflorescência de videira 'Arra 15', pode reduzir a fertilidade de gemas em qualquer que seja a posição das gemas fértil no ramo. Guilpart, Metay e Gary (2014) relatam que a indução floral é particularmente sensível a déficits hídricos intensos e persistentes, onde a escassez de água durante o processo de diferenciação normalmente leva a reduções importantes na fertilidade das gemas no ciclo seguinte, corroborando com esta pesquisa.

A quantidade de água disponibilizada influencia de alguma forma, no desvio de fotoassimilados do crescimento dos ramos para o desenvolvimento dos primórdios de inflorescências (LI-MALLET; RABOT; GENY, 2016). Baeza *et al.* (2019) constataram que o aumento da disponibilidade de água na região do dossel da videira, forma um microclima ao redor da gema, podendo influenciar a fertilidade de gema. A concentração de gemas férteis na região mais distais do ramo denota um caráter de atividade vegetativa mais elevada, favorecendo a diferenciação de gemas vegetativas para reprodutivas nas gemas mais distantes da base dos ramos (VILAR *et al.*, 2017).

Maior fertilidade na região mediana do ramo, quando comparada com a região basal e com a região apical, independente da lâmina aplicada, pode estar relacionada com características genéticas da própria cultivar. El-Morsy, Gaser e Mohamed (2017), também constataram em videira 'Arra 15', cultivada sob condições de clima desértico, que a fertilidade da gema aumenta gradativamente das gemas basais para as gemas médias e diminuiu gradativamente em direção às gemas distais.

Guilpart, Metay e Gary (2014) quantificaram em videira 'Shiraz' e 'Aranel' cultivadas em condições de clima mediterrâneo, que irrigação com 60% da ET durante a floração da temporada anterior, determina a maior parte das variações na fertilidade de gemas e número de bagas por cachos da próxima temporada, corroborando com os resultados dessa pesquisa. Assim, o suprimento hídrico com 116,82% da ETc, aplicado durante 45 a 50 DAPP, influencia positivamente a quantidade potencial de cachos que a videira 'Arra 15' produzirá no ciclo seguinte.

A formação de primórdios de inflorescências nas gemas durante o ciclo anterior define o número potencial de cachos que a videira produzirá no ciclo seguinte (VILAR *et al.*, 2017). Evidencia-se assim que aplicação de lâmina de irrigação a partir de 100% da ETc, durante o estágio de formação do primórdio de inflorescência, exerce maior influência na quantidade potencial de cachos por plantas para o próximo ciclo de cultivo. Essa informação é de grande valor ao viticultor, pois através dela pode-se dimensionar estimativas de produção para o próximo ciclo.

A redução gradual da lâmina de irrigação, durante o estágio de formação do primórdio de inflorescência, em todos os três ciclos de cultivo, ocasiona um aumento nos teores de ARED e AST em folhas de 'Arra15'. Conforme Walke *et al.* (2021), a maior parte do teor de carboidratos não estruturais solúveis das folhas de videira consiste em açúcares redutores (glicose e frutose) e açúcares solúveis totais (hexoses como a sacarose).

Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Dayer *et al.* (2016), em videiras cv. Malbec cultivadas sob clima árido na Argentina. Segundo esses autores, o menor nível de irrigação (25% da ET_o) apresentou maior concentração de açúcares solúveis totais do que as videiras sob maior nível de irrigação (100% da ET_o).

Fahim *et al.* (2022) relatam que mesmo quando o déficit hídrico reduz a taxa de assimilação de CO₂, à síntese de açúcares solúveis no citosol é priorizada para manter a atividade metabólica da planta. O acúmulo de açúcares livres nas folhas com a redução do teor de água no solo, mantém o turgor celular por ajuste osmótico, contribuindo para o funcionamento da planta (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

As diminuições em Photo, Trmmol e Cond com a redução da lâmina de irrigação estão associadas ao fechamento estomático e limitações na assimilação de CO₂ e transpiração. Resultado semelhante foi encontrado em videira 'Cabernet Sauvignon' cultivada em clima continental nos EUA (KELLER *et al.*, 2016), em videira 'Chardonnay' cultivada em clima temperado no Canadá (BALINT; REYNOLDS, 2017)

e em videira 'Syrah' cultivada em clima semiárido Brasil (BASSOI; CHAVES; TEIXEIRA, 2021).

Quando o suprimento de água nas raízes diminui, as células-guarda reduzem a abertura estomática declinando a transpiração para evitar a desidratação das folhas, o que limita à difusão de CO₂ no mesófilo foliar reduzindo a fotossíntese (TAIZ *et al.*, 2017). As videiras sob déficit hídrico tendem a fechar seus estômatos para reduzir a perda de água do dossel, o que evita fortes declínios no potencial hídrico da planta e economiza água para uso durante a estação de crescimento (CHAVES *et al.*, 2016).

Nesse aspecto, a videira 'Arra 15' mostra-se sensível ao déficit hídrico, pois induzem o fechamento dos estômatos, provocando reduções na transpiração e na fotossíntese. Assim, a aplicação da lâmina com 70% da ETc durante o período de 45 a 50 DAPP, pode reduzir as trocas gasosas, proporcionando diminuição na produção de fotoassimilados.

A redução no índice relativo de clorofila podem representar uma resposta de aclimação à restrição hídrica, pois a planta tende a conservar energia e consequentemente captar menos energia luminosa, possivelmente evitando o estresse fotooxidativo (OLIVEIRA *et al.*, 2020). Dessa forma, dada a relação entre absorção e transferência de energia, os níveis de pigmentos fotossintéticos podem estar relacionados à fotossíntese líquida, bem como ao crescimento e adaptação da 'Arra 15' a condição de estresse.

A diminuição do teor de pigmentos fotossintéticos devido ao déficit hídrico (25% da capacidade de campo) foi diagnosticada por Fahim *et al.* (2022), em cultivares de uvas nativas iranianas. Os autores mostraram que o estresse hídrico causa danos às enzimas associadas à fotossíntese e resulta em perda de pigmento fotossintético, o que corrobora com os resultados obtidos neste estudo.

4.4.2 Variáveis canônicas e Correlação de Pearson

As lâminas 115 e 130% da ETc exercem maior influência ao processo de diferenciação de gema, uma vez que favoreceram a formação de GF, FPRBR, FPRMR, FPRAR e consequentemente o NCP. Resultado semelhante foi encontrado por Balint e Reynolds (2017), onde o alto estado hídrico (100% da ETc) foi favorável para a diferenciação de primórdios em videira 'Chardonnay' cultivada em Niagara-on-the-Lake, Canadá. Isso torna-se importante, pois significa que para alcançar alta

fertilidade de gemas e potencial produtivo para o próximo ciclo, a 'Arra 15' necessita de elevada demanda hídrica entre 45 e 50 DAPP.

A determinação do número de cachos potencial é um processo-chave na formação do rendimento da videira, e é afetado pela disponibilidade hídrica durante os estágios iniciais de diferenciação de gemas vegetativas em férteis que ocorrem no ciclo anterior (GUILPART; METAY; GARY, 2014). Desse modo, o suprimento hídrico acima de 100% da ET_c, pode ser uma estratégia adequada para o processo de diferenciação de gemas em videira 'Arra15', favorecendo o número de cachos potenciais por planta para o ciclo seguinte.

Segundo Tombesi *et al.* (2018), cada cultivar de videira possui diferentes respostas estomáticas a um determinado potencial hídrico no solo. Assim, maior influência da lâmina 100% da ET_c sobre as variáveis A , E , g_s , indica que o nível da água no solo proporcionado por essa lâmina permite uma maior capacidade de manter a folha ativa.

Provavelmente o aumento de açúcares com 70% da ET_c ocorreram em virtude da redução da translocação desses fotoassimilados para os drenos. Assim, cabe destacar que o acúmulo de açúcares livres nas folhas pode ser decorrente dos distúrbios causados por condições estressantes como a redução do conteúdo de água nos tecidos foliares, reduzindo a translocação de açúcares para outros órgãos (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

Possivelmente, as gemas sob lâmina com 70% da ET_c recebem menos carboidratos oriundos de folhas fotossinteticamente ativas, afetando negativamente o processo diferenciação dos tecidos meristemáticos em primórdios da inflorescência. Conforme Monteiro, Malheiro e Bacelar (2021), vários fatores endógenos e ambientais influenciam a diferenciação do tecido meristemático, onde a gema vegetativa ao invés de se desenvolver em primórdio de inflorescência, desenvolvem-se em primórdios de gavinhas, ou primórdios de brotações. Assim, há um indício que essa lâmina possa exercer influência na formação de brotos vegetativos ou gavinhas.

Pode-se inferir que a aplicação da lâmina de irrigação com 70% da ET_c associada com incremento de açúcares solúveis totais foliares entre 45 a 50 DAPP é um indicativo de maior formação de GV para o próximo ciclo. A determinação de AST como indicador de GV é vantajosa por ser mais fácil de medir, mais rápida de obter, exigir menos mão de obra e proporcionar resultados em relação a distúrbios no processo de diferenciação de gemas. Além disso, a GV e AST foram mais sensíveis

a redução da lâmina de irrigação quando comparada às outras variáveis, apresentando potencial como indicativo de déficit hídrico.

A correlação positiva e forte entre GF e NCP já era esperada. Uma vez que, a fertilidade das gemas consiste em uma medida quantitativa do potencial da videira em produzir frutos, ou indicador do número de cachos que serão colhidos na próxima safra (VILAR *et al.*, 2017). As correlações fortes e positivas entre A , E e g_s também é esperado, pois as variações nas trocas gasosas ocorrerem em função da movimentação estomática.

O fechamento estomático resulta em redução da condutância estomática e, consequentemente, diminuição da transpiração e fotossíntese, assim como o aumento da abertura estomática resulta em aumento da transpiração e fotossíntese (TAIZ *et al.*, 2017). Keller *et al.* (2016) constataram correlação forte e positiva entre lâminas de irrigação e A , E e g_s , em videiras Cabernet Sauvignon cultivadas em clima continental no Vale Columbia, Washington, EUA, corroborando com os resultados desta pesquisa.

É característico em algumas cultivares de videira sequestrar nutrientes da fotossíntese para o desenvolvimento de órgãos reprodutivos (Walker *et al.* 2021). Assim, a correlação entre GF e A indica que quanto maior a produção de fotoassimilados oriundos da fotossíntese maior será a formação de gemas férteis. A correlação positiva entre SPAD e GM sugere que o incremento de SPAD pode indicar distúrbios no processo de diferenciação de gemas. Provavelmente, a intensidade dessa correlação seja favorecida em condições de excesso de água no solo, pois por meio da variação canônica foi possível constatar que a lâmina com 130% ETc exerce certa influência na GM e SPAD.

Segundo Williams, Grimes e Phene (2010), a irrigação excessiva aumenta à necrose das gemas de videira, em consequência a elevação do vigor vegetativo e do sombreamento na zona de renovação. Conforme Martinazzo *et al.* (2007), o teor de clorofila “b” tende a aumentar nos ambientes com maior nível de sombreamento, para possibilitar a captação de energia em outros comprimentos de onda e transferi-la para as clorofilas “a”, que é responsável por reações fotoquímicas da fotossíntese.

Talvez o incremento de SPAD reflita um aumento nas clorofilas “b”, e pode indicar distúrbios no processo de diferenciação de gemas. Assim, por meio de medidas de SPAD realizadas entre 45 a 50 DAPP é possível ajustar a irrigação, para reduzir a percentagem de GM para o próximo ciclo.

4.5 CONCLUSÕES

A estratégia de irrigação mais adequada é aplicação de 115% da ET_c durante 45 a 50 DAPP, para o aumento de gemas férteis e cachos potenciais do próximo ciclo. A lâmina com 115% da ET_c não prejudica o metabolismo de 'Arra 15' cultivada em condição semiárida. A maior porcentagem de gema fértil em videira 'Arra 15' encontra-se na região mediana do ramo. AST pode ser utilizado como indicador de déficit hídrico durante a floração e como indicador de formação de GV no próximo ciclo.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE P. E. P. **Requerimento de água das culturas para fins de manejo e dimensionamento de sistemas de irrigação localizada**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 76p. (Circular Técnica, ISSN 1518- 4269).
- ALLEN, R. G. *et al.* Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. **Fao**, Rome, v. 300, n. 9, p. D05109, 1998.
- BAEZA, P.; JUNQUERA, P.; PEIRO, E.; LISSARRAGUE, J. R.; URIARTE, D.; VILANOVA, M. Effects of vine water status on yield components, vegetative response and must and wine composition. **Advances in Grape and Wine Biotechnology**, Londres, v. 1, n. 1, p. 73-94, 2019.
- BALINT, G.; REYNOLDS, A. G. Irrigation level and time of imposition impact vine physiology, yield components, fruit composition and wine quality of Ontario Chardonnay. **Scientia horticulturae**, Amsterdam, C v. 214, p. 252-272, 2017.
- BASSOI, L. H.; CHAVES, A. R. M.; TEIXEIRA, R. P. Responses of 'Syrah' grapevine to deficit irrigation in the Brazilian semi-arid region. **Agricultural Water Management**, Oxford, v. 258, p. 107186, 2021.
- CABRAL, I. L.; CARNEIRO, A.; NOGUEIRA, T.; QUEIROZ, J. Regulated deficit irrigation and its effects on yield and quality of *Vitis vinifera* L., touriga francesa in a hot climate area (Douro Region, Portugal). **Agriculture**, Basel, v. 11, n. 8, p. 774, 2021.
- CHAVES, M. M.; COSTA, J. M.; ZARROUK, O.; PINHEIRO, C.; LOPES, C. M.; PEREIRA, J. S. Controlling stomatal aperture in semi-arid regions - The dilemma of saving water or being cool?. **Plant Science**, Lausanne, v. 251, p. 54-64, 2016.
- DAYER, S.; PRIETO, J. A.; GALAT, E.; PEÑA, J. P. Leaf carbohydrate metabolism in M albec grapevines: combined effects of regulated deficit irrigation and crop load. **Australian journal of grape and wine research**, Adelaide, v. 22, n. 1, p. 115-123, 2016.

EL-MORSY, F. M.; GASER, A. S. A.; MOHAMED, M. N. Morphological Description and Evaluation of Six Newly-Introduced Grape Cultivars under Egyptian Conditions. **Journal of Plant Production**, Mansoura, v. 8, n. 11, p. 1059-1070, 2017.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Médias Anuais da Estação Agrometeorológica de Bebedouro (Petrolina-PE 09°09'S, 40°22'W). Período 1975-2014. 2015.** Disponível em: <http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/servicos/dadosmet/ceb-anual.html>. Acesso em: 25 jan. 2023.

FAHIM, S.; GHANBARI, A.; NAJI, A. M.; SHOKOHIAN, A. A.; LAJAYER, H. M.; GOHARI, G.; HANO, C. Multivariate Discrimination of Some Grapevine Cultivars under Drought Stress in Iran. **Horticulturae**, Basel, v. 8, n. 10, p. 871, 2022.

GUILPART, N.; METAY, A.; GARY, C. Grapevine bud fertility and number of berries per bunch are determined by water and nitrogen stress around flowering in the previous year. **European Journal of Agronomy**, Helsinki, v. 54, n. 1, p. 9-20, 2014.

KELLER, M.; ROMERO, P.; GOHIL, H.; SMITHYMAN, R. P.; RILEY, W. R.;

CASASSA, L. F.; HARBERTSON, J. F. Deficit irrigation alters grapevine growth, physiology, and fruit microclimate. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 67, n. 4, p. 426-435, 2016.

LEÃO, P. C. S. **Cultivo da videira**. Sistemas de Produção. Petrolina: Embrapa Semiárido. 1. ISSN 1807-0027, 2004. 79 p.

LEÃO, P. C. S.; SILVA, D. J. Cultivo da videira no semiárido nordestino. In: PIO, R. **Cultivo de fruteiras de clima temperado em regiões subtropicais e tropicais**. 2. ed. Lavras: UFLA 2018. p.586-625.

LI-MALLET, A.; RABOT, A.; GENY, L. Factors controlling inflorescence primordia formation of grapevine: their role in latent bud fruitfulness? A review. **Botany**, Ottawa, v. 94, n. 3, p. 147-163, 2016.

MARTINAZZO, E. G.; ANESE, S.; WANDSCHEER, A. C. D.; PASTORINI, H. Efeito do Sombreamento sobre o Crescimento Inicial e Teor de Clorofila Foliar de Eugenia uniflora Linn (Pitanga) – Família. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 162-164. 2007

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical chemistry**, Alberta, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959.

MONTEIRO, A. I.; MALHEIRO, A. C.; BACELAR, E. A. Morphology, physiology and analysis techniques of grapevine bud fruitfulness: A review. **Agriculture**, Basel, v. 11, n. 2, p. 127, 2021.

OLIVEIRA, C. P. M.; SIMÕES, W. L.; SILVA, J. A. B.; FARIA, G. A.; LOPES, P. R. C.; AMORIM, M. D. N. Physiological and biochemical responses of apple trees to irrigation water depth in a semiarid region of Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 44, n. 1, p. 1-13, 2020.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888p.

TOMBESI, S.; FRIONI, T.; PONI, S.; PALLIOTTI, A. Effect of water stress “memory” on plant behavior during subsequent drought stress. **Environmental and Experimental Botany**, [S. l.], v. 150, n. 1, p. 106-114, 2018.

WILLIAMS, L. E.; GRIMES, D. W.; PHENE, C. J. The effects of applied water at various fractions of measured evapotranspiration on reproductive growth and water productivity of Thompson Seedless grapevines. **Irrigation science**, [S. l.], v. 28, n. 1, p. 233-243, 2010.

VILAR, P. F. I.; SOUZA, E. I. D.; SANTOS, L. D. S.; MARTINEZ, E. A.; RIBEIRO, V. G. Phyto regulators on bud fertility and cluster quality of ‘Thompson seedless’ grapes grafted onto ‘Ramsey’ rootstock. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 1, p. 97-108, 2017.

WALKER, R. P.; BONGHI, C.; VAROTTO, S.; BATTISTELLI, A.; BURBIDGE, C. A.; CASTELLARIN, S. D.; FAMIANI, F. Sucrose metabolism and transport in grapevines, with emphasis on berries and leaves, and insights gained from a cross-species comparison. **International Journal of Molecular Sciences**, Basel, v. 22, n. 15, p. 7794, 2021.

WOHLFAHRT, YVETTE; COLLINS, CASSANDRA; STOLL, MANFRED. Grapevine bud fertility under conditions of elevated carbon dioxide: This article is published in cooperation with the 21th GIESCO International Meeting, June 23-28 2019, Thessaloniki, Greece. Guests editors: Stefanos Koundouras and Laurent Torregrosa. **Oeno One**, Villenave d'Ornon, v. 53, n. 2, 2019.

YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal**, London, v.57, n.3, p.508-514, 1954.

5 **CAPÍTULO II. METABOLISMO DA VIDEIRA 'ARRA 15' SOBRE DIFERENTES DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

RESUMO: O manejo inadequado da irrigação pode causar alterações fisiológicas, afetando processos envolvidos na formação e crescimento das bagas da uva. O objetivo dessa pesquisa foi investigar o efeito de diferentes lâminas de irrigação sobre os processos metabólicos foliares da videira durante a fase de crescimento da baba. A pesquisa foi realizada em um vinhedo comercial em Petrolina, Pernambuco, Brasil, no ano de 2021 e 2022. O experimento foi conduzido durante três ciclos de produção, em delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições, disposto em esquema fatorial 5 × 2, sendo cinco lâminas de irrigação (70, 85, 100, 115 e 130 % da evapotranspiração da cultura - ET_c) e duas fases de crescimento da baba (fase I e fase II). Foram avaliados o conteúdo relativo de água, condutância estomática, transpiração, fotossíntese líquida, clorofilaa, clorofilab, açúcar redutor, açúcar solúvel total, extravasamento de eletrólitos, malondialdeído, carotenoides, superóxido dismutase, catalase, ascorbato peroxidase, comprimento da baba, diâmetro da baba. Em ambas as fases 70% da ET_c reduziu o conteúdo relativo de água, condutância estomática, fotossíntese líquida, clorofilaa e aumentou açúcar solúvel total, extravasamento de eletrólitos, malondialdeído, carotenoides, superóxido dismutase, catalase e ascorbato peroxidase. A estratégia de irrigação mais adequada é aplicação de 130% da ET_c na fase I e 100% da ET_c na fase II do crescimento da baba, sem afetar os processos metabólicos e o tamanho final da baba da 'Arra 15' cultivada no semiárido.

Palavras-Chave: *Vitis vinífera*; Irrigação; Trocas gasosas; Enzimas antioxidativas; Tamanho da baba.

METABOLISM OF 'ARRA 15' GRAPEVINE UNDER DIFFERENT WATER AVAILABILITY IN THE BRAZILIAN SEMIARID REGION

ABSTRACT: Improper irrigation management can cause physiological changes, affecting processes involved in grape berry formation and growth. The objective of this research was to investigate the effect of different irrigation rates on grapevine foliar metabolic processes during the berry growth phase. The research was conducted in a commercial vineyard in Petrolina, Pernambuco, Brazil, in the year 2021 and 2022. The experiment was conducted during three production cycles, in a randomized block

design, with four replications, arranged in a 5×2 factorial scheme, with five irrigation rates (70, 85, 100, 115 and 130 % of crop evapotranspiration - ET_c) and two berry growth phases (phase I and phase II). Relative water content, stomatal conductance, transpiration, net photosynthesis, chlorophyll-a, chlorophyll-b, reducing sugar, total soluble sugar, electrolyte leakage, malondialdehyde, carotenoids, superoxide dismutase, catalase, ascorbate peroxidase, berry length, berry diameter were evaluated. In both phases 70% of ET_c reduced relative water content, stomatal conductance, net photosynthesis, chlorophyll a and increased total soluble sugar, electrolyte leakage, malondialdehyde, carotenoids, superoxide dismutase, catalase and ascorbate peroxidase. The most suitable irrigation strategy is the application of 130% of ET_c in phase I and 100% of ET_c in phase II of berry growth, without affecting the metabolic processes and the final berry size of 'Arra 15' grown in the semiarid.

Keywords: *Vitis vinifer*; Irrigation; Gas exchange; Antioxidative enzymes; Berry size.

5.1 INTRODUÇÃO

A 'Arra 15' tem sido a principal uva branca sem sementes cultivada no semiárido brasileiro, contribuindo com o desenvolvimento socioeconômico na região, especialmente pelo grande índice de exportação (LEÃO, 2020). Entretanto, cultivares introduzidas apresentam problemas de adaptação, o que implica na obtenção de rendimentos irregulares ao longo das estações. Vários fatores influenciam no ciclo produtivo de videiras, sendo a disponibilidade hídrica um dos que mais interferem na formação, crescimento e maturação das bagas (KELLER, *et al.*, 2016).

Os efeitos da irrigação no rendimento da videira já foram estudados na região do Submédio São Francisco para algumas variedades de videira (ANDRADE *et al.*, 2017; BASSOI; CHAVES; TEIXEIRA, 2021), contudo, estratégia de irrigação ideal para favorecer o crescimento das bagas não foi bem elucidado. O suprimento adequado de água é necessário em cada fase fenológica, pois irrigação ineficiente pode afetar a fisiologia da videira (BALINT; REYNOLDS, 2017).

As plantas sob condição de escassez de água utilizam diferentes estratégias e desenvolvem uma série de ajustes fisiológicas, morfológicas, bioquímicas e moleculares para preservar seu estado hídrico (SALEHI-LISAR; BAKHSHAYESHAN-AGDAM, 2016). As videiras sob restrição hídrica sofrem alterações fisiológicas, refletindo em alguns parâmetros como trocas gasosas, conteúdo relativo de água e teor de pigmentos fotossintéticos (CERQUEIRA *et al.*, 2015). Os açúcares foliares são

indicadores de estresses em videira, pois o déficit hídrico pode produzir efeitos no metabolismo das plantas, resultando no acúmulo ou perda de metabólitos como carboidratos (DAYER *et al.*, 2016).

A produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) também é uma resposta das videiras ao estresse hídrico, a qual leva à peroxidação lipídica e a lesão da membrana (HE; ZHANG; LIU, 2018). Estudos evidenciam as enzimas antioxidantes (catalase, superóxido dismutase e ascorbato peroxidase) e a osmorregulação como mecanismos de defesa para proteger as videiras da seca e melhorar o crescimento através da eliminação de EROs (FAHIM *et al.*, 2022).

Dessa forma, a utilização de diferentes indicadores fisiológicos permite uma boa percepção do regime hídrico necessário durante a estação de crescimento e desenvolvimento da videira (ZUFFEREY *et al.*, 2018). A compreensão dos processos metabólicos e os mecanismos de adaptação e aclimação sob condições de estresse, poderá contribuir para diagnosticar o estado de vigor fisiológico no qual a videira se encontra. Assim, a hipótese dessa pesquisa é que durante a fase de crescimento da baga, a redução da lâmina de irrigação pode interferir em eventos metabólicos da videira sem prejudicar o tamanho final das bagas da uva.

Estudos sobre as interações entre os efeitos da deficiência hídrica e os processos fisiológicos durante o crescimento da baga são de extrema importância para adequação do manejo da irrigação, a fim de mitigar possíveis impactos no final do ciclo da cultura. Neste sentido, o objetivo dessa pesquisa foi investigar o efeito de diferentes lâminas de irrigação sobre os processos metabólicos foliares da videira durante a fase de crescimento da baga.

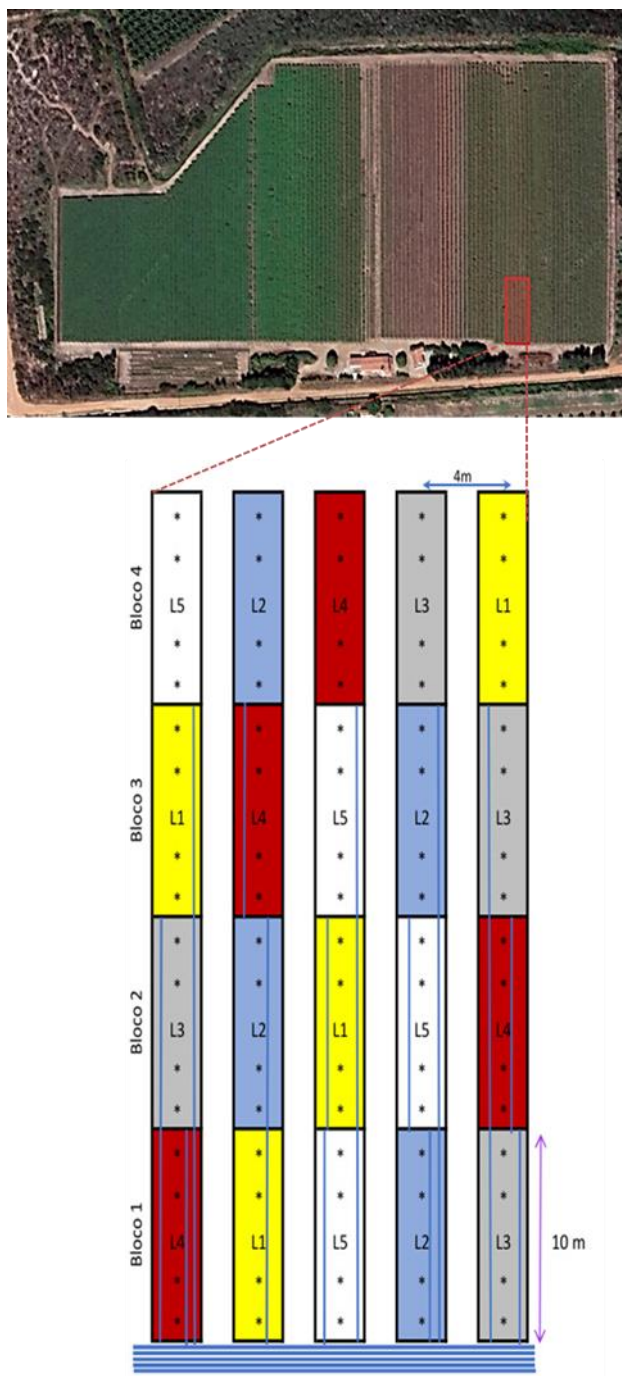
5.2 MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1 Condução do experimento

O experimento foi conduzido durante três ciclos em um vinhedo comercial do Projeto Irrigado Senador Nilo Coelho, (09°22'26,75"S e 40°38'4,29"O), localizado no município de Petrolina Pernambuco, Brasil, no ano de 2021 a 2022. A videira utilizada foi a 'Arra15' com nove anos de idade, propagada por enxertia (porta-enxerto 'Pausen'), com espaçamento de 2,5 x 4,0 m, conduzida no sistema de latada. A área experimental com dimensões de 20m x 40 m, constituída por cinco fileiras com 20 plantas por fileira, totalizando 100 plantas. Nesta área cada parcela experimental foi

compota por 5 plantas, sendo avaliada as três plantas centrais como unidades experimentais, totalizando 60 plantas úteis (Figura 12).

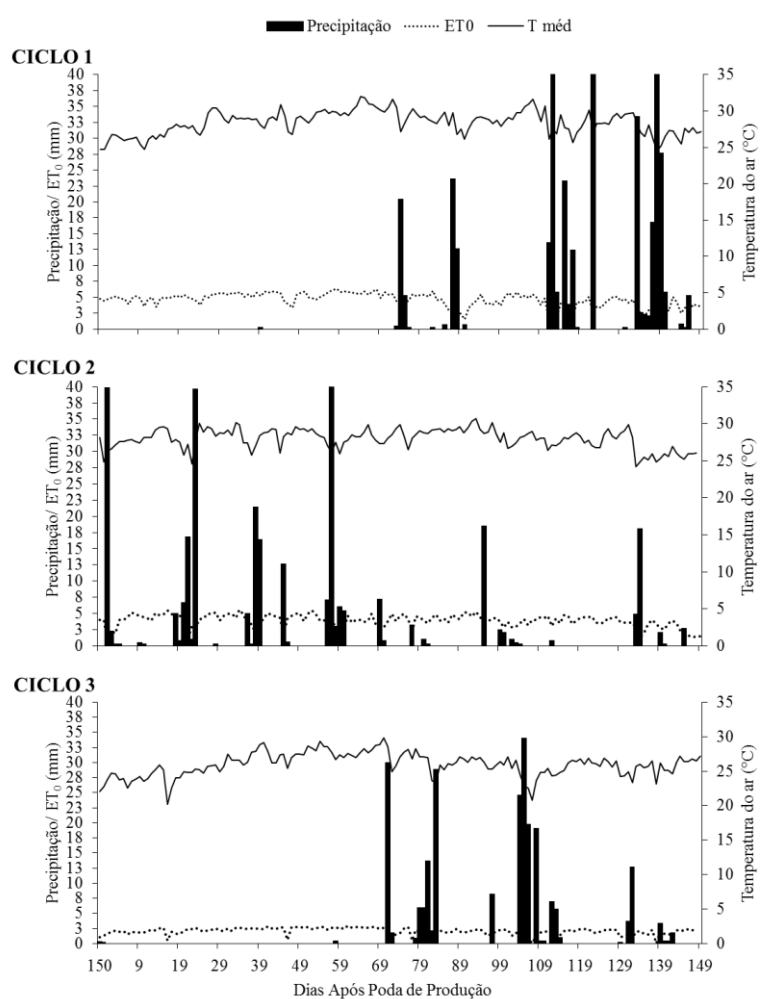
Figura 12 – Desenho esquemático relativo à distribuição aleatório dos tratamentos na área experimental, Projeto Irrigado Senador Nilo Coelho, Petrolina - PE (09°22'26,75"S e 40°38'4,29"O)



Fonte: Elaborado pelo autor

O clima da região segundo a classificação de Köppen, é do tipo BSh, que significa região semiárida, muito quente, com estação chuvosa limitada. A região apresenta temperatura média do ar de $26,2\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,9$, com umidade relativa do ar em torno de $64,4\% \pm 5,5$, precipitação de $549,8\text{ mm} \pm 181,8$ e radiação média global de $442,3\text{ W.m}^{-2} \pm 32$ (EMBRAPA, 2015). Os valores médios mensais de temperatura média, máxima e mínima do ar ($^{\circ}\text{C}$) e precipitação (mm) ao longo dos três ciclos do estudo foram obtidos da Estação Meteorológica Agrícola Automática instalada próxima ao local do experimento, e estão representados na Figura 13.

Figura 13 - Médias das variações sazonais de temperatura média (T méd), temperatura máxima (T máx), temperatura mínima (T min) ($^{\circ}\text{C}$); e precipitação (mm) durante três ciclos produtivos (poda à colheita) em videira 'Arra 15. DAPP - Dias Após Poda de Produção



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os tratos culturais, controle fitossanitários, manejo da adubação do manejo e da vegetação foram realizados pela fazenda de acordo com as recomendações gerais para viticultura no Vale do São Francisco (LEÃO; SILVA, 2018). Foi feita análise de solo antes da implantação do experimento nas profundidades de 0-30 cm e de 30- 60 cm (Tabela 3).

Tabela 3 – Análise química de solo areno argiloso da área experimental de videira ‘Arra 15’ nas profundidades (Prof.) de 0 -30 cm e de 30-60 cm

Prof.	-----COMPLEXO SORTIVO (cmolc/T.F.S.A)-----							
	Ca	Mg	Na	K	SB	H+Al	T	Al ⁺⁺⁺
0-30	4,9	3,2	0,10	0,69	8,85	0,00	8,85	0,00
30-60	3,7	1,4	0,05	0,26	4,45	0,00	4,45	0,00

Prof.	-----pH-----	-----%-----		-----gkg ⁻¹ -----		mgdm ⁻³		
	1:2,5	V		C		MO		
0-30	7,4	100		24,3		42,0		
30-60	7,2	100		8,5		14,6		

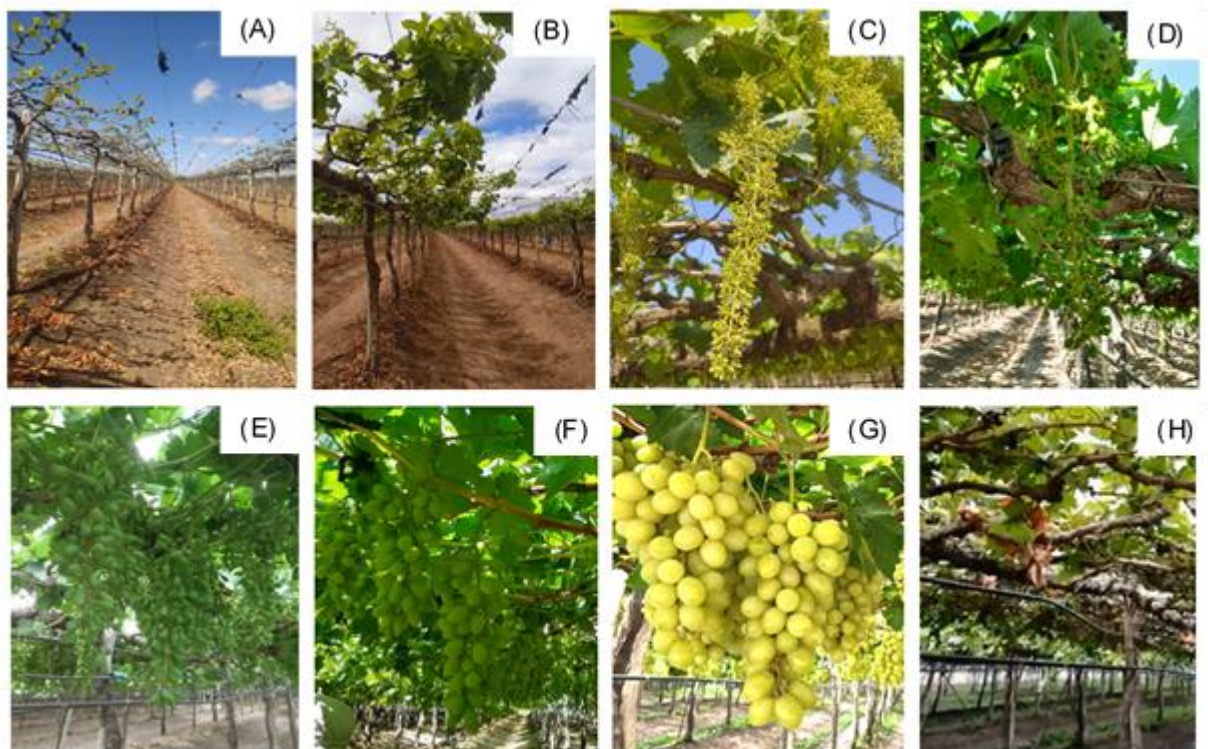
Fonte: Elaborado pelo autor

5.2.2 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido durante três ciclos de produção, em delineamento em blocos casualizados, disposto em esquema de fatorial (5 x 2), com quatro repetições. Os fatores foram cinco lâminas de irrigação (70, 85, 100, 115 e 130 % da evapotranspiração da cultura - ETC) e duas fases de crescimento da baga (fase I e fase II).

A fase I de crescimento da baga correspondeu ao período de 41 a 60 DAPP, já fase II de crescimento da baga correspondeu ao período de 77 a 92 DAPP. Conforme descrito por Agulheiro-Santos, Laranjo e Ricardo-Rodrigues (2021), a fase I foi caracterizada com o início da fase verde do desenvolvimento da baga, já fase II foi caracterizada com o início do amadurecimento do fruto, onde o crescimento das bagas é reiniciado (Figura 14).

Figura 14 - Fases fenológicas da videira 'Arra 15': A – brotação do ramo; B - crescimento vegetativo; C - floração e fase de chumbinho; D - 1º fase de crescimento do fruto; E - paralização do crescimento do fruto; F - 2º fase de crescimento do fruto; G - maturação final do fruto até a colheita; H - repouso fenológico. Sendo que a Figura 12D corresponde a fase I e a Figura 12F corresponde a fases II de avaliação



Fonte: Elaborado pelo autor.

O sistema de irrigação utilizado para aplicação dos tratamentos, consistiu em duas linhas de gotejo por linha de plantio, instalados a 2 m acima do solo, com gotejadores espaçados por 0,4 m, com uma vazão de 2,0 L h⁻¹, sendo o turno de rega diário. As lâminas de irrigação foram quantificadas com base na equação: $ET_c = ET_0 \times K_l \times K_c$

A Evapotranspiração de Referência (ET₀) foi calculada pelo método Penman-Monteith (ALLEN *et al.* 1998) usando dados coletados por uma estação meteorológica instalada próxima à área experimental. O efeito de localização (K_l) foi determinado conforme Albuquerque (2000), sendo considerado o valor de K_l 1 quando a área sombreada no parreiral atingiu 75%. O Coeficiente de Cultura (K_c) utilizado na lâmina 100% da ET_c correspondeu ao K_c já determinado para cultivares de videira sem sementes no Submédio São Francisco (LEÃO, 2004). A partir daí, ajustou-se o K_c para os outros tratamentos.

5.2.3 Variáveis analisadas

As análises fisiológicas, bioquímicas e enzimáticas foram realizadas aos 50 DAPP (Dias Após Poda de Produção) na primeira fase de crescimento da baga, e aos 80 DAPP na segunda fase de crescimento da baga. Os dados foram coletados entre 9h e 11h, nas três plantas úteis da parcela, em folhas maduras, sadias, totalmente expandidas e expostas ao sol. Durante esse período amostras foliares foram imediatamente ensacadas em papel alumínio e imersas em nitrogênio líquido, posteriormente armazenadas em freezer a -80°C até o momento das análises bioquímicas e enzimáticas.

5.2.3.1 Fisiológicas

Para as análises de trocas gasosas foram mensuradas a fotossíntese líquida (A), condutância estomática (gs) e transpiração (E). As leituras foram obtidas por meio de um Analisador Portátil de Gás Infravermelho (IRGA), modelo Li-6400, utilizando luz artificial fixada em $1500 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, conforme descrito em Bassoi, Chaves e Teixeira (2021).

Para obtenção do conteúdo relativo de água, foram retirados 5 discos foliares de 12 mm de diâmetro cada, os quais foram pesados e colocados por 24 h para saturar em placas de petri com água destilada. Em seguida, os discos foram novamente pesados e colocados para secar à temperatura de 70 °C por 72 horas, sendo posteriormente obtido a massa de matéria seca. O conteúdo relativo de água (CRA) foi determinado conforme Marengo *et al.*, (2014) a partir da equação: $\text{CRA} = [(\text{MF MS})/(\text{MT} - \text{MS})] \times 100$.

Para a extração e quantificação das clorofilas a (CLOROa) e clorofilas b (CLOROb) e carotenoides (CARAT), foi macerada 0,4 g das amostras foliares, na presença de 2 mL de acetona 80% e 0,2 g de CaCO_3 . A absorbância do sobrenadante foi registrada em 470, 663,2 e 646,8 nm. A concentração de pigmentos fotossintéticos foi determinada conforme Lichthenthaler e Wellburn (1983) a partir da equação abaixo:

$$(\text{CLOROa}) \text{ Clorofilaa}(\mu\text{g/mL}) = (12,25 \text{ ABS}_{663,2} - 2,79 \text{ ABS}_{646,8})$$

$$(\text{CLOROb}) \text{ Clorofilab}(\mu\text{g/mL}) = (21,50 \text{ ABS}_{646,8} - 5,10 \text{ ABS}_{663,2})$$

$$(\text{CARAT}) \text{ Carotenoides}(\mu\text{g/mL}) = (1000 \text{ ABS}_{470} - 1,82 \text{ Ca} - 85,02 \text{ Cb})/(198).$$

Os teores foliares de açúcares redutores (ARE) foram quantificados pelo método do ácido dinitrosalicílico - DNS (MILLER, 1959). Já os teores foliares de açúcares solúveis totais (AST) foram quantificados pelo método antrona, utilizando a metodologia descrita por Yemm e Willis (1954).

5.2.3.2 Variáveis relacionadas ao complexo oxidativo

Para quantificação de extravasamento de eletrólitos (EE) foram utilizados 10 discos foliares 12 mm de diâmetro cada, os quais foram acondicionados em tubos de ensaio com tampa contendo 30 mL de água destilada a 25°C por 24 horas. Após esse período determinou-se a condutividade elétrica inicial (CE1) do extrato por meio de um condutivímetro portátil. Posteriormente, os tubos de ensaio foram submetidos a 90°C por 60 minutos, sendo então, determinada a condutividade elétrica final (CE2) do extrato. O extravasamento de eletrólitos foi determinado conforme Vasquez-Tello, Yzuily-Fodil e Phamthi (1990) a partir da equação: $EE (\%) = (CE1/CE2) \times 100$.

Para medir a concentração de Malondialdeído (MDA) foi macerado 200 mg das amostras foliares com nitrogênio líquido, 20% de PVPP. e um tampão fosfato. Um ml de solução de ácido tricloroacético (TCA) a 20%, contendo ácido tiobarbitúrico (TBA) a 0,5%, foi adicionado a 1 mL da solução sobrenadante e a mistura foi exposta a uma temperatura de 95° C por 30min. A absorbância do sobrenadante foi registrada em 470, 663,2 e 646,8 nm, e a concentração de Malondialdeído determinada conforme o método de Heath e Packer, a partir da equação abaixo: $MDA = [ABS (535 - 600) / 155] \times 2 \times (1/0,2) \times 1000$.

O meio de extração para as análises da atividade enzimática foi realizado conforme método de Chaves e Aidar (2013). Para isso, utilizou 100 mmol L⁻¹ de tris-HCl (pH 7,5), 2 mmol L⁻¹ de EDTA, 14 mmol L⁻¹ de mercaptoetanol, 150 mmol L⁻¹ de ácido ascórbico, 10 mmol L⁻¹ de DTT, 20mmol L⁻¹ metabissulfito de sódio, 200 mmol L⁻¹ de tetraborato de sódio, 10 mmol L⁻¹ de KCl, 0,1% de Triton X-100 (v/v), 7% de sacarose e 50% (p/p) de PVPP.

A atividade da superóxido dismutase (SOD) foi determinada com base na inibição da redução do NBT (nitro blue tetrazolium) pelo extrato enzimático, após irradiada com luz branca (lâmpada fluorescente de 15 W) por 15min, a absorbância foi lida a 560 nm conforme a técnica de Giannopolitis e Ries (1977). A atividade da catalase (CAT) foi determinada por meio da decomposição de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) em água e oxigênio, utilizando espectrofotômetro a 240 nm, durante 60

segundos conforme o método de Havir e Mchale (1987). A atividade da ascorbato peroxidase (APX) foi determinada medindo a oxidação do ascorbato, utilizando espectrofotômetro a 290 nm, durante 60 segundos conforme descrito por Nakano e Asada (1981).

5.2.3.3 Tamanho da baga

Após a colheita, foram amostrados 5 cachos retirados aleatoriamente de cada parcela e transportados diretamente para o laboratório de Pós-Colheita da Embrapa Semiárido, em Petrolina-PE. O comprimento de baga (CB) e diâmetro de baga (DB) foram mensurados com a régua, em quarenta e cinco bagas coletadas em pontos equidistantes dos cinco cachos.

5.2.4 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias das variedades foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. Quando o efeito da irrigação foi significativo, uma análise de regressão foi realizada ao nível de significância de 5% usando o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2019). O efeito da lâmina de irrigação e das fases de crescimento da baga foram considerados fixo e o efeito de ciclo aleatório.

5.3 RESULTADOS

A Tabela 4 contém os quadrados médios da análise de variância para cada fonte de variação e variáveis avaliadas. Houve um significativo efeito (p -valor $<0,01$) das lâminas de irrigação para as variáveis transpiração (E), clorofila b (CLOROb) e açúcar redutor (ARE). Para as demais variáveis houve efeito significativo (p -valor $<0,05$) da interação entre lâminas de irrigação e fase de crescimento da baga.

Tabela 4 – P-valor do teste F da análise de variância para as variáveis conteúdo relativo de água (CRA), condutância estomática (*gs*), transpiração (*E*), fotossíntese líquida (*A*), clorofila a (CLOROA), clorofila b (CLOROB), açúcar redutor (ARE), açúcar solúvel total (AST) Extravasamento de eletrólitos (EE), malondialdeído (MDA), carotenoides (CARAT), superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), ascorbato peroxidase (APX), comprimento da baga (CB), diâmetro da baga (DB)

Variáveis	Fonte de Variação								CV (%)
	Blocos	Ciclo (C)	Lâmina (L)	Fase (F)	C x L	C x F	L x F	C x L x F	
CRA	7,99 ^{ns}	1871,95 ^{**}	1175,70 ^{**}	197,45 ^{**}	25,70 [*]	1486,15 ^{**}	69,33 ^{**}	24,29 [*]	4,55
<i>gs</i>	0,00 ^{ns}	0,28 ^{**}	0,00 ^{**}	0,00 ^{**}	0,00 ^{**}	0,00 ^{**}	0,00 [*]	0,00 ^{**}	7,85
<i>A</i>	0,11 ^{ns}	1263,93 ^{**}	72,61 ^{**}	46,16 ^{**}	2,83 ^{**}	14,50 ^{**}	2,97 ^{**}	1,67 [*]	4,96
<i>E</i>	0,087 ^{ns}	62,61 ^{**}	4,05 ^{**}	4,27 ^{**}	0,67 ^{**}	1,97 ^{**}	0,12 ^{ns}	0,10 ^{ns}	7,95
CLOROA	2755,30 ^{ns}	408609,67 ^{**}	55555,96 ^{**}	18969,89 [*]	8903,48 ^{**}	31622,28 ^{**}	7614,30 [*]	2965,16 ^{ns}	17,15
CLOROB	2366,55 ^{ns}	154447,32 ^{**}	32391,04 ^{**}	5512,14 ^{ns}	3304,33 [*]	479778,88 ^{**}	1113,85 ^{ns}	704,10 ^{ns}	20,16
ARE	453,82 ^{ns}	92245,51 ^{**}	35941,83 ^{**}	274,03 ^{ns}	1319,38 ^{**}	1426,76 ^{**}	549,65 ^{ns}	292,57 ^{ns}	6,34
AST	24254,58 ^{ns}	582373,05 ^{**}	1935867,75 ^{**}	135185,05 ^{**}	67502,37 ^{**}	23712,77 ^{ns}	51366,42 [*]	35089,48 ^{ns}	3,04
EE	12,67 ^{ns}	13406,21 ^{**}	958,54 ^{**}	24281,50 ^{**}	60,98 ^{**}	3091,40 ^{**}	141,48 ^{**}	148,00 ^{**}	5,61
MDA	1,19 ^{ns}	194,05 ^{**}	106,17 ^{**}	23,57 ^{**}	10,20 ^{**}	3,69 [*]	7,39 ^{**}	0,76 ^{ns}	12,78
CARAT	532,19 ^{ns}	81991,36 ^{**}	32984,31 ^{**}	18408,32 ^{**}	9326,17 ^{**}	15728,62 ^{**}	6060,16 ^{**}	2575,60 ^{**}	22,8
CAT	0,00 ^{ns}	0,00 ^{**}	0,00 ^{**}	0,00 ^{**}	0,000 [*]	0,00 ^{**}	0,00 ^{**}	0,00 [*]	16,63
SOD	183,51 ^{ns}	140334,34 ^{**}	72481,38 ^{**}	788470,62 ^{**}	6071,8117 ^{**}	69842,90 ^{**}	39416,82 ^{**}	6047,92 ^{**}	9,06
APX	0,00 ^{ns}	0,15 ^{**}	0,23 ^{**}	0,35 ^{**}	0,04 ^{**}	0,06 ^{**}	0,12 ^{**}	0,03 ^{**}	11,56
CB	0,22 ^{ns}	666,51 ^{**}	1,71 ^{**}	-	1,57 ^{**}	-	-	-	1,68
DB	0,29 ^{ns}	374,19 ^{**}	8,61 ^{**}	-	0,64 ^{ns}	-	-	-	2,92

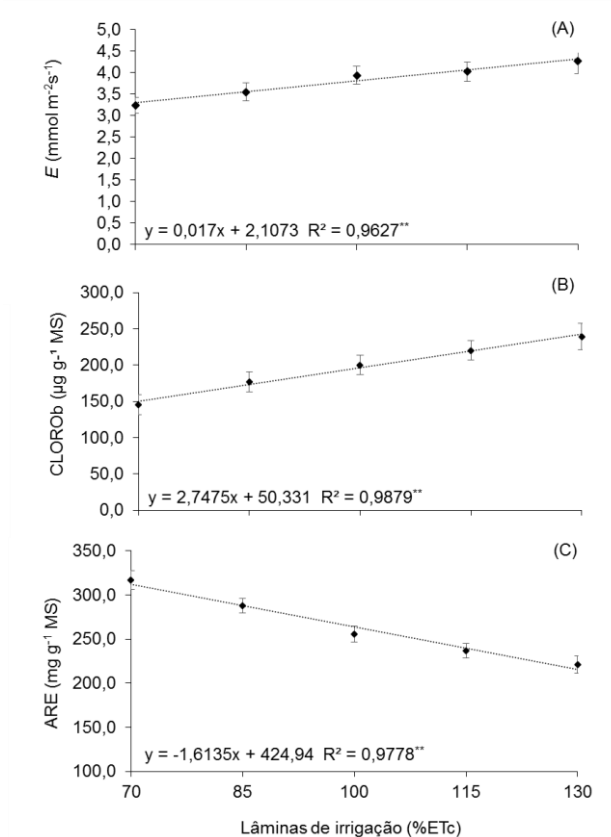
ns – não significativo, CV - Coeficiente de Variação, * e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F.

Fonte: Elaborado pelo autor.

5.3.1 Características Fisiológicas

Na Figura 15, a equação de regressão permitiu estimar o efeito das lâminas de irrigação sobre variáveis fisiológicas e bioquímicas. Tanto para transpiração como para teor de clorofila b houve resposta linear crescente, com maior valor médio respectivamente de $4,3 \text{ mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (Figura 15A) e de $239,3 \text{ } \mu\text{g g}^{-1} \text{ MS}$ (Figura 15B), ambos alcançados com a lâmina 130% da ETc. Para açúcar redutor houve resposta linear decrescente com maior valor médio $316,7 \text{ mg g}^{-1} \text{ MS}$ alcançado com 70% da ETc (Figura 15C).

Figura 15 - Médias de transpiração - E (A), clorofila b - CLOROb (B) e açúcar redutor- ARE (C), nas folhas de videiras 'Arra15' cultivada em condição semiárida, sob diferentes lâminas de irrigação aplicadas durante o crescimento da baga. * e ** = regressão significativa a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na tabela 5 estão apresentados o desdobramento da interação significativa entre lâminas de irrigação e fases de crescimento da baba para as variáveis fisiológicas e bioquímicas. Bem como o modelo de regressão ajustado para estimar o efeito da interação entre lâminas de irrigação e fases de crescimento da baba sobre as variáveis fisiológicas e bioquímicas.

Tabela 5 – Desdobramento da interação significativa entre lâminas de irrigação e fases de crescimento da baba para o conteúdo relativo de água - CRA (%), condutância estomática - g_s (mol H₂O m⁻² s⁻¹), fotossíntese líquida - A (μmol CO₂ m⁻² s⁻¹), clorofila a - CLOROA (μg g⁻¹ MS), açúcar solúvel total - AST (mg g⁻¹ MS) nas folhas de videira ‘Arra 15’ cultivadas no semiárido

Variável	Fase crescimento baba	Lâminas de irrigação (%ETc)					Equação de regressão	R ²
		70	85	100	115	130		
CRA	FI	57,07 a	68,34 a	71,6 a	72,82 a	80,62 a	$\hat{y} = 0,3439x + 35,703$	0,9074**
	FII	58,68 a	66,38 a	68,6 b	71,14 b	72,82 b	$\hat{y} = 0,2203x + 45,497$	0,8962**
g_s	FI	0,12 a	0,13 a	0,14 a	0,15 a	0,16 a	$\hat{y} = 0,0007x + 0,0733$	0,9997**
	FII	0,10 b	0,12 b	0,14 a	0,15 a	0,16 a	$\hat{y} = 0,001x + 0,034$	0,9698**
A	FI	14,69 a	15,55 a	16,18 a	17,80 a	17,93 a	$\hat{y} = 0,0582x + 10,61$	0,9537**
	FII	12,66 b	13,6 b	15,26 b	17,01 b	17,42 a	$\hat{y} = 0,0862x + 6,57$	0,9709**
CLOROA	FI	233,86 a	290,57 a	332,22 a	367,12 a	401,65 a	$\hat{y} = 2,7475x + 50,331$	0,9879**
	FII	254,79 a	291,33 a	295,56 a	324,41 a	333,6 b	$\hat{y} = 1,2713x + 172,8$	0,9413**
AST	FI	4700,54 b	4510,10 a	4348,48 a	4192,48 a	3911,75 b	$\hat{y} = -12,635x + 5596,1$	0,9871**
	FII	4814,99 a	4505,77 a	4339,24 a	4220,35 a	4118,6 a	$\hat{y} = -11,188x + 5518,6$	0,9433**

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não são diferentes pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. * e ** = regressão significativa a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em relação ao conteúdo relativo de água (CRA), nas lâminas de 100 a 130% da ETc a fase I de crescimento da baga apresentou valores mais altos quando comparado com a fase II, nas demais lâminas ambas as fases não variaram o CRA. O (CRA) apresentou resposta linear crescente em ambas as fases, onde em 130% da ETc foi observada os maiores valores médios de 80,62% e 72,82 na fase I e na fase II, respectivamente (Tabela 5).

Em relação ao teor de açúcar solúvel total (AST), nas lâminas de 70 e 130% da ETc a fase II de crescimento da baga apresentou valores mais altos quando comparado com a fase I, nas demais lâminas ambas as fases não variaram o teor. O teor de (AST) apresentou resposta linear decrescente em ambas as fases, onde para 70% da ETc foi observado o maior teor de AST com valor médio de 4700,44 e 4814,99 mg g⁻¹ MS na fase I e na fase II, respectivamente (Tabela 5).

Em relação a condutância estomática (*gs*), a fase I de crescimento da baga apresentou valores mais altos quando comparado com a fase II até 85% da ETc, após 100% da ETc, a *gs* foi similar nas duas fases estudadas. A (*gs*) apresentou resposta linear crescente em ambas as fases, onde em 130% da ETc foi observada os maiores valores médios com 0,16 mol H₂O m⁻² s⁻¹ em ambas as fases (Tabela 5).

Em relação a taxa de fotossíntese líquida (*A*), a fase I apresentou valores mais altos quando comparado com a fase II, exceto para 130% onde ambas as fases não variaram a taxa de *A*. A taxa de (*A*) apresentou resposta linear crescente em ambas as fases, onde em 130% da ETc foi observada maior taxa com valores médios de 17,93 e 17,42 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹ na fase I e na fase II, respectivamente (Tabela 5).

Para o teor de clorofila a (CLOROA) não houve diferença entre as fases nas lâminas de irrigação imposta, exceto para 130% da ETc onde a fase I apresentou valores mais altos quando comparado com a fase II. O teor de (CLOROA) apresentou resposta linear crescente em ambas as fases, onde em 130% da ETc foi observado os maiores valores médios de 401,65 e 333,6 μg g⁻¹ MS na fase I e na fase II, respectivamente (Tabela 5).

5.3.2 Complexo oxidativo

Na tabela 6 estão apresentados o desdobramento da interação significativa entre lâminas de irrigação e fases de crescimento da baga para as variáveis relacionadas ao complexo oxidativo. Bem como o modelo de regressão ajustado para estimar o efeito da interação sobre as variáveis relacionadas ao complexo oxidativo.

Tabela 6 – Extravasamento de eletrólitos - EE (%), malondialdeído - MDA (nmol g⁻¹ MS), carotenoides - CARAT (µg g⁻¹ MS), superóxido dismutase - SOD (U g⁻¹ MF), catalase - CAT (µmol H₂O₂ min⁻¹ g⁻¹ MF), ascorbato peroxidase - APX (µmol AsA min⁻¹ mg⁻¹ MF) nas folhas de videira 'Arra 15', em diferentes fases de crescimento da baga submetidas a diferentes lâminas de irrigação

Variável	Fase crescimento baga	Lâminas de irrigação (%ETc)					Equação de regressão	R ²
		70	85	100	115	130		
EE	FI	85,17 a	77,10 a	72,07 a	67,52 a	62,6 a	$\hat{y} = -0,3648x + 109,37$	0,9852**
	FII	50,60 b	45,58 b	43,92 b	41,52 b	40,59 b	$\hat{y} = -0,1605x + 60,495$	0,9224**
MDA	FI	12,35 a	9,51 a	7,47 a	6,59 a	5,74 a	$\hat{y} = -0,1076x + 19,092$	0,9294**
	FII	9,67 b	8,29 b	7,23 a	6,31 a	5,75 a	$\hat{y} = -0,0655x + 13,997$	0,9768**
CARAT	FI	168 a	110,68 a	78,71 a	50,67 a	35,46 a	$\hat{y} = -2,1673x + 305,43$	0,9476**
	FII	92,73 b	77,97 b	59,66 b	50,75 a	38,55 a	$\hat{y} = -0,9039x + 154,32$	0,9869**
SOD	FI	349,12 a	273,50 a	175,28 a	139,17 a	127,00 a	$\hat{y} = -3,8571x + 598,53$	0,9182**
	FII	71,83 b	58,43 b	47,31 b	38,25 b	37,67 b	$\hat{y} = -0,59x + 109,70$	0,9296**
CAT	FI	0,029 a	0,013 a	0,008 a	0,005 a	0,004 a	$\hat{y} = -0,0004x + 0,0511$	0,8047**
	FII	0,022 b	0,011 b	0,005 b	0,003 b	0,002 b	$\hat{y} = -0,0003x + 0,0406$	0,8433**
APX	FI	0,449 a	0,150 a	0,075 a	0,043 a	0,035 a	$\hat{y} = -0,0062x + 0,7737$	0,7304**
	FII	0,085 b	0,052 b	0,032 b	0,021 b	0,018 b	$\hat{y} = -0,0011x + 0,1516$	0,8882**

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não são diferentes pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. * e ** = regressão significativa a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para o extravasamento de eletrólitos (EE), a fase I de crescimento da baga apresentou valores mais altos quando comparado com a fase II independente da lâmina aplicada. O (EE) apresentou em ambas as fases resposta linear decrescente, onde para 70% da ETc foi observado o maior teor de EE com valor médio de 85,17 e 50,60% na fase I e na fase II, respectivamente (Tabela 6).

Em relação ao conteúdo de malondialdeído (MDA), a fase I de crescimento da baga apresentou valores mais altos quando comparado com a fase II até 85% da ETc, após 100% da ETc, a concentração foi similar nas duas fases estudadas. O conteúdo de (MDA) apresentou resposta linear decrescente em ambas as fases, onde em 70% da ETc foi observada maior concentração com valores médios de 12,35 e 9,67 nmol g⁻¹ MS na fase I e na fase II, respectivamente (Tabela 6).

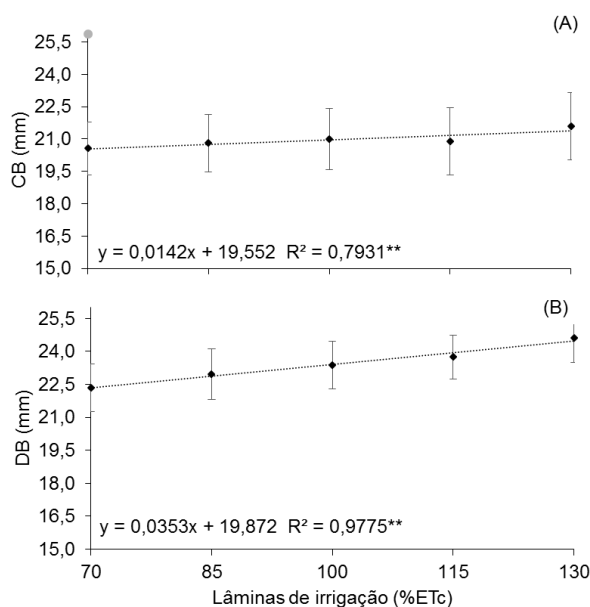
Para o teor de carotenoides (CARAT), a fase I de crescimento da baga apresentou valores mais altos quando comparado com a fase II até 100% da ETc, após 115% da ETc, a concentração foi similar nas duas fases estudadas. O teor de (CARAT) apresentou resposta linear decrescente em ambas as fases, onde em 70% da ETc foi observado os maiores valores médios de 168,00 e 92,73 µg g⁻¹ MS na fase I e na fase II, respectivamente (Tabela 6). Em relação a atividade das enzimas superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e ascorbato peroxidase (APX), a fase I de crescimento da baga apresentou valores mais altos quando comparado com a fase II em todas as lâminas de irrigação. (Tabela 6).

A SOD apresentou resposta linear decrescente em ambas as fases, onde para 70% da ETc foi observado a maior atividade com valor médio de 349,12 e 71,83 U g⁻¹ MF na fase I e na fase II, respectivamente. A CAT apresentou resposta linear decrescente em ambas as fases, onde para 70% da ETc foi observado a maior atividade com valor médio de 0,029 e 0,022 µmol H₂O₂ min⁻¹ g⁻¹ MF na fase I e na fase II, respectivamente. A APX também apresentou resposta linear decrescente em ambas as fases, onde para 70% da ETc foi observado a maior atividade com valores médio de 0,449 e 0,085 µmol AsA min⁻¹ mg⁻¹ MF na fase I e na fase II, respectivamente (Tabela 6).

5.3.3 Tamanho da baga

Na Figura 16, a equação de regressão permitiu estimar o efeito das lâminas de irrigação sobre as variáveis referentes ao tamanho da baga. Observou-se resposta linear crescente em função das lâminas de irrigação, com maior valor médio de 21,59 mm para comprimento da baga (CB) (Figura 16A) e de 24,6 mm para diâmetro da baga (DB) (Figura 16B), todos alcançados com a lâmina 130% da ETc.

Figura 16 - Médias do tamanho da baga de uva 'Arra15' cultivada em condição semiárida sob diferentes lâminas de irrigação. (A): Comprimento da baga - CB. (B): Diâmetro da baga - DB. * e ** = regressão significativa a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.



Fonte: Elaborado pelo autor.

5.4 DISCUSSÃO

5.4.1 Características fisiológicas

A disponibilidade hídrica e a fase de crescimento da baga são os principais fatores que afeta a maioria das variáveis. A interação significativa entre lâminas, fases e ciclo para algumas variáveis indica que existem fatores climáticos que afetam essas variáveis, no entanto os ciclos foram considerados aleatórios no modelo.

De acordo com Deka, Singhe Singh (2018), a taxa de transpiração nas folhas é determinada especialmente pela radiação, déficit de saturação e pela condutância

estomática (g_s). Isso indica que a redução na transpiração foliar em videira 'Arra 15' durante o crescimento da baga, pode estar atribuída ao fechamento de estômatos induzido pela restrição hídrica.

Corroborando com resultados encontrados por Dayer *et al.*, (2016) em videira 'Malbec' em clima árido na Argentina, por Keller *et al.*, (2016) em videira 'Cabernet Sauvignon' em clima árido dos EUA, por Bassoi, Chaves e Teixeira (2021) em videira 'Syrah' em clima semiárido brasileiro, os quais observaram redução na transpiração devido ao fechamento estomático. Isso pois, quando o suprimento de água nas raízes diminui, as células-guarda reduzem a abertura estomática, declinando a transpiração para evitar a desidratação das folhas (TAIZ *et al.*, 2017).

Cerqueira *et al.* (2015) observaram em videira cv. Syrah e cv. Touriga Nacional, redução na transpiração e no teor de clorofila quando submetidas a restrição hídrica imposto pelo nível do potencial hídrico de base -1,1 Mpa, corroborando com os resultados desta pesquisa. Fahim *et al.* (2022) relataram que déficit hídrico (25% da capacidade de campo) diminui o conteúdo de clorofilab em cultivares de uvas iranianas, em decorrência de restrição hídrica ocasionar danos às enzimas associadas à fotossíntese.

Em relação a variável açúcar redutor (ARE), os resultados mostraram que a redução da água no solo aumenta gradualmente os teores foliares de ARE. Conforme Souza *et al.* (2013), os principais açúcares redutores presentes tanto nas folhas como nos frutos são a glicose e a frutose.

Walker *et al.* (2021), relata que a sacarose é hidrolisada em glicose mais frutose, aumentando a concentração de soluto na determinação da pressão de turgescência celular; onde concentração alta aumenta o turgor atraindo água para dentro da célula por osmose, enquanto uma proporção baixa faz o contrário. Assim, durante a restrição hídrica, as plantas fecham seus estômatos e acumulam solutos compatíveis para manter um baixo potencial hídrico e evitar a desidratação (TAIZ *et al.*, 2017).

A maioria das variáveis fisiológicas e bioquímicas respondem diferente à lâmina de irrigação durante as fases de crescimento da baga. A fase I de crescimento da baga foi mais sensível a restrição hídrica quando compara a fase II, possivelmente devido ao acúmulo de osmólitos adaptativos como açúcares solúveis, o qual manteve o turgor celular.

Agulheiro-Santos, Laranjo e Ricardo-Rodrigues (2021) descrevem que o processo de crescimento e desenvolvimento da baga possuem três estágios diferentes. No estágio I, início da fase verde do desenvolvimento da baga, o crescimento é causado pela divisão e aumento celular. No estágio II o crescimento é marcadamente reduzido, a cor da baga começa a mudar, e os processos metabólicos que desencadeiam o amadurecimento ocorrem, este momento no ciclo é chamado de pintura. No estágio III, o chamado amadurecimento, o crescimento das bagas é reiniciado devido ao aumento das células

Nesse aspecto, na fase I de crescimento da baga, o maior CRA quando comparada a fase II com aplicação de lâminas acima de 100% da ETc, pode estar relacionado a maior necessidade hídrica nessa fase. Pois, o estresse hídrico, no início da fase verde do desenvolvimento da baga, reduz o potencial de crescimento por inibir a divisão celular, restringindo irreversivelmente o número total de células. Enquanto o estresse hídrico após a fase de pintor só pode afetar negativamente a expansão celular, limitando apenas o crescimento de bagas (BAEZA *et al.*, 2019).

Açúcares foliares com capacidade de ajustar oportunamente o potencial osmótico, provavelmente aumentou a retenção de água nas células foliares sob restrição hídrica. Pois, o acúmulo de solutos osmoticamente ativos, como os açúcares solúveis, nas células foliares de videira permite manter o turgor celular positivo, apesar da diminuição de água no solo (GAMBETTA *et al.*, 2020).

Os produtos da fotossíntese sintetizados nas folhas, são geralmente referidos como fotoassimilados, os quais incluem carboidratos não estruturais solúveis como a sacarose, glicose e frutose (DAYER *et al.*, 2016). Segundo Walker *et al.* (2021) a sacarose é parte dos açúcares solúveis totais (AST) que ocorre em maior quantidade em videira.

O maior teor de AST na fase II de crescimento da baga quando comparada a fase I, pode estar relacionado a maior necessidade de fotoassimilados para essa fase. Souza *et al.* (2013), constataram em videira 'Itália' cultivada no semiárido brasileiro, que no início do crescimento de bagas os teores foliares de AST são mais baixos, apresentando acréscimo durante a fase de crescimento e maturação de bagas, evidenciando grande transporte de fotoassimilados nessas fases.

Por outro lado, a redução gradual da disponibilidade hídrica no solo afetou a alocação de carbono fixo, evidenciado pelo aumento de açúcares solúveis em ambas as fases. Resultados semelhante foi obtido por Dayer *et al.* (2016), em videiras cv.

Malbec cultivadas sob clima árido na Argentina, onde o menor nível de irrigação (25% da ET₀) apresentou maior concentração de açúcares solúveis totais do que as videiras sob maior nível de irrigação (100% da ET₀).

Fahim *et al.* (2022) relatam que mesmo quando o déficit hídrico reduz a taxa fotossintética, a síntese de açúcares solúveis no citosol é priorizada para manter a atividade metabólica da planta. O acúmulo de açúcares livres nas folhas com a redução do teor de água no solo, mantém o turgor celular por ajuste osmótico, contribuindo para o funcionamento da planta (OLIVEIRA *et al.*, 2020). Assim, aumento de AST em folhas de 'Arra15' com a redução gradual da lâmina de irrigação, ocorre como tentativa de conseguir um equilíbrio osmótico nas células.

Contudo, lâmina de irrigação com 85% da ET_c não resultou na variação de AST entre as fases de crescimento da baga. Isso indica que sob essa lâmina, a síntese de carboidratos solúveis é favorecida, permitindo que as videiras mantenham ou aumentem o teor de açúcares solúveis em suas folhas ao longo do crescimento da baga. Pois, o déficit hídrico moderado registrado durante os estágios de crescimento da baga, promove um acúmulo de reservas de carboidratos, melhorando o desenvolvimento das bagas e favorecendo a produtividade da cultura BAEZA *et al.*, 2019).

Já a lâmina de 130% da ET_c aumentou o teor de AST na fase II em relação a fase I, indicando que maior disponibilidade de água no solo intensifica a produção de carboidratos através da fotossíntese. Açúcar em abundância promove o crescimento e a estocagem de carboidratos nos drenos, e quando a taxa de fotossíntese é alta ocorre o acúmulo de AST e amido nas folhas (TAIZ *et al.*, 2017). Souza *et al.*, (2013) relatam que os açúcares em folha de videira podem refletir o estado metabólico da fotossíntese ou, também, a capacidade de translocação desses açúcares para os tecidos de reserva, corroborando com resultados obtidos neste trabalho.

A condutância estomática apresentou resultado semelhante ao encontrado por Keller *et al.* (2016), em videira Cabernet Sauvignon sob vários regimes hídricos, no árido sudeste de Washington durante três anos. 'Esses autores observaram que a condutância estomática (gs) tornou-se extremamente baixo em 25% da ET_c, enquanto foi consistentemente maior em 70 e 100% da ET_c, mas não diferiram nesses tratamentos entre a frutificação e a colheita, corroborando com os resultados desta pesquisa.

As videiras sob condições de déficit hídrico tendem a fechar seus estômatos para reduzir a taxa máxima de perda de água do dossel, o que evita fortes declínios no potencial hídrico da planta e economiza água no solo para uso durante a estação de crescimento (CHAVES *et al.*, 2016). Keller *et al.* (2016) sugeriram que as vinhas irrigadas com medições de $g_s < 0,15 \text{ mol H}_2\text{O/m}^2\text{s}$ possivelmente estão sob estresse hídrico moderado, enquanto $g_s < 0,005 \text{ mol H}_2\text{O/m}^2\text{s}$ pode indicar estresse hídrico severo. Limitações não estomáticas tornam-se dominantes apenas quando a g_s da videira cai abaixo de $50 \text{ mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (GAMBETTA *et al.*, 2020).

Com relação a fotossíntese líquida, as taxas em ambas as fases estão consideradas dentro dos normais estabelecidos para plantas C_3 , as quais variam de 10 a $20 \text{ } \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (TAIZ *et al.*, 2017). A diminuição da taxa de fotossíntese líquida, com a redução da lâmina de irrigação, ocorre como consequência da redução da condutância do mesófilo e limitações a difusão de CO_2 nos tecidos foliares, mediante a limitação de água no solo (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

Bassoi, Chaves e Teixeira (2021) relataram em videira cv. Syrah, cultivada no semiárido do Brasil, que a restrição hídrica moderada (50-60% da capacidade de campo) aos 79 e 107 dias após a poda, ocasiona grandes reduções na fotossíntese líquida, transpiração e condutância estomática, corroborando com os resultados desta pesquisa. Chaves *et al.* (2010) abordam que o efeito na fotossíntese é a principal causa das reduções induzidas pela disponibilidade de água no crescimento das bagas em videira.

Nas duas fases de crescimento da baga, 130% da ET_c não resultou em variação na taxa fotossintética. Possivelmente aumento da fotossíntese nessa lâmina, pode estar relacionado às diversas funções-chave que a água desempenha e, ou regula na planta, como a fotofosforilação, fixação fotossintética do CO_2 , síntese proteica; formação de clorofila, separação e utilização de fotoassimilados (TAIZ *et al.*, 2017).

A diminuindo do teor de CLOROA com a redução da lâmina de irrigação indica que, durante a fase de crescimento da baga de videira 'Arra 15', a restrição hídrica pode levar a perda de clorofila, tendo como consequência o declínio na capacidade fotossintética das plantas. Segundo Taiz *et al.* (2017), o teor de clorofila foliar está diretamente relacionado com o potencial de atividade fotossintética das plantas.

O declínio da clorofila pode ser devido à peroxidação das membranas dos cloroplastos (KHALILZADEH *et al.* 2022). As reduções no teores de clorofila também

podem representar uma resposta de aclimação à restrição hídrica, na tentativa de conservar energia e consequentemente captar menos energia luminosa, possivelmente evitando o estresse fotooxidativo (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

Os níveis de pigmentos fotossintéticos diferiram nas fases com aplicação de 130% da ET_c, possivelmente em virtude da irrigação ter favorecido a maior fotossíntese líquida na fase I. Tendo em vista que, durante o ciclo anual de uva de mesa *V. vinífera* L., a clorofila *a* e *b* apresentam um acúmulo contínuo até o estágio de pintura (FILIMON; ROTARU; FILIMON, 2016).

5.4.2 Complexo oxidativo

As variáveis relacionadas ao complexo oxidativo respondem diferente à lâmina de irrigação durante as fases de crescimento da baga. Esse comportamento desempenhar uma função importante no metabolismo da videira, em minimizar os efeitos deletérios da restrição hídrica, por meio da regulação de suas expressões gênicas e suas atividades.

O extravasamento de eletrólitos está relacionado com a permeabilidade de membrana do tecido foliar. Os níveis mais altos de extravasamento de eletrólitos da membrana celular na fase I, sugerem a menor conservação da membrana celular quando comparado a fase II. Conforme Baeza *et al.* (2019), o suprimento adequado de água em videira é mais importante quando ocorre antes da fase pintor, pois dessa fase em diante a baga torna-se cada vez mais resistente ao estresse.

Achados semelhantes foram obtidos a partir do papel do estresse no vazamento de eletrólitos em cultivares de uva iranianas (FAHIM, *et al.*, 2022). Conforme He, Zhang e Liu (2018) o extravasamento de eletrólitos é um dos parâmetros mais críticos para identificar plantas com alta resistência ao estresse hídrico. A ruptura das membranas celulares por estresse hídrico e a inativação das bombas iônicas localizadas nas membranas celulares levam a um aumento da taxa de extravasamento de eletrólitos (ALTINCI; CANGIL, 2019). Isso indica mais uma vez, o maior comprometimento do conteúdo citoplasmático com o aumento da restrição hídrica na fase I de crescimento da baga.

O conteúdo de malondialdeído (MDA) apresentou um padrão semelhante ao do EE, com valores aumentando com a redução da lâmina de irrigação independente da fase. Resultado semelhante foram observados por He, Zhang e Liu (2018), em

folhas videiras Merlot cultivadas sob clima árido da China, onde o estresse hídrico aumentou a concentração de MDA.

Contudo, o maior conteúdo de MDA na fase I do que na fase II sob lâmina de 70 e 85% da ETc, pode ser um indicativo de maior dano à membrana celular nessa fase devido ao aumento da restrição hídrica. Pois, a alta produção de EROs devido ao estresse hídrico leva à peroxidação lipídica, em termos de conteúdo de MDA, o qual é um dos produtos finais devido à destruição da membrana celular e é responsável por danos à membrana celular He, Zhang e Liu (2018).

O aumento da concentração de carotenoides com a redução da irrigação, indica que os carotenoides estão envolvidos na proteção do aparelho fotossintético em condições de fotoinibição ocasionada pela restrição hídrica. Os carotenoides dissipam o excesso de energia de excitação por rápida conversão interna, impedindo a foto-oxidação das membranas fotossintéticas e a destruição de todo o fotossistema (BABAEI *et al.*, 2017). Bascuñán-Godoy *et al.* (2017) constataram que características relacionadas à absorção de luz pela copa influencia a produtividade da videira irrigada em condições de clima árido, corroborando com os resultados deste trabalho.

Contudo, a maior concentração de CARAT na fase I do que na fase II sob lâmina de 70 a 100% da ETc, pode ser um indicativo de maior comprometimento do aparato fotossintético durante essa fase, proporcionado pela redução de água no solo. Pois, variações nas relações clorofila *a/b* e clorofila/carotenóides são indicadores de estresse ou dano ao aparato fotossintético e afetam o curso normal dos processos biológicos de cultivares de uva de mesa (FILIMON; ROTARU; FILIMON, 2016).

Por outro lado, lâmina de irrigação com 115 e 130% da ETc, não resultou na variação de CARAT entre as fases de crescimento da baga. Isso indica que essa lâmina, exerceu influência nos processos metabólicos, promovendo estabilidade na concentração de carotenoides. Filimon, Rotaru e Filimon (2016) constataram um acúmulo de carotenoides foliares contínuo até cerca de 30 dias ao amadurecimento da uva, corroborando com o resultado desse trabalho.

O aumento da atividade das enzimas SOD, CAT e APX na fase I de crescimento da baga em relação a fase II, mostrou-se essencial para manter o equilíbrio entre a formação e remoção das EROs no ambiente intracelular (KHALILZADEH *et al.* 2022). Além disso, a capacidade de manter níveis mais elevados da atividade de SOD, CAT e APX, com a redução da lâmina de irrigação nas duas fases, sugere que estas

enzimas podem ser importantes para minimizar a degradação da membrana pelos EROs induzida pela restrição hídrica.

Conforme FAHIM *et al.* (2022), o aumento na atividade dessas enzimas está estritamente correlacionado com a tolerância de videira ao estresse oxidativo. He, Zhang e Liu (2018) constataram que o estresse hídrico aumentou atividades das enzimas antioxidantes de superóxido dismutase (SOD) e catalase (CAT) em folhas de videiras, corroborando com resultado deste estudo.

Segundo Barbosa *et al.* (2014), a enzima SOD faz parte da primeira linha de defesa contra as EROs, sendo responsável pela dismutação dos íons superóxidos ($O_2^{\cdot-}$) transformando-o em $H_2O_2 + O_2$. Esses autores também relatam que o H_2O_2 oriundo da dismutação da SOD, é constantemente utilizado como substrato pelas enzimas CAT e APX no processo de desintoxicação contra estresse oxidativo, onde catalisam a conversão do H_2O_2 à água e oxigênio molecular. Isso sugere que as enzimas SOD, CAT e APX desempenham um papel chave na eliminação dos radicais $O_2^{\cdot-}$ e H_2O_2 , em videira 'Arra 15' submetidas a restrição hídrica.

5.4.3 Tamanho da baga

O tamanho final da baga de uvas para o consumo *in natura* consiste em um diferencial de qualidade para melhor classificação e comercialização (LIMA; GUERRA, 2018). A restrição hídrica diminui o comprimento e o diâmetro final da baga. Resultado semelhante foram encontrados em videiras 'Merlot' (MIGUEL FILHO *et al.*, 2020).

Possivelmente a redução no tamanho pode estar relacionada à menor disponibilidade de água para a elongação celular. Pois, o estresse hídrico durante o desenvolvimento da baga, reduz o potencial de crescimento por inibir a divisão celular e afeta negativamente a expansão celular (BAEZA *et al.*, 2019). Em geral, a variação no tamanho da baga em uva depende da cultivar e manejo da água, pois em condições de estresse a baga é influenciada pela duração e magnitude do estresse, além de fatores genéticos na variabilidade (MIGUEL FILHO *et al.*, 2020).

Conforme catálogo da Grapa (2022), as bagas da uva 'Arra 15' possuem tamanho de 22 X 33 mm. Entretanto, no presente trabalho o tamanho foi menor ao estabelecido pelo Grapa, com o máximo alcançado com 130% da ETc. Nascimento *et al.* (2023) constataram em uvas 'Arra 15' no clima semiárido do Brasil, que a maior aplicação de silício no solo 350 kg ha⁻¹ resultou no tamanho de 16,1mm x 21,3mm.

Possivelmente em condição semiárida tropical, os tratos culturais adotados até o momento não propiciaram o potencial máximo para o tamanho da baga, contudo a disponibilidade hídrica exerce forte influência no tamanho da baga.

5.5 CONCLUSÕES

A videira 'Arra 15' apresenta durante a fase de crescimento da baga variações fisiológicas com consequência na redução no tamanho final das bagas. A fase I é mais sensível a restrição hídrica do que a Fase II. A aplicação de 130% da ETc na fase I e 100% da ETc na fase II do crescimento da baga de uva, favorece os processos metabólicos de 'Arra 15' cultivada no semiárido.

REFERÊNCIAS

AGULHEIRO-SANTOS, A. C.; LARANJO, M.; RICARDO-RODRIGUES, S. Table grapes: There is more to vitiviniculture than wine. *In*: MORATA, A.; LOIRA, I.; GONZÁLEZ, C. **Grapes and Wine**, Intech Open, Londres, 2021. p. 139-161.

ALBUQUERQUE P. E. P. **Requerimento de água das culturas para fins de manejo e dimensionamento de sistemas de irrigação localizada**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 76p. (Circular Técnica, ISSN 1518- 4269).

ALLEN, R. G. *et al.* Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. **Fao**, Rome, v. 300, n. 9, p. D05109, 1998.

ANDRADE, V. P.; M. D.; SILVA, J. A. B. D., SOUSA, J. S. C. D.; OLIVEIRA, F. F.; SIMÕES, W. L. Physiological characteristics of grapevine under irrigation and fertilization management1. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 47, n. 4, p. 390-398, 2017.

BABAEI A.; RANGLOVÁ K.; MALAPASCUA J.R.; MASOJÍDEK J. The synergistic effect of Selenium (selenite, $-SeO_3^{2-}$) dose and irradiance intensity in *Chlorella* cultures. **AMB Express**, [S. l.], v. 7, n. 56, p. 1-14, 2017.

BAEZA, P.; JUNQUERA, P.; PEIRO, E.; LISSARRAGUE, J. R.; URIARTE, D.; VILANOVA, M. Effects of vine water status on yield components, vegetative response and must and wine composition. **Advances in Grape and Wine Biotechnology**, Londres, v. 1, n. 1, p. 73-94, 2019.

BALINT, G.; REYNOLDS, A. G. Irrigation level and time of imposition impact vine physiology, yield components, fruit composition and wine quality of Ontario Chardonnay. **Scientia horticultrae**, Amsterdam, v. 214, p. 252-272, 2017.

BARBOSA, M. R.; SILVA, M. M. D. A.; WILLADINO, L.; ULISSES, C.; CAMARA, T. R. Geração e desintoxicação enzimática de espécies reativas de oxigênio em plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 3, p. 453-460, 2014.

BASCUÑÁN-GODOY, L.; FRANCK, N.; ZAMORANO, D.; SANHUEZA, C.; CARVAJAL, D. E.; IBACACHE, A. Rootstock effect on irrigated grapevine yield under arid climate conditions are explained by changes in traits related to light absorption of the scion. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 218, p. 284-292, 2017.

BASSOI, L. H.; CHAVES, A. R. M.; TEIXEIRA, R. P. Responses of 'Syrah' grapevine to deficit irrigation in the Brazilian semi-arid region. **Agricultural Water Management**, Oxford, v. 258, p. 107-186, 2021.

CERQUEIRA, R. C.; COSTA, J. M.; CHAVES, M. M.; RODRIGUES, J. D. Fisiologia e metabolismo foliar em duas variedades de videira sujeitas a um ciclo de déficit hídrico e reidratação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 10, n. 2, p. 211-217, 2015.

CHAVES, A. R. M.; AIDAR, S. T. **Adaptação de protocolo para a extração de enzimas antioxidantes em folhas de plantas lenhosas**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 2013. 3p. (EMBRAPA-CPATSA. Comunicado Técnico, 155).

CHAVES, M. M.; ZARROUK O.; FRANCISCO, R.; COSTA, J. M.; SANTOS, T.; REGALADO, A. P.; RODRIGUES, M. L.; LOPES, C. M. Grapevine under deficit irrigation: Hints from physiological and molecular data. **Annals of Botany**, [S. l.], v. 105, n. 1, p. 661-676, 2010.

CHAVES, M. M.; COSTA, J. M.; ZARROUK, O.; PINHEIRO, C.; LOPES, C. M.; PEREIRA, J. S. Controlling stomatal aperture in semi-arid regions - The dilemma of saving water or being cool?. **Plant Science**, Lausanne, v. 251, p. 54-64, 2016.

COOMBE, B. G. Growth stages of the grapevine: adoption of a system for identifying grapevine growth stages. **Australian journal of grape and wine research**, Adelaide, v. 1, n. 2, p. 104-110, 1995.

DAYER, S.; PRIETO, J. A.; GALAT, E.; PEÑA, J. P. Leaf carbohydrate metabolism in M albec grapevines: combined effects of regulated deficit irrigation and crop load. **Australian journal of grape and wine research**, Adelaide, v. 22, n. 1, p. 115-123, 2016.

DEKA, D.; SINGH, A.K.; SINGH, A.K. Effect of Drought Stress on Crop Plants with Special Reference to Drought Avoidance and Tolerance Mechanisms: A Review. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 2703–2721, 2018.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Médias Anuais da Estação Agrometeorológica de Bebedouro (Petrolina-PE 09°09'S, 40°22'W). Período 1975-2014. 2015.** Disponível em: <http://www.cpatssa.embrapa.br:8080/servicos/dadosmet/ceb-anual.html>. Acesso em: 25 jan. 2023.

FAHIM, S.; GHANBARI, A.; NAJI, A. M.; SHOKOHIAN, A. A.; LAJAYER, H. M.; GOHARI, G.; HANO, C. Multivariate Discrimination of Some Grapevine Cultivars under Drought Stress in Iran. **Horticulturae**, Basel, v. 8, n. 10, p. 871, 2022.

FILIMON, R. V.; ROTARU, L.; FILIMON, R. M. Quantitative investigation of leaf photosynthetic pigments during annual biological cycle of *Vitis vinifera* L. table grape cultivars. **South African Journal of Enology and Viticulture**, [S. l.], v. 37, n. 1, p. 1-14, 2016.

GAMBETTA, G. A.; HERRERA, J. C.; DAYER, S.; FENG, Q.; HOCHBERG, U.; CASTELLARIN, S. D. The physiology of drought stress in grapevine: towards an integrative definition of drought tolerance. **Journal of experimental botany**, Oxford, v. 71, n. 16, p. 4658-4676, 2020.

GIANNOPOLITIS, C. N.; RIES, S. K. Superoxide Dismutases: I. Occurrence in Higher Plants. **Plant Physiol**, Bethesda, v. 59, n. 2, p. 309-314, 1977.

GIRONA, J.; MARSAL, J.; MATA, M.; DEL CAMPO, J.; BASILE, B. Sensibilidade fenológica do crescimento e composição dos bagos de videiras Tempranillo (*Vitis vinifera* L.) ao estresse hídrico. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, Adelaide, v. 15, n. 3, p.268-277, 2009.

HAVIR, E. A.; MCHALE, N. A. Biochemical and developmental characterization of multiple forms of catalase in tobacco leaves. **Plant Physiol**, Bethesda, v. 84, n. 2, p.450-455,1987.

HEATH RL, PACKER L. Photoperoxidation in isolated Chloroplasts. I. Kinetics and stoichiome MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. **Analytical Chemistry**, Alberta, v.31, n.4, p. 426-428, 1959.

HE, Z.; ZHANG, T.; LIU, X. Changes in antioxidant enzyme activities and berry composition of vine grapes (Merlot) subjected to water stress with drip irrigation. **Fresenius Environmental Bulletin**, [S. l.], v. 27, p. 9816-9827, 2018.

KHALILZADEH, R.; PIRZAD, A.; SEPEHR, E.; ANWAR, S.; KHAN, S. Physiological and biochemical responses of *Phragmites australis* to wastewater for different time duration. **Acta Physiologiae Plantarum**, Cracóvia, v. 44, n. 12 p. 130, 2022.

KELLER, M.; ROMERO, P.; GOHIL, H.; SMITHYMAN, R. P.; RILEY, W. R.; CASASSA, L. F.; HARBERTSON, J. F. Deficit irrigation alters grapevine growth, physiology, and fruit microclimate. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 67, n. 4, p. 426-435, 2016.

LEÃO, P. C. S. Produção de uvas sem sementes no Semiárido brasileiro. In: AGUILA, J. S.; AGUILA, L. S. H. **Vitivinicultura: função exata em cada processo**. Ponta Grossa: Atena, 2020. p. 70-81.

LEÃO, P. C. S. **Cultivo da videira**. Sistemas de Produção. Petrolina: Embrapa Semiárido. 1. ISSN 1807-0027, 2004. 79 p.

LEÃO, P. C. S.; SILVA, D. J. Cultivo da videira no semiárido nordestino. *In*: PIO, R. **Cultivo de fruteiras de clima temperado em regiões subtropicais e tropicais**. 2. ed. Lavras: UFLA2018. p.586-625.

LICHTENTHALER, H. K.; WELLBURN, A. R. Determination of total carotenoids and chlorophyll a and b of leaf extracts in different solvents. **Biochemical Society Transactions**, Portland, v. 11, n.1, p. 591-592, 1983.

MARENCO, R. A.; ANTEZANA-VERA, S. A.; GOUVÊA, P. R. D. S.; CAMARGO, M. A. B.; OLIVEIRA, M. F. D.; SANTOS, J. K. D. S. Fisiologia de espécies florestais da Amazônia: fotossíntese, respiração e relações hídricas. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, p. 786-799, 2014.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical chemistry**, Alberta, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959.

NAKANO, Y.; ASADA, K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate specific peroxidase in spinach chloroplast. **Plant Cell Physiology**, Oxford, v.22, n.5, p.867-880, 1981.

OLIVEIRA, C. P. M.; SIMÕES, W. L.; SILVA, J. A. B.; FARIA, G. A.; LOPES, P. R. C.; AMORIM, M. D. N. Physiological and biochemical responses of apple trees to irrigation water depth in a semiarid region of Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 44, n. 1, p. 1-13, 2020.

SALEHI-LISAR, S.Y.; BAKHSHAYESHAN-AGDAM, H. Drought stress in plants: Causes, consequences, and tolerance. *In*: Hossain, M., Wani, S., Bhattacharjee, S., Burritt, D., Tran, L.S. (eds). **Drought Stress Tolerance in Plants**. Cham: Springer, 2016. p. 1-16.

SOUZA, ESSIONE R.; RIBEIRO, V. G.; DANTAS, B. F.; LIMA FILHO, J. M. Variação de carboidratos em folhas da videira 'Itália' submetida a diferentes de níveis de desfolhas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 8, n. 4, p. 535-539, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888p.

VASQUEZ-TELLO, A.; YZUILY-FODIL, A. T.; PHAMTHI; V. S. J. Electrolyte and Pi leakages and soluble sugar content as physiological tests for screening resistance to water stress in phaseolus and Vigna species. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 41, n.1, p. 827-32, 1990.

WALKER, R. P.; BONGHI, C.; VAROTTO, S.; BATTISTELLI, A.; BURBIDGE, C. A.; CASTELLARIN, S. D.; FAMIANI, F. Sucrose metabolism and transport in grapevines, with emphasis on berries and leaves, and insights gained from a cross-species comparison. **International Journal of Molecular Sciences**, Basel, v. 22, n. 15, p. 7794, 2021.

YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal**, London, v.57, n.3, p.508-514, 1954.

ZUFFEREY, V.; VERDENAL, T.; DIENES, A.; BELCHER, S.; LORENZINI, F.; KOESTEL, C.; RÖSTI J.; GINDRO, K.; SPANGENBERG, J. E.; VIRET, O.; SPRING, J. L. The impact of plant water status on the gas exchange, berry composition and wine quality of Chasselas grapes in Switzerland: Impacts of water stress on grapevine physiology. **Oeno One**, Villenave d'Ornon, v. 52, n. 4, p. 347-361, 2018.

6 CAPÍTULO III. RENDIMENTO E A QUALIDADE DAS UVAS 'ARRA 15' SOBRE ESTRATÉGIAS DE IRRIGAÇÃO EM REGIÃO SEMIÁRIDA TROPICAL

RESUMO: A cultivar de videira 'Arra 15' possui alto potencial de comercialização interna e externa, porém a adaptação a condições semiáridas brasileira tem limitado o rendimento e qualidade das uvas. Objetivou-se determinar a lâmina de irrigação mais eficiente para o cultivo de uva de mesa 'Arra15' no semiárido brasileiro. A pesquisa foi conduzida em um vinhedo comercial em Petrolina, Pernambuco, Brasil, no ano de 2021, em delineamento experimental em blocos casualizados com cinco lâminas de irrigação (70; 85; 100; 115 e 130 % da evapotranspiração da cultura – ETc) e quatro repetições. Foram avaliadas a produtividade, número de cacho, eficiência do uso da água, comprimento do cacho, largura do cacho, massa do cacho, massa do engaço, número de baga, massa da baga, sólidos solúveis, acidez titulável, luminosidade, croma, ângulo Hue e traço de semente. A lâmina 70% ETc reduziu a produtividade, número de cacho, comprimento do cacho, largura do cacho, massa do cacho, massa do engaço, número de baga, massa da baga, comprimento da baga, diâmetro da baga, acidez titulável, luminosidade da casca e croma da casca e aumentou a presença de traço de semente e o teor de sólidos solúveis. A estratégia de irrigação mais adequada é aplicação de 100% da ETc durante todo o ciclo a fase de floração, para aumentar a eficiência do uso da água, sem prejudicar o rendimento e qualidade de uva de mesa 'Arra15'.

Palavras-chave: *Vitis vinífera*; Disponibilidade hídrica; Produção; Pós-colheita; Eficiência do uso da água.

YIELD AND QUALITY OF 'ARRA 15' GRAPES UNDER IRRIGATION STRATEGIES IN A SEMI-ARID TROPICAL REGION

ABSTRACT: The 'Arra 15' grape cultivar has high potential for internal and external commercialization, but adaptation to Brazilian semi-arid conditions has limited the yield and quality of grapes. The objective was to determine the most efficient irrigation regime for the cultivation of 'Arra15' table grapes in the Brazilian semiarid region. The research was conducted in a commercial vineyard in Petrolina, Pernambuco, Brazil, in 2021, in a randomized block design with five irrigation rates (70; 85; 100; 115 and 130 % of crop evapotranspiration - ETc) and four replications. Yield, bunch number, water use efficiency, bunch length, bunch width, bunch mass, stalk mass, berry number,

berry mass, soluble solids, titratable acidity, luminosity, chroma, Hue angle and seed trait were evaluated. The 70% ETc blade reduced yield, bunch number, bunch length, bunch width, bunch mass, stalk mass, berry number, berry mass, berry length, berry diameter, titratable acidity, skin brightness and skin chroma and increased the presence of seed trait and soluble solids content. The most suitable irrigation strategy is application of 100% of ETc during the whole cycle to flowering stage, to increase water use efficiency, without jeopardizing the yield and quality of 'Arra15' table grape.

Keywords: *Vitis vinifera*; Water availability; Production; Post-harvest; Water use efficiency.

6.1 INTRODUÇÃO

O crescimento do consumo de uvas *in natura* em todo o mundo, vem conferindo especial importância do cultivo da videira (*Vitis vinífera* L). O Brasil ocupa o oitavo lugar no ranking mundial, com 2,8% da produção total de uva de mesa (OIV, 2022). A viticultura no semiárido brasileiro representa mais de 90% da produção nacional de uvas de mesa, diferencia-se das demais regiões pela capacidade de produzir mais de duas safras ao ano (COMEXSTAT, 2021).

A 'Arra 15' é a principal uva branca comercializada para o mercado externo, contribuindo significativamente com o desenvolvimento socioeconômico no Vale do Submédio São Francisco (LEÃO, 2020). Essa cultivar americana de uva de mesa sem sementes possui alta fertilidade de gemas, baixo índice de desgrane, resistência à rachadura de bagas e longa vida útil (KARNIEL; GIUMARRA, 2011). As bagas são crocantes, carnudas, suculentas, com coloração verde brilhante e com excelente equilíbrio entre a acidez e o açúcar (GRAPA, 2022)

Um problema das cultivares introduzidas nos vinhedos irrigados é encontrar um equilíbrio adequado entre a evolução vegetativa e reprodutiva. O excesso de vigor eleva a densidade de copa, ocasionando a ocorrência de doenças fúngicas e sombreamento de cachos, afetando o rendimento e composição das uvas (JACKSON, 2020). A redução da irrigação bem manejada tem surgido como uma estratégia para que as videiras suportem um estresse hídrico moderado, com pouca ou nenhuma diminuição da produtividade e um impacto positivo na qualidade das bagas (BASSOI; CHAVES; TEIXEIRA, 2021).

Além disso, para atender a um mercado altamente competitivo, é essencial que a produção de uva possua características sensoriais apreciadas pelos consumidores

(ROLLE *et al.*, 2015). O tamanho e a massa dos cachos e engaos são atributos críticos de qualidade para comercialização de uvas (LIMA; GUERRA, 2018). Atributos intrínsecos como cor, tamanho e forma da baga são as características primárias que os consumidores observam, juntamente com sabor, aroma, e textura (PONI *et al.*, 2017). Esses atributos podem ser afetados pelas condições edafoclimáticas e carga genética da cultivar (LEÃO *et al.*, 2020).

Tendo em vista a importância dos efeitos da disponibilidade hídrica sobre os processos de maturação da uva, a hipótese da pesquisa é que a redução dos níveis de irrigação em vários ciclos produtivos pode exercer efeito positivo na qualidade da uva de mesa sem afetar seu rendimento. Assim, mediante necessidade de adaptar e desenvolver técnicas de produção, a fim de tornar a exploração viável a longo prazo e valorizar a qualidade de cultivares promissora, objetivou-se com essa pesquisa determinar a lâmina de irrigação mais eficiente para o cultivo de uva de mesa 'Arra15' no semiárido brasileiro.

6.2 MATERIAL E MÉTODOS

6.2.1 Condução do experimento

O experimento foi realizado em um vinhedo comercial do Projeto Irrigado Senador Nilo Coelho, localizado no município de Petrolina (09°22'26,75"S e 40°38'4,29"O), Pernambuco, Brasil, no ano de 2021 a 2022. Utilizou-se a cultivar 'Arra15' enxertada no porta-enxerto 'Pausen', com nove anos de idade, cultivada no espaçamento de 2,5 x 4,0 e conduzida no sistema de latada.

Os tratos culturais, controle fitossanitários, manejo da adubação do manejo e da vegetação foram realizados pela fazenda de acordo com as recomendações gerais para viticultura no Vale do São Francisco conforme descrito por Leão e Silva (2018). O sistema de irrigação consistiu em duas linhas de gotejo por linha de plantio, instalados a 2 m acima do solo, com gotejadores espaçados por 0,4 m, com uma taxa de fluxo de 2,0 L h⁻¹, sendo o turno de rega diário. Foi feita análise de solo antes da implantação do experimento nas profundidades de 0-30 cm e de 30- 60 cm (Tabela 7).

Tabela 7 – Análise química de solo areno argiloso da área experimental de videira ‘Arra 15’ nas profundidades (Prof.) de 0 -30 cm e de 30-60 cm

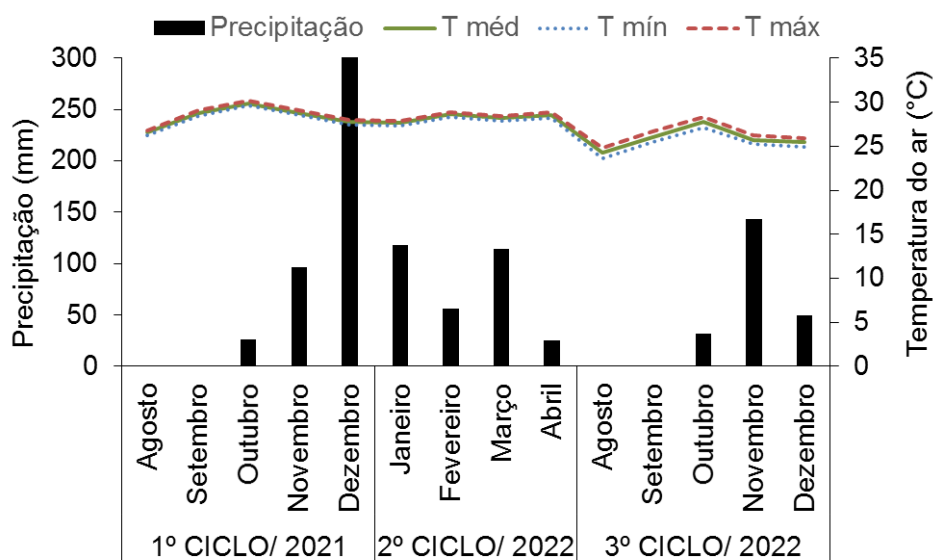
Prof.	-----COMPLEXO SORTIVO (cmolc/T.F.S.A)-----							
	Ca	Mg	Na	K	SB	H+Al	T	Al ⁺⁺⁺
0-30	4,9	3,2	0,10	0,69	8,85	0,00	8,85	0,00
30-60	3,7	1,4	0,05	0,26	4,45	0,00	4,45	0,00

Prof.	-----pH-----	-----%-----		-----gkg ⁻¹ -----		mgdm ⁻³		
	1:2,5	V		C		MO		
0-30	7,4	100		24,3		42,0		
30-60	7,2	100		8,5		14,6		

Fonte: Elaborado pelo autor

O clima da região segundo a classificação de Köppen, é do tipo BSh, que significa região semiárida, muito quente, com estação chuvosa limitada. A região apresenta temperatura média do ar de $26,2\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,9$, com umidade relativa do ar em torno de $64,4\% \pm 5,5$, precipitação de $549,8\text{ mm} \pm 181,8$ e radiação média global de $442,3\text{ W.m}^{-2} \pm 32$ (EMBRAPA, 2015). Os valores médios mensais de temperatura média, máxima e mínima do ar ($^{\circ}\text{C}$) e precipitação (mm) ao longo dos três ciclos do estudo foram obtidos da Estação Meteorológica Agrícola Automática instalada próxima ao local do experimento, e estão representados na Figura 17.

Figura 17 - Médias das variações sazonais de temperatura média (T méd), temperatura máxima (T máx), temperatura mínima (T mín) (°C); e precipitação (mm) durante três ciclos produtivos (poda à colheita) em videira 'Arra 15'



Fonte: Elaborado pelo autor

6.2.2 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido durante três ciclos de produção, em delineamento em blocos casualizados, com cinco lâminas de irrigação (70; 85; 100; 115 e 130 % da evapotranspiração da cultura, – ET_c) e quatro repetições. As lâminas de irrigação foram quantificadas com base na equação: $ET_c = ET_0 \times K_l \times K_c$.

A Evapotranspiração de Referência (ET₀) foi calculada pelo método Penman-Monteith (ALLEN *et al.* 1998) usando dados coletados por uma estação meteorológica instalada próxima à área experimental. O coeficiente de redução (K_r) foi determinado conforme Albuquerque (2000), sendo considerado o valor de K_r 1 quando a área sombreada no parreiral atingiu 75%.

Os valores do Coeficiente de Cultura (K_c) variou conforme as lâminas de irrigação, sendo que 100% da ET_c correspondeu ao Coeficiente de Cultura (K_c) já determinado para cultivares de videira sem sementes em região do Submédio São Francisco (LEÃO, 2004). A aplicação dos tratamentos foi realizada durante todo ciclo produtivo, utilizando os K_c conforme a Tabela 8.

Tabela 8 – Coeficientes de cultura (Kc) conforme as lâminas de irrigação, referente a cada estágio fenológico de videira Arra 15 cultivada em condição semiárida

ESTÁGIO FENOLOGICO	DAPP	Kc					
Brotação do ramo	0 a 10	0,15	0,30	0,45	0,60	0,75	
Crescimento vegetativo	11 a 29	0,30	0,45	0,60	0,75	0,90	
Floração a chumbinho	30 a 40	0,25	0,40	0,55	0,70	0,85	
1º fase de crescimento da baga	41 a 60	0,50	0,65	0,80	0,95	1,10	
Paralização do crescimento da baga	61 a 76	0,25	0,40	0,55	0,70	0,85	
2º fase de crescimento da baga	77 a 92	0,50	0,65	0,80	0,95	1,10	
Maturação a colheita	93 a 130	0,10	0,25	0,40	0,55	0,70	
Repouso	- 20 a - 40	0,05	0,10	0,25	0,40	0,55	

Fonte: Elaborado pelo autor.

6.2.3 Variáveis analisadas

Em conformidade com a programação da fazenda, o período de maturação ocorreu quando o teor de sólidos solúveis do suco da baga atingiu cerca de 16°Brix nos três ciclos de produção. Durante a colheita quantificou-se o número total de cachos (NC) por meio da contagem de todos os cachos presentes em cada planta útil da parcela. A produtividade foi calculada por meio da multiplicação da produção média por planta pelo número de plantas por hectare. Após a colheita, foram amostrados 5 cachos retirados aleatoriamente de cada parcela e transportados diretamente para o laboratório de Pós-Colheita da Embrapa Semiárido, em Petrolina-PE.

6.2.3.1 Características físicas cacho

O comprimento do cacho (CC) e largura do cacho (LC) foram mensurados com paquímetro digital, os valores expressos em centímetros. A massa do cacho (MC) e engajo (ME) foram medidas usando uma balança semianalítica de precisão, os valores expressos em gramas, correspondendo as massas médias de cinco cachos.

6.2.3.2 Características físico-químicas baga

A massa da baga (MB) foi medida usando uma balança semianalítica de precisão, correspondendo a massa média de quarenta e cinco bagas por cacho. O número total de bagas (NB) foi determinado por meio da contagem de todas as bagas presentes em cada um dos cinco cachos. O teor de sólidos solúveis (SS) foi

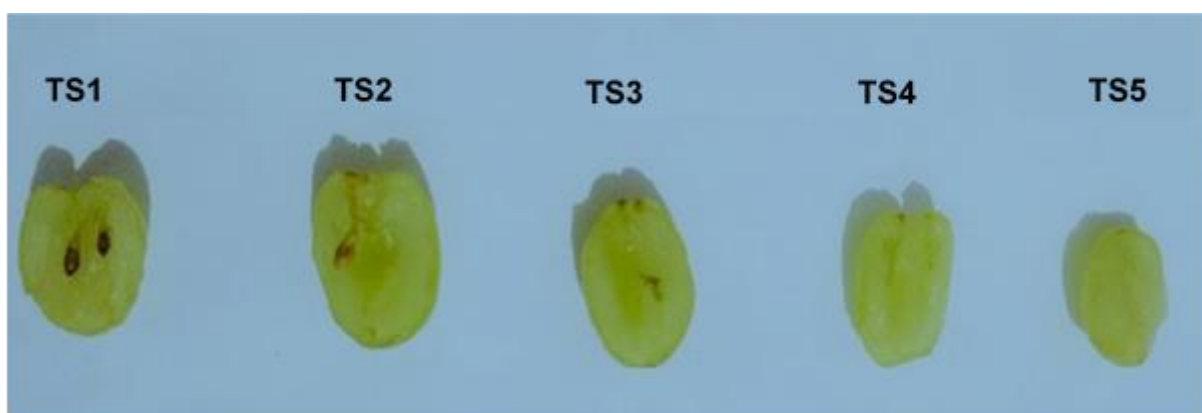
determinado por meio de refratômetro digital com compensação automática de temperatura (modelo PAL-1, ATAGO, Tóquio, Japão). A acidez titulável (AT) foi medida por meio da titulação da polpa das bagas com NaOH 0,1N, expresso em gramas de ácido tartárico por 100 mL de suco (AOAC, 2010).

Os atributos de cor das cascas das bagas foram avaliados pela média de leituras em vinte bagas, efetuadas em pontos equidistantes de cada бага, usando um colorímetro digital (CR-400, Konika Minolta, Tóquio, Japão). A cor foi expressa em três parâmetros: L que corresponde a luminosidade (0= escuro/opaco e 100= branco); C o croma (intensidade da cor; 0= cor impura e 60= cor pura); e H o ângulo Hue (ângulo da cor; 0°= vermelho; 90°= amarelo; 180°= verde; 270°= azul e 360°=negro) (COSTA *et al.*, 2015).

6.2.3.3 Classificação do traço de semente

A classificação dos traços das sementes foi feita conforme estabelecido pela Grapa (2022), sendo o traço de sementes classificados em cinco tipos, de acordo com a presença ou ausência da semente (Figura 18).

Figura 18 - Classificadas do traço de semente em videira cultivar 'Arra15'. TS1 - a semente é grande, madura, consistente, marrom e está totalmente desenvolvida. TS2 - o traço de semente não amadureceu completamente, contudo, apresenta cor marrom, mas não é dura. TS3 - o traço de semente é grande e macio, verde e frágil, não possui consistência; TS4 - somente é possível observar um pequeno traço da semente, totalmente verde, frágil e difícil de notar; e TS5 - ausência de semente.



Fonte: Elaborado pelo autor.

6.2.4 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F. O efeito da lâmina de irrigação foi considerado fixo e o efeito de ciclo aleatório. Nos casos de significância, realizou-se análise de regressão, testando-se os modelos linear e quadrático para as lâminas de irrigação. Em todos os casos adotou-se 5% de significância.

6.3 RESULTADOS

A Tabela 9 contém o p-valor do teste F para cada fonte de variação e variáveis avaliadas. Como o efeito do ciclo foi considerado aleatório no modelo, os resultados descrevem o efeito significativo ($p\text{-valor} < 0.01$) apenas para lâminas de irrigação, a qual foi considerado fixo no modelo.

Tabela 9 – P-valor do teste F da análise de variância para produtividade (PROD), número de cacho (NC), eficiência do uso da água (EUA), comprimento do cacho (CC), largura do cacho (LC), massa do cacho (MC), massa do engaço (ME), número de baga (NB), massa da baga (MB), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), luminosidade (L*), croma (C*), ângulo Hue (H*), traço semente tipo1 (TS1), traço semente tipo2 (TS2), tipo3 (TS3), tipo4 (TS4) e tipo5 (TS5)

Variáveis	Fonte de Variação				CV (%)
	Blocos	Ciclo (C)	Lâmina (L)	CxL	
NC	19,48 ^{ns}	7953,33 ^{**}	30,74 [*]	2,47 ^{ns}	3,11
PROD	3,04 ^{ns}	1787,01 ^{**}	42,01 ^{**}	1,83 ^{ns}	5,23
EUA	0,00 ^{ns}	0,00 ^{**}	0,00 ^{**}	0,00 ^{**}	4,61
CC	0,12 ^{ns}	41,92 ^{**}	29,59 ^{**}	3,83 ^{**}	3,85
LC	0,19 ^{ns}	37,64 ^{**}	5,48 ^{**}	1,54 ^{**}	4,2
MC	315,21 ^{ns}	103007,40 ^{**}	7176,78 ^{**}	217,15 [*]	5,26
ME	9,72 ^{ns}	399,40 ^{**}	375,80 ^{**}	18,00 ^{ns}	6,41
MB	0,01 ^{ns}	30,96 ^{**}	0,97 ^{**}	0,05 ^{**}	1,76
NB	1,29 ^{ns}	3843,93 ^{**}	52,50 ^{**}	23,62 ^{**}	4,3
SS	0,19 ^{ns}	0,68 ^{ns}	5,59 ^{**}	0,33 ^{ns}	3,11
AT	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,04 ^{**}	0,00 ^{ns}	4,85
L*	3,27 ^{ns}	192,85 ^{**}	52,22 ^{**}	27,27 ^{**}	2,78
C*	0,02 ^{ns}	16,45 ^{**}	3,52 ^{**}	3,68 ^{**}	3,53
H*	219,97 ^{ns}	272,55 ^{ns}	228,26 ^{ns}	219,94 ^{ns}	13,16
TS1	0,00 ^{**}	0,00 ^{**}	0,00 ^{**}	0,00 ^{**}	0,00
TS2	3,50 ^{ns}	12528,98 ^{**}	787,00 ^{**}	15,53 ^{**}	5,23
TS3	19,37 ^{ns}	8275,06 ^{**}	359,94 ^{**}	65,83 ^{**}	5,21
TS4	0,72 ^{ns}	803,30 ^{**}	134,20 ^{**}	35,34 ^{**}	5,82
TS5	0,00 ^{**}	0,00 ^{**}	0,00 ^{**}	0,00 ^{**}	0,00

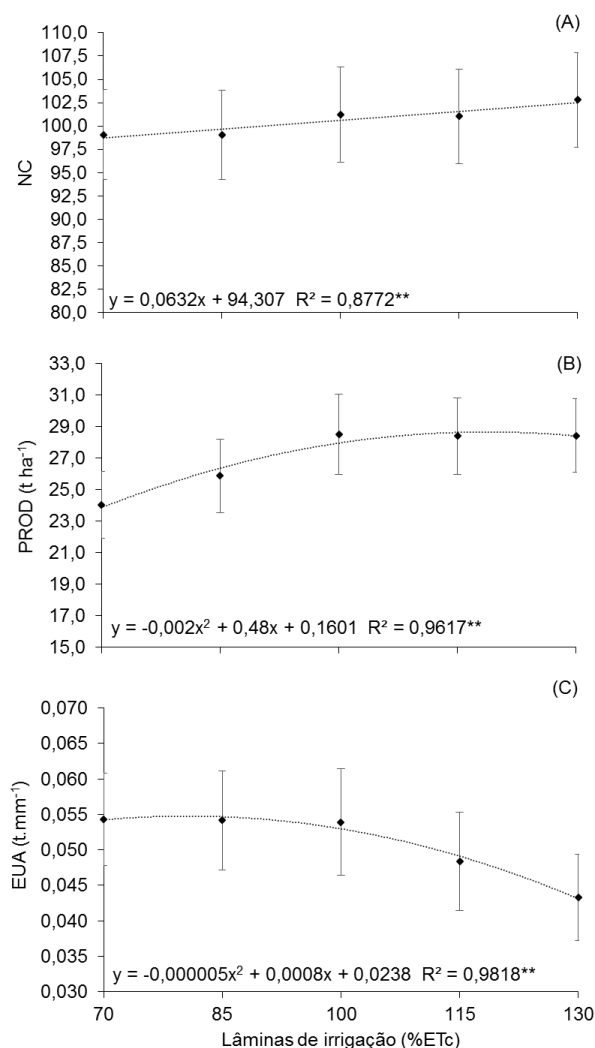
^{ns} não significativo, ^{**} significância a 1% para o Teste F. CV - Coeficiente de Variação.

Fonte: Elaborado pelo autor

6. 3.1 Rendimento e eficiência Produtiva

Na Figura 19, a equação de regressão permitiu estimar o efeito das lâminas de irrigação sobre as variáveis referentes ao rendimento da videira. Para o número de cacho (NC) observou-se resposta linear crescente, com maior valor médio de 103, alcançado com a lâmina 130% da ETc (Figura 19A). Para produtividade (PROD) observou-se resposta quadrática, com valor médio máximo de 28,96 t ha⁻¹ alcançado com a lâmina de 120% da ETc (Figura 19B). Para eficiência do uso da água (EUA) observou-se resposta quadrática, com valor médio máximo de 0,06 t.mm⁻¹ alcançado com a lâmina de 80% da ETc (Figura 19C)

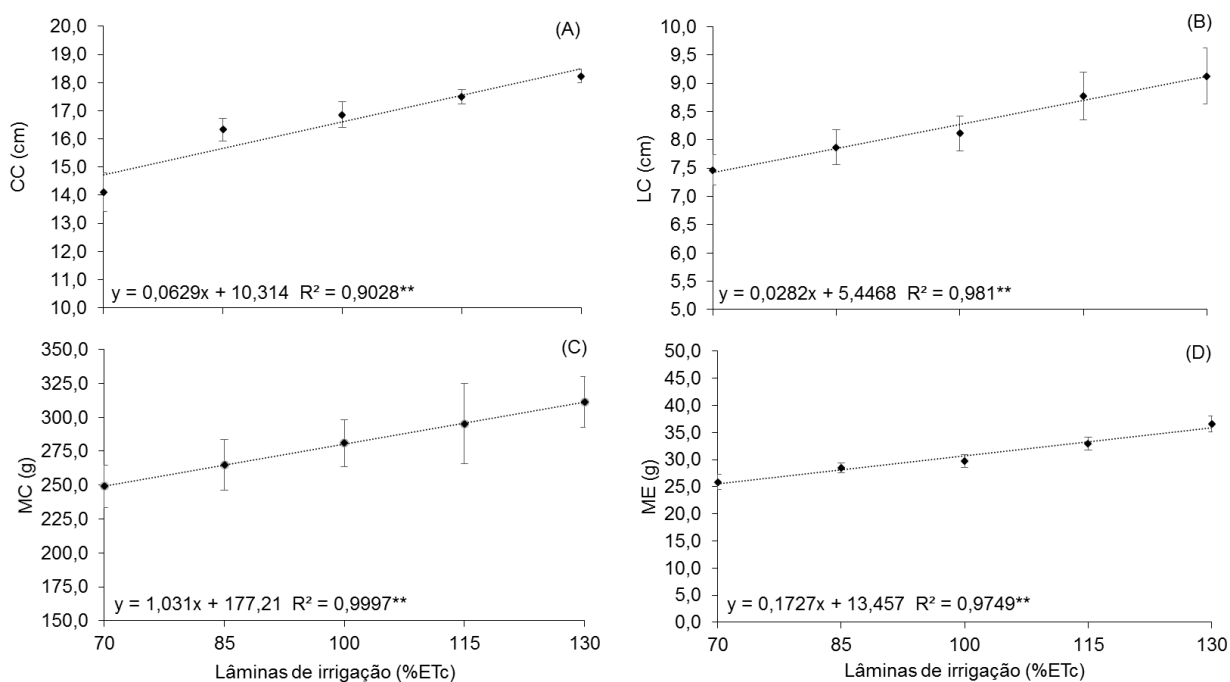
Figura 19 - Médias de rendimento e eficiência produtiva de videiras 'Arra15' cultivada em condição semiárida, sob diferentes lâminas de irrigação aplicada durante todo ciclo produtivo. (A): Número de cacho - NC. (B): Produtividade - PROD. (C): Eficiência do uso da água - EUA. * e ** = regressão significativa a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Figura 20, a equação de regressão permitiu estimar o efeito das lâminas de irrigação sobre as variáveis referentes às características físicas do cacho. Observou-se resposta linear crescente em função das lâminas de irrigação, com maior valor médio de 18,2 cm para comprimento do cacho (CC) (Figura 20A), de 9,1 cm para largura do cacho (LC) (Figura 20B), de 311,3 g para massa do cacho (MC) (Figura 20C) e de 36,6 g para massa do engajo (ME) (Figura 20D), todos alcançados com a lâmina 130% da ETc.

Figura 20 - Médias de características físicas do cacho de uva 'Arra15' cultivada em condição semiárida, sob diferentes lâminas de irrigação aplicada durante todo ciclo produtivo. (A): Comprimento do cacho - CC. (B): Largura do cacho - LC. (C): Massa do cacho - MC. (D): Massa do engaço - ME. * e ** = regressão significativa a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente

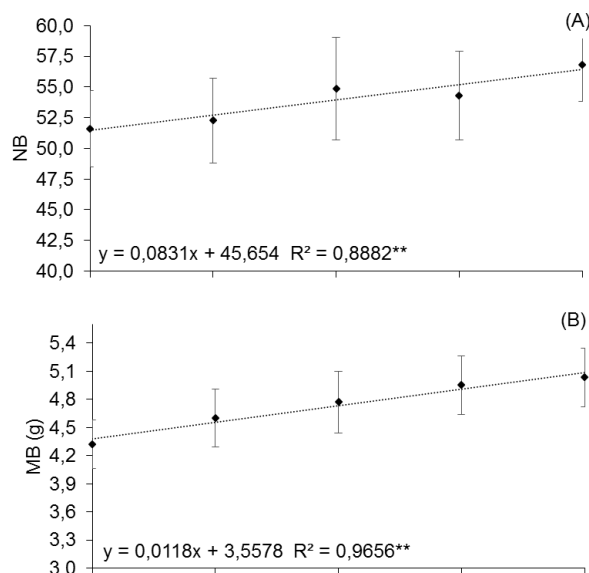


Fonte: Elaborado pelo autor.

6.3.3 Características físico-químicas da baga

Na Figura 21, a equação de regressão permitiu estimar o efeito das lâminas de irrigação sobre as variáveis referentes as características físico-químicas da baga. Observou-se resposta linear crescente em função das lâminas de irrigação, com maior valor médio de 56,8 para número de baga (NB), (Figura 21A) e de 5,03 g para massa da baga (MB), (Figura 21B), ambos alcançados com a lâmina 130% da ETc.

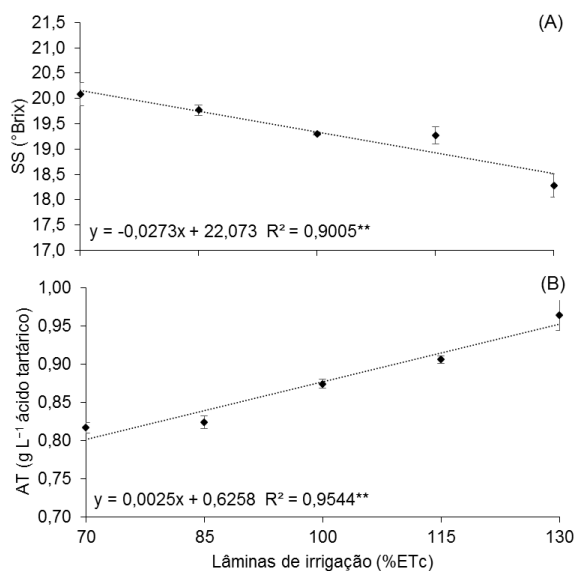
Figura 21 - Médias de características físicas da baga de uva 'Arra15' cultivada em condição semiárida, sob diferentes lâminas de irrigação aplicada durante todo ciclo produtivo. (A): Número de baga - NB. (B): Massa da baga - MB. * e ** = regressão significativa a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Figura 22, observou-se resposta linear decrescente em função das lâminas de irrigação para sólidos solúveis (SS), com maior valor médio de 20,1 °Brix alcançado com 70% da ETc (Figura 22A). Observou-se resposta linear crescente em função das lâminas para acidez titulável (AT), com maior valor médio de 1,0 g L⁻¹ ácido tartárico alcançado com 130% da ETc (Figura 22B).

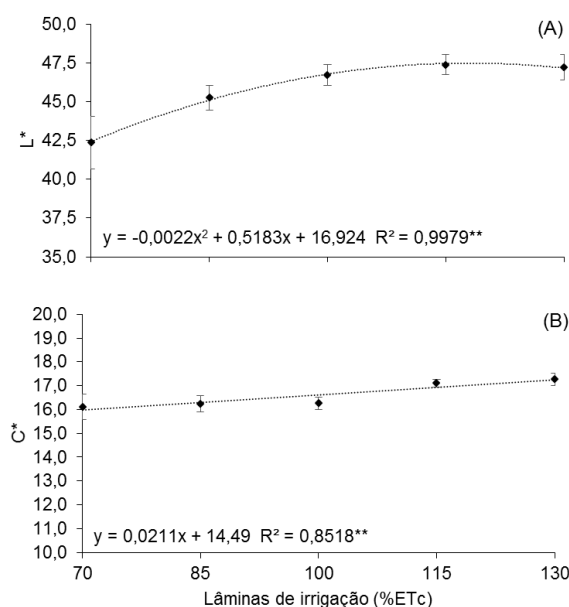
Figura 22 - Médias de características físico-químicas da baga de uva 'Arra15' cultivada em condição semiárida, sob diferentes lâminas de irrigação aplicada durante todo ciclo produtivo. (A): Sólidos solúveis - SS. (B): Acidez titulável - AT. * e ** = regressão significativa a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Figura 23, a equação de regressão permitiu estimar o efeito das lâminas de irrigação sobre as variáveis referentes ao atributo de cor na casca da baga. Para luminosidade (L^*) observou-se resposta quadrática, com valor médio máximo de 47,45 alcançado com a lâmina de 117,80% da ETc (Figura 23A). Para croma (C^*) observou-se resposta linear crescente, com maior valor médio de 17,3, alcançado com a lâmina 130% da ETc (Figura 23B).

Figura 23 - Médias de atributos de cor na casca da baga de uva ‘Arra15’ cultivada em condição semiárida, sob diferentes lâminas de irrigação aplicada durante todo ciclo produtivo. (A): Luminosidade - L^* . (B): Croma - C^* . * e ** = regressão significativa a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente

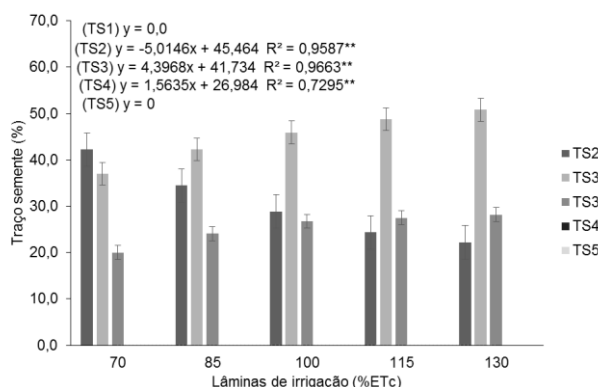


Fonte: Elaborado pelo autor.

6.3.5 Classificação do traço de semente

Na Figura 24, a equação de regressão permitiu estimar o efeito das lâminas de irrigação sobre as variáveis referentes a classificação do tipo de traço de semente da baga. Para o TS2 observou-se resposta linear decrescente em função das lâminas de irrigação, onde 70% da ETc correspondeu ao maior valor médio de 42,2%. Para TS3 e TS4 observou-se resposta linear crescente em função das lâminas de irrigação, onde 130% da ETc correspondeu aos maiores valores médios de 50,8% de 28,2 respectivamente. Já o tipo de traço de semente TS1 e TS5 não foi observado em nenhuma das lâminas de irrigação aplicadas.

Figura 24 - Médias de traço de semente da baga de uva 'Arra15' cultivada em condição semiárida, sob diferentes lâminas de irrigação aplicada durante todo ciclo produtivo. Traço de semente tipo1 – TS1, tipo2 – TS2, tipo3 – TS3, tipo4 – TS4 e tipo5 – TS5



Fonte: Elaborado pelo autor.

6.4 DISCUSSÃO

A disponibilidade hídrica afeta a maioria das variáveis ao longo do ciclo. A interação entre lâminas e ciclo para algumas variáveis indica que existem fatores climáticos que afetam essas variáveis, no entanto os ciclos foram considerados aleatórios no modelo.

6. 4.1 Rendimento e eficiência Produtiva

O alto número de cachos em 'Arra 15' pode estar relacionado aos fatores genéticos, com exigência da cultivar para reposição hídrica. Tendo em vista que 'Arra 15' é caracterizada por alta fertilidade de gemas, em torno de 2,0 cachos por broto (KARNIEL; GIUMARRA, 2011). Contudo, deve ser evitada a adoção de práticas que favoreçam a densidade de cachos, pois um número excessivo de cachos não só reduziu o tamanho da baga, como também reduziu o teor de açúcar.

Em um estudo semelhante com videira 'Superior Seedless', maior número de cachos por planta foi observado na maior lâmina 100% da ETc (MARINHO *et al.*, 2009). Por outro lado, Conesa *et al.* (2022) não encontraram um aumento significativo no número de cachos em videiras 'Crimson Seedless', submetidas a estratégia de irrigação de 50% da ETc quando comparada com a irrigação de 110% da ETc.

A produtividade total é uma das principais variáveis a ser considerada pelos produtores. Assim, a lâmina 100% da ETc mostrou-se adequada, apresentando uma maior produtividade, quando comparado com as demais lâminas. Resultado diferente

foi obtido por Conesa *et al.* (2022) em uvas 'Crimson Seedless', onde a produtividade não foi afetada pela estratégia de irrigação deficitária com 50% da ET_c, quando comparada com a irrigação 110% da ET_c.

O baixo incremento da produtividade a partir de 100% da ET_c, pode estar associado a um possível excesso de água aplicada próximo à colheita. Pois, a absorção de água acima do necessário durante a maturação, pode exceder o volume e a capacidade de elasticidade na casca da baga, ocasionando rachadura e prejudicando a qualidade do cacho (BECKER; KNOCHE, 2012).

A eficiência do uso da água melhorou em todos os tratamentos abaixo de 100% da ET_c. Sendo que a lâmina com 80% da ET_c mostrou-se mais eficiente, apresentando uma maior EUA. Para videiras Crimson, uma resposta semelhante nos valores EUA na irrigação deficitária com 50% da ET_c quando comparada com 110% da ET_c foi encontrada em Conesa *et al.* (2022).

A eficiência do uso da água de irrigação leva em conta a produtividade e volume de água aplicado em todo ciclo produtivo da cultura. Como a irrigação localizada fornece água diretamente ou o mais próximo possível do sistema radicular (SIMÕES *et al.*, 2015). A EUA contribui para redução do volume total de água necessário para atender a demanda da 'Arra 15', bem como para redução dos custos com água.

O comprimento e largura dos cachos de 'Arra 15', estão semelhantes ao obtido por Abo-Zaid *et al.* (2019), em videira 'Arra 15' irrigada por gotejamento em clima desértico no Egito. Esses autores constataram comprimento do cacho de 16,8 e 19,62 cm no primeiro e segundo ciclo respectivamente, bem como, largura do cacho de 9,09 e 8,99 cm no primeiro e segundo ciclo respectivamente. Para o comprimento do cacho, os resultados obtidos com a lâmina a partir de 85% da ET_c estão adequados ao padrão comercial. Conforme Leão *et al.* (2020), o recomendado para comercialização são uvas de mesa com cachos de tamanho mediano entre 16 cm a 20 cm de comprimento, formato cônico com ombros bem desenvolvidos

A redução do comprimento e da largura do cacho com a diminuição da lâmina de irrigação, pode estar associado a genes específicos e a processos metabólicos, os quais podem ser influenciados em condições de baixa disponibilidade de água no solo (MIGUEL FILHO *et al.*, 2020). O déficit de água após a frutificação provoca reduções no tamanho do cacho da videira, afetando-o, de forma irreversível, mesmo que haja umedecimento após o período de estiagem (BASSOI *et al.* 2011).

A massa do cacho é um indicador de rendimento relacionado às fases de floração e frutificação da videira, que podem ser afetados pela precipitação pluviométrica (LEÃO *et al.*, 2020). Nesse aspecto, possivelmente o aumento da disponibilidade de água no solo proporcionada pelas lâminas de irrigação durante todo o ciclo, pode ter favorecido a formação completa da flor e consequentemente a formação dos cachos. Em um estudo semelhante, Miguel Filho *et al.* (2020) observaram em cultivares de uvas *Vitis Labrusca* L. um aumento da massa do cacho com o incremento da reposição hídrica no solo com 100% ETc.

Tarricone *et al.* (2014) relataram em videira 'Sublima Seedless' um efeito negativo no peso do cacho, quando estresse hídrico leve (80% ETc) ou severo (50% ETc) foi aplicado no início do vingamento das bagas, corroborando com os resultados deste trabalho. Conesa *et al.* (2022) sugerem que a reduções no peso dos cachos é consequência da redução no peso das bagas e, em menor escala, da diminuição do número de bagas por cacho.

Para uvas de mesa, a massa do engaço tem grande influência sobre o aspecto do cacho, sendo componente importante na decisão de compra. Neste estudo, foi observada redução de massa do engaço com a redução das lâminas de irrigação ocasionando a perda de sua qualidade. De acordo com Lima e Gerra (2018), a perda de água gera dessecamento e escurecimento no engaço, depreciando sua qualidade.

Leão, Lino Junior e Santos (1999) comentaram que o incremento do volume nos tecidos vasculares do pedicelo e do engaço propicia o acréscimo do tamanho dos cachos, em virtude de facilitar a translocação de fotoassimilados para o seu interior. Contudo, a redução da massa do engaço proporcionada pelo aumento da disponibilidade de água no solo, não comprometeu a qualidade dos cachos, e consequentemente não afetou a qualidade da uva para a comercialização.

6.4.2 Características físico-químicas бага

A quantidade de água aplicada pode influenciar de maneira significativa o número de bagas. Weiler, Merkt e Graeff-Hönninger (2018) indicaram que o número total de bagas e o número de bagas comercializáveis mostraram uma reação específica da cultivar ao déficit hídrico.

A diminuição do número de bagas por cacho sob déficit hídrico com 25% da ETc também foi encontrada em videira 'Cabernet Sauvignon' cultivada em clima árido dos EUA (KELLER *et al.*, 2016). Esses autores sugerem que essa diminuição pode

estar associada a limitação da diferenciação de inflorescências nas gemas sob restrição hídrica, ou a diminuição da frutificação quando há redução do abastecimento de água antes da frutificação.

A maior disponibilidade de água no solo durante todo ciclo de produção, favoreceu a massa da baga quando compara com a maior restrição hídrica. Em uvas de mesa 'Crimson Seedless', Conesa *et al.* (2022) observaram menor peso das bagas na estratégia de irrigação deficitária com 50% da ET_c, corroborando com os resultados deste trabalho. O déficit hídrico pode aumentar as taxas de transpiração dos cachos e consequente a desidratação das bagas (GAMBETTA *et al.*, 2020).

A imposição de restrição de água à videira durante todo o ciclo proporcionou uma elevação no teor de sólidos solúveis totais da baga, que são os responsáveis pela indicação da maturação, qualidade enológica e pelo preço a ser pago pelas frutas (PONI *et al.*, 2018). Segundo Rolle *et al.* (2015), o teor de sólidos solúveis tende a aumentar acentuadamente com o crescimento da baga até alcançar um ponto de equilíbrio, cujo valor dependente da cultivar, tamanho da baga, produção por planta e das condições climáticas reinantes.

Bassoi, Chaves e Teixeira (2021) observaram em videira 'Syrah' cultivada em clima semiárido no Brasil, que a redução do conteúdo de água no solo proporciona acúmulo de sólidos solúveis, corroborando com os resultados do presente trabalho. Em condições de estresse hídrico, o aumento no teor de sólidos solúveis é decorrente da concentração de açúcares como consequência do menor tamanho da baga (BASSOI *et al.* 2011). O teor de sólidos solúveis tende a aumentar com a maturação da baga, em consequência da degradação dos polissacarídeos (LIMA; GUERRA, 2018).

Segundo o catálogo da Grapa (2022), o teor de SS em uva 'Arra15' pode chegar a 20 °Brix. Dessa forma, para todos os níveis de irrigação estudados, os valores de SS estão dentro do recomendado para 'Arra 15'. Além disso, todas as lâminas apresentaram valores de SS superiores aos exigidos pelo mercado 14°Brix (LIMA; GUERRA, 2018). Assim, há possibilidade de se obter um valor de SS dentro dos padrões estabelecidos, em função de uma lâmina de irrigação que não ocasione prejuízos na produtividade.

Os ácidos orgânicos equilibram a sensação na boca de qualidade das uvas de mesa, mas a alta acidez pode afetar negativamente a palatabilidade (PONI *et al.*, 2018). Quanto maior a restrição de água no solo maior a redução de acidez titulável

na uva 'Arra 15'. Redução aparente de AT com a redução de irrigação, também foi observada em videiras 'Syrah' no Submédio Vale do São Francisco (BASSOI; CHAVES; TEIXEIRA, 2021) e em cultivares de uvas *Vitis Labrusca* L. na região sul de Minas Gerais (MIGUEL FILHO et al., 2020). Essa redução da acidez titulável, associada ao déficit hídrico, pode ser atribuída à degradação do ácido málico (LIMA; GUERRA, 2018).

A cor verde-clara é uma característica sensorial direta que torna a uva de mesa mais ou menos atraente (PONI et al., 2018). Conesa et al. (2022) verificaram em uvas de mesa 'Crimson Seedless', em clima semiárido na Espanha, que irrigação deficitária com 50% da ETc durante todo cultivo de bagas, resultaram em menores valores significativos de matiz h° e L^* , enquanto que o cromo (C^*) não foi afetado pela irrigação deficitária.

A luminosidade e cromaticidade da casca das bagas foi influenciada pelas diferentes lâminas de irrigação, enquanto o ângulo Hue não foi influenciado. A luminosidade mostrou uma tendência de tonalidade verde mais clara em função do aumento das lâminas de irrigação, pois quanto maior o valor de L^* (luminosidade) mais clara a cor ou/e mais brilhosa. O croma aumentou proporcionalmente ao aumento das lâminas de irrigação, indicando que as cascas das bagas tendem a se tornar verde mais “viva”/intensa conforme aumenta a disponibilidade de água durante o cultivo.

Contudo, os valores médios de L^* e C^* foram baixos independente da lâmina aplicada. Os baixos valores de L^* e C^* obtidos neste trabalho não estão associados a características genéticas, pois a 'Arra 15' caracteriza-se por possuir bagas com coloração verde brilhante (KARNIEL et al., 2011), e indicam que as bagas estão menos verdes e com menor saturação ou intensidade de cor.

Conforme SÁNCHEZ-MORENO; LARRAURI; SAURA-CALIXTO (1998), o incremento da luminosidade, associado com o aumento da cromaticidade, indica que a coloração dos frutos está menos verde, sendo esta atribuída à redução nos teores de clorofila. Assim, os baixos valores de L^* e C^* obtidos neste trabalho, pode ser por influência do manejo de condução dos cachos na planta. Pois, a seleção adequada do sistema de condução de cultivo, leva ao uso adequado da radiação solar e ajuda a obter um microclima adequado que evita a degradação de componentes da baga (COSTA et al., 2020).

6.4.3 Classificação do traço de semente

Os consumidores preferem cultivares de uva sem sementes, pois torna a baga mais fácil de mastigar, evitando assim a adstringência das sementes (PONI *et al.*, 2018). Assim, os resultados desse trabalho, indicam que a partir da 100% da ETc a uma redução da presença de traço de semente com coloração marrom (TS2) e um aumento do traço de semente com aspecto macio, verde, frágil e sem consistência (TS3 e TS4). A restrição hídrica pode ter ocasionado a ativação de genes, que coordenam a importação de nutrientes e o acúmulo de reservas de armazenamento no endosperma da baga (KELLER, 2020).

Conforme SHELLIE, (2011) a presença de estrutura de sementes na baga pode ser uma característica da cultivar ou uma característica clonal que influencia a sensibilidade do crescimento da baga ao estresse. O déficit hídrico pode aumentar a concentração de metabólitos secundários produzidos na semente, reduzindo o volume da baga e aumentando a massa relativa da semente (BUCCHETTI *et al.*, 2011).

6.5 CONCLUSÕES

A disponibilidade de água no solo exerce efeito na qualidade e rendimento da uva de mesa 'Arra 15' cultivada em condição semiárida. A estratégia de irrigação mais adequada é aplicação de 100% da ETc durante todo o ciclo para aumentar a eficiência do uso da água, sem prejudicar o rendimento e qualidade de uva de mesa 'Arra15'.

REFERÊNCIAS.

- ABO-ZAID, F.; ZAGZOG, O.; EL-NAGAR, N.; QAOUD, E. S. Effect of sea weed and amino acid on fruiting of some grapevine cultivars. **Journal of Productivity and Development**, Zagazig, v. 24, n. 3, p. 677-703, 2019.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS – AOAC. **Official Methods of Analysis of the Association of the Agricultural Chemists**, Gaithersburg: AOAC, 2010. 1025 p.
- ALBUQUERQUE P. E. P. **Requerimento de água das culturas para fins de manejo e dimensionamento de sistemas de irrigação localizada**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 76p. (Circular Técnica, ISSN 1518- 4269).
- ALLEN, R. G. *et al.* Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. **Fao**, Rome, v. 300, n. 9, p. D05109, 1998.

BAEZA, P.; JUNQUERA, P.; PEIRO, E.; LISSARRAGUE, J. R.; URIARTE, D.; VILANOVA, M. Effects of vine water status on yield components, vegetative response and must and wine composition. **Advances in Grape and Wine Biotechnology**, Londres, v. 1, n. 1, p. 73-94, 2019.

BASSOI, L. H.; CHAVES, A. R. M.; TEIXEIRA, R. P. Responses of 'Syrah' grapevine to deficit irrigation in the Brazilian semi-arid region. **Agricultural Water Management**, Oxford, v. 258, p. 107186, 2021.

BASSOI, L. H.; GONÇALVES, S. D. O.; SANTOS, A. R. L. D.; SILVA, J. A.; LIMA, A. C. M. Influência de manejos de irrigação sobre aspectos de ecofisiologia e de produção da videira cv. Syrah/Paulsen 1103. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 4, p. 395-402, 2011.

BECKER, T.; KNOCH, M. Water induces microcracks in the grape berry cuticle. **Vitis**, Quedlinburg, v. 51, n. 3, p. 141-142, 2012.

BUCCHETTI B.; MATTHEWS M. A.; FALGINELLA L.; PETERLUNGER E.; CASTELLARIN S. D. Effect of water deficit on Merlot grape tannins and anthocyanins across four seasons. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 128, n. 3, p. 297-305, 2011.

COMEXSTAT. Sistema de Estatísticas do Comércio Exterior. **Exportação e importação geral**. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>. Acesso em: 11 fev. 2023.

CONESA, M. R.; BERRÍOS, P.; TEMNANI, A.; PÉREZ-PASTOR, A. Assessment of the Type of Deficit Irrigation Applied during Berry Development in 'Crimson Seedless' Table Grapes. **Water**, [S. l.], v. 14, n. 8, p. 1311, 2022.

COSTA, J. D. S.; FIGUEIREDO NETO, A.; NUNES, S. M.; RYBKA, A. C. P.; BIASOTO, A. C. T.; FREITAS, S. T. Caracterização física e físico-química de uva Itália desidratada. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, Hermosillo, v. 16, n. 2, p. 273-280, 2015.

COSTA, R. R.; FERREIRA, T. D. O.; RODRIGUES, A. A. M.; ANDRADE NETO, E. R. D. A.; LIMA, M. A. C. Quality and antioxidant activity of Isabel Precoce grapes installed on different training systems and rootstocks in warmer seasons in a tropical semi-arid region. **Australian Journal of Crop Science**, Brisbane, v. 14, n. 12, p. 1991-1998, 2020.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Médias Anuais da Estação Agrometeorológica de Bebedouro (Petrolina-PE 09°09'S, 40°22'W). Período 1975-2014. 2015.** Disponível em: <http://www.cpatia.embrapa.br:8080/servicos/dadosmet/ceb-anual.html>. Acesso em: 25 jan. 2023.

GAMBETTA, G. A.; HERRERA, J. C.; DAYER, S.; FENG, Q.; HOCHBERG, U.; CASTELLARIN, S. D. The physiology of drought stress in grapevine: towards an

integrative definition of drought tolerance. **Journal of experimental botany**, Oxford, v. 71, n. 16, p. 4658-4676, 2020.

GRAPA VARIETIES LTD. **Arra Varieties Catalogue**. 2022. Disponível em: <https://grapaes.com/varieties/arra-catalog/>. Acesso em: 12 dez. 2022.

JACKSON, R. S. **Chapter 3-Grapevine structure and function**. Wine Science (Fifth Edition), p. 77-150, 2020.

KARNIEL, E. S.; GIUMARRA, E. S. **Grape Plant Named "Arrafifteen"**. US Pat. 2011/0219502 P1, 8 sets, 2011. 4p. Disponível em: <https://patents.google.com/patent/US20110219502P1/en>. Acesso em: 12 dez. 2022

KELLER, M. *et al.* Deficit irrigation alters grapevine growth, physiology, and fruit microclimate. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 67, n.4, p. 426-435. 2016.

KELLER, M. **The science of grapevines**. London: Elsevier Academic Press, 2020. 554 p.

KRISTA, C. Interactive effects of deficit irrigation and berry exposure aspect on Merlot and Cabernet Sauvignon in an arid climate. **American journal of enology and viticulture**, Davis, v. 62, n. 4, p. 462-470, 2011.

LEÃO, P. C. S. Produção de uvas sem sementes no Semiárido brasileiro. *In*: AGUILA, J. S.; AGUILA, L. S. H. **Vitivinicultura: função exata em cada processo**. Ponta Grossa: Atena, 2020. p. 70-81.

LEÃO, P. C. S.; LINO JUNIOR, E. C.; SANTOS, E. S. Efeitos do CPPU e ácido giberelico sobre o tamanho de bagas de uva Perlette cultivada no Vale do São Francisco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 21, n. 1, p. 74-78, 1999.

LEÃO, P. C. S.; NASCIMENTO, J. H. B.; MORAES, D. S.; SOUZA, E. R. Yield components of the new seedless table grape 'BRS Ísis' as affected by the rootstock under semi-arid tropical conditions. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 263, p. 109114, 2020.

LEÃO, P. C. S.; SILVA, D. J. Cultivo da videira no semiárido nordestino. *In*: PIO, R. **Cultivo de fruteiras de clima temperado em regiões subtropicais e tropicais**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2018. p.586-625.

LIMA, M. A. C.; GUERRA, C. C. Colheita e Pós colheita. *In*: MOTOIKE, S.; BORÉM, A. **Uva: do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, 2018. p. 163-185.

MARINHO, L. B.; RODRIGUES, J. J. V.; SOARES, J. M.; LIMA, M. A. C. D.; MOURA, M. S. B. D.; BRANDÃO, E. O.; SILVA, T. G. F.; CALGARO, M. Produção e qualidade da videira 'Superior Seedless' sob restrição hídrica na fase de maturação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, p. 1682-1691, 2009.

MIGUEL FILHO, G. L.; MARQUES, D. J.; SOUZA, P. S. D.; APARECIDO, L. E. D. O.; CABRAL NETO, L. D. *Vitis Labrusca* L. grapes cultivars under hydric stress in protected cultivation. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 42, 2020.

NASCIMENTO, C. W. A. *et al.* Silicon application to soil increases the yield and quality of table grapes (*Vitis vinifera* L.) grown in a semiarid climate of Brazil. **Silicon**, [S. l.], v. 15, n. 4, p. 1647-1658, 2023.

OIV - International Organisation of Vine and Wine. **Country Statistics Report on – Production, Consumption, Exports and Imports of Vine and Wine**. 2022. Disponível em: <https://www.oiv.int/what-we-do/country-report?oiv>. Acesso em: 23 março. 2023.

PONI, S.; GATTI, M.; PALLIOTTI, A.; DAI, Z.; DUCHÊNE, E.; TRUONG, T. T.; FERRARAE, G.; MATARRESEE A. M. S.; GALLOTTAE, A.; BELLINCONTROF, A.; MENCARELLIF, F.; TOMBESI, S. Grapevine quality: A multiple choice issue. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 234, p. 445-462, 2018.

ROLLE, L. *et al.* Berry density and size as factors related to the physicochemical characteristics of Muscat Hamburg table grapes (*Vitis vinifera* L.). **Food Chemistry**, Reading, v. 173, p. 105-113, 2015.

SIMÕES, W. L.; CALGARO, M.; COELHO, D. S.; SOUZA, M. A. D.; LIMA, J. A. (2015). Respostas de variáveis fisiológicas e tecnológicas da cana-de-açúcar a diferentes sistemas de irrigação. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, 46, 11-20.

TARRICONE, L.; GENNARO, D.; AMENDOLAGINE, A. M.; NOTARANGELO, L.; VOX, G.; SCHETTINI, E.; PALMA, L. Effects of water regimes on vine performance and quality of “sublima” seedless table grape covered with plastic film to advance grape ripening. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 1038, n. 1, p. 593–600, 2014.

WEILER, C.S.; MERKT, N.; GRAEFF-HÖNNINGER, S. Impact of water deficit during fruit development on quality and yield of young table grape cultivars. **Horticulturae**, Basel, v.4, n. 45, p. 1-15, 2018.

SÁNCHEZ-MORENO, C.; LARRAURI, J. A.; SAURA-CALIXTO, F. A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [S. l.], v. 76, n. 2, p. 270-276, 1998.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante a formação de primórdio de inflorescência os processos metabólicos são influenciados pelo estado da água da videira. Para alcançar alta fertilidade de gemas e potencial produtivo no próximo ciclo, a 'Arra 15' necessita da aplicação de lâmina com 115% da ETc durante 45 a 50 DAPP.

Durante as fases de crescimento da baga os processos metabólicos são influenciados pelo estado da água da videira. A redução da condutância estomática e da transpiração, o aumento de açúcares foliares, carotenoides e da atividade das enzimas antioxidantes, pode ser uma resposta adaptativa de videira 'Arra 15', por meio de uma rede de respostas fisiológicas a restrição hídrica. O suprimento hídrico e sua relação com a fisiologia poderá contribuir na tomada de decisão dos vitivinicultores.

A adequação da irrigação é um grande diferencial para o cultivo da videira 'Arra 15' no submédio São Francisco, mostrando que é possível manter a produtividade sobre condições de restrição hídrica. O manejo eficiente da irrigação pode ser uma ferramenta importante, na obtenção de uvas 'Arra 15' com características sensoriais apreciáveis para comercialização. Para aumentar a eficiência do uso da água, sem prejudicar o rendimento e qualidade de uva 'Arra15' é mais adequada aplicação de 100% da ETc durante todo o ciclo.