

UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA (UNEB)

Pró-Reitoria de Pesquisa e Ensino de Pós-Graduação (PPG)

Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais (DTCS)

Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Horticultura Irrigada (PPGHI)

CHARLES AUGUSTO DE SANTANA GALVÃO

FONTES DE L-PROLINA EXÓGENA NA REDUÇÃO DO ESTRESSE EM VIDEIRA

JUAZEIRO – BA

2020

UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA (UNEB)
Pró-Reitoria de Pesquisa e Ensino de Pós-Graduação (PPG)
Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais (DTCS)
Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Horticultura Irrigada (PPGHI)

CHARLES AUGUSTO DE SANTANA GALVÃO

FONTES DE L-PROLINA EXÓGENA NA REDUÇÃO DO ESTRESSE EM VIDEIRA

Dissertação apresentada junto ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Horticultura Irrigada da Universidade do Estado da Bahia (PPGHI - UNEB/DTCS), como requisito para a obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Horticultura Irrigada.

Orientadora: Elizabeth Orika Ono

JUAZEIRO – BA

2020

FOLHA DE APROVAÇÃO

"FONTES DE L-PROLINA EXÓGENA NA REDUÇÃO DO ESTRESSE EM VIDEIRA"

CHARLES AUGUSTO DE SANTANA GALVÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Horticultura Irrigada – PPHI, em 18 de setembro de 2020, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Agronomia: Horticultura Irrigada pela Universidade do Estado da Bahia, conforme avaliação da Banca Examinadora:



Professor(a) Dr. (a) ELIZABETH ORIKA ONO
Doutorado em Ciências Biológicas (Botânica)
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho



Professor(a) Dr. (a) JOÃO DOMINGOS RODRIGUES
Doutorado em Fisiologia Vegetal
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho



Professor(a) Dr. (a) MARCELLE ALMEIDA DA SILVA
Univasf - UNIVASF
Doutorado em Ciências Florestais
Universidade Federal Rural de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela sabedoria a mim concedida para enfrentar os desafios impostos;

Aos meus pais Charles Tenório Galvão e Creuza de Lourdes de Santana Galvão assim como ao meu irmão Vitor de Santana Galvão por todo o apoio transmitido ao longo desta jornada;

A todos os meus familiares e amigos, em especial aos meus avós Creuza Aurora, Maria das Dores, e Jeovane Galvão pela imensa torcida em todo o processo. Aos meus tios Emanuel Firmino de Lira, Maria das Dores de Lira, Benício Simões, Maria Cícera Lira, e Lina Simões (renda-se por Lina Simões) que me acolheram em suas casas e me deram forças para seguir em busca dos objetivos;

A minha namorada Beatriz Nascimento de Araújo por ser meu alicerce nos momentos de dificuldade ocorridos durante este período;

A todos os meus colegas de trabalho da Fazenda Área Nova e da Rupestris - Pesquisa e Consultoria que tanto me ajudaram a cumprir metas profissionais e acadêmicas, assim como também ao Sr. Newton Matsumoto e Edis Matsumoto que deram a oportunidade no lado profissional e estímulo acadêmico;

A Universidade do Estado da Bahia (UNEB) que me permitiu concretizar mais uma grande etapa;

A todos os professores que tive a oportunidade de estar presente em suas disciplinas, e a professora Marcelle Almeida e ao professor João Domingos por aceitarem contribuir com meu trabalho;

A minha orientadora Elizabeth Orika Ono, assim como a professora Ana Rita e ao pesquisador Agnaldo Chaves pelos conselhos e orientação deste trabalho;

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a concretização deste objetivo, muito obrigado!

SUMÁRIO

RESUMO.....	12
ABSTRACT	13
1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA FRUTICULTURA NO PAÍS	16
2.2 VITICULTURA NO VALE DO SÃO FRANCISCO	16
2.3 CULTIVAR ARRA 15.....	18
2.4 PROLINA EXÓGENA COMO ALTERNATIVA AO ESTRESSE OXIDATIVO.....	22
2.5 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS	24
3 MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1 LOCAL DE EXECUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	25
3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS.....	25
3.3 MANEJO DA CULTURA	27
3.4 AVALIAÇÕES REALIZADAS	29
3.4.1 Extravasamento de Eletrólitos (EE).....	30
3.4.2 Determinação do Teor de Clorofilas	31
3.4.3 Determinação dos teores de sólidos solúveis (SS) e acidez titulável (AT).....	32
3.4.4 Determinação do teor de amido	32
3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1 EXTRAVASAMENTO DE ELETRÓLITOS (EE)	35
4.2 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CLOROFILAS E CAROTENOIDES	38
4.2.1 Clorofilas a e b.....	38
4.2.2 Carotenoides	44
4.3 DETERMINAÇÃO DOS TEORES DE SÓLIDOS SOLÚVEIS (SS) E ACIDEZ TITULÁVEL (AT).....	46

4.4 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE AMIDO	50
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	54
6 CONCLUSÃO.....	55
7 REFERÊNCIAS	56

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Aplicação dos tratamentos com pulverizador costal manual. Petrolina, PE. 2019/2020.....	27
Figura 2. Etapas da metodologia utilizada para a determinação dos níveis de extravasamento de eletrólitos (condutividade elétrica).	30
Figura 3. Etapas da metodologia utilizada para a extração e determinação dos teores de clorofilas e carotenoides.	32
Figura 4. A) Conteúdo de eletrólitos da solução contendo discos foliares de videira ‘Arra 15’ com base na condutividade elétrica, no primeiro ciclo produtivo de Julho a Dezembro 2019, determinado durante nove semanas. B) Conteúdo de eletrólitos da solução contendo discos foliares de videira ‘Arra 15’ com base na condutividade elétrica, no segundo ciclo produtivo de Dezembro de 2019 a Junho de 2020, determinada durante nove semanas.....	35
Figura 5. Correlação da variação dos dados de condutividade elétrica ao longo das nove semanas dos tratamentos, no primeiro ciclo produtivo de Julho a Dezembro 2019, através da análise das componentes principais (ACP), que juntas explicam 98,2% da variação dos dados. (Petrolina, 2020).	37
Figura 6. Correlação da variação dos dados de condutividade elétrica ao longo das nove semanas com os tratamentos, no segundo ciclo produtivo de Dezembro de 2019 a Junho de 2020, através da análise das componentes principais (ACP), que juntas explicam 95,6% da variação dos dados. (Petrolina, 2020).	38
Figura 7. Teores de clorofila <i>a</i> (mg.L ⁻¹) em videira ‘Arra 15’, no primeiro ciclo produtivo de Julho a Dezembro 2019, determinada em cinco ocasiões durante as nove semanas de tratamento com prolina. B) Teores de clorofila <i>a</i> (mg.L ⁻¹) em videira ‘Arra 15’, no segundo ciclo produtivo de Dezembro de 2019 a Junho de 2020, determinada em cinco ocasiões durante as nove semanas de tratamento com prolina. (Petrolina, 2020).	39
Figura 8. Correlação da variação de dados de clorofila <i>a</i> para com os tratamentos nas cinco ocasiões avaliadas, no primeiro ciclo produtivo de Julho a Dezembro 2019, através da análise das componentes principais (ACP), que juntas explicam 90,6% da variação dos dados. (Petrolina, 2020).	40
Figura 9. Correlação da variação dos dados de clorofila <i>a</i> para com os tratamentos nas cinco ocasiões avaliadas, no segundo ciclo produtivo de Dezembro de 2019 a Junho de 2020, através	

da análise das componentes principais (ACP), que juntas explicam 99,1% da variação dos dados. (Petrolina, 2020).....	40
Figura 10. A) Teores de clorofila <i>b</i> (mg.L ⁻¹) em videira ‘Arra 15’, no primeiro ciclo produtivo de Julho a Dezembro 2019, determinada em cinco ocasiões durante as nove semanas de tratamento com prolina. B) Teores de clorofila <i>b</i> (mg.L ⁻¹) em videira ‘Arra 15’, no segundo ciclo produtivo de Dezembro de 2019 a Junho de 2020, determinada em cinco ocasiões durante as nove semanas de tratamento com prolina. (Petrolina, 2020).	41
Figura 11. Correlação da variação dos dados de clorofila <i>b</i> com os tratamentos nas cinco ocasiões avaliadas, no primeiro ciclo produtivo de Julho a Dezembro 2019, através da análise de componentes principais (ACP), que juntas explicam 96,0% da variação dos dados. (Petrolina, 2020).	42
Figura 12. Correlação da variação dos dados de clorofila <i>b</i> com os tratamentos nas cinco ocasiões avaliadas, no segundo ciclo produtivo de Dezembro de 2019 a Junho de 2020, através da análise de componentes principais (ACP), que juntas explicam 96,4% da variação dos dados. (Petrolina, 2020).	42
Figura 13. A) Teores de carotenoides (mg.L ⁻¹) em videira ‘Arra 15’, no primeiro ciclo produtivo de Julho a Dezembro 2019, determinada em cinco ocasiões durante as nove semanas de tratamento com prolina. B) Teores de carotenoides (mg.L ⁻¹) em videira ‘Arra 15’, no segundo ciclo produtivo de Dezembro de 2019 a Junho de 2020, determinada em cinco ocasiões durante as nove semanas de tratamento com prolina (Petrolina, 2020).	44
Figura 14. . Correlação da variação dos dados de carotenoides com os tratamentos nas cinco ocasiões avaliadas, no primeiro ciclo produtivo de Julho a Dezembro 2019, através da análise das componentes principais (ACP), que juntas explicam 93,2% da variação dos dados (Petrolina, 2020).	45
Figura 15. Correlação da variação dos dados de carotenoides com os tratamentos nas cinco ocasiões avaliadas, no segundo ciclo produtivo de Dezembro de 2019 a Junho de 2020, através da análise das componentes principais (ACP), que juntas explicam 97,8% da variação dos dados. (Petrolina, 2020).....	46
Figura 16. Teor de sólidos solúveis (°Brix) na videira ‘Arra 15’ após tratamento com prolina no primeiro ciclo produtivo de Julho a Dezembro 2019 (Petrolina, 2020).	47
Figura 17. Teor de sólidos solúveis (°Brix) na videira ‘Arra 15’ após tratamento com prolina no segundo ciclo produtivo de Dezembro 2019 a Junho de 2020 (Petrolina, 2020).....	48
Figura 18. Teor de acidez titulável (%) na videira ‘Arra 15’ após tratamento com prolina no primeiro ciclo produtivo de Julho a Dezembro 2019 (Petrolina, 2020).	49

Figura 19. Teor de acidez titulável (%) na videira ‘Arra 15’ após tratamento com prolina no segundo ciclo produtivo de Dezembro de 2019 a Junho de 2020 (Petrolina, 2020).	49
Figura 20. Teor de amido (%) na videira ‘Arra 15’ após tratamento com prolina no primeiro ciclo produtivo de Julho a Dezembro 2019 (Petrolina, 2020).	50
Figura 21. Teor de amido (%) na videira ‘Arra 15’ após tratamento com prolina no segundo ciclo produtivo de Dezembro de 2019 a Junho de 2020 (Petrolina, 2020).	51
Figura 22. Precipitação pluviométrica nos dois ciclos produtivos, 2019 e 2020, (Petrolina, 2020).	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tratamentos utilizados no experimento em videira ‘Arra Fifteen’. Petrolina (PE), 2019/2020.....	25
Tabela 2. Descrição das garantias dos produtos utilizados como fontes de L-prolina.....	26
Tabela 3. Adubação de cobertura (kg/ha) por semana a partir da poda utilizada no cultivo de videira ‘Arra Fifteen’, Petrolina, PE. 2019/2020.	28
Tabela 4. Disposição de informações que caracteriza a composição dos adubos utilizados...	28

SIGLAS / ABREVIATURAS

ALA: Ácido Aminolevulínico

AOAC: Association Of Official Analytical Chemistry

APX: Ascorbato Peroxidase

AT: Acidez titulável

CAT: Catalase

CO₂: dióxido de carbono

CP2: Componente principal

DAP: Dias Após A Poda

EE / EL: Extravasamento de Eletrólitos

ERO: Espécies reativas de oxigênio

GR: Glutathione Redutase

IAC: Instituto Agronômico de Campinas

IFG: Internacional Fruit Genetics

MDA: Malondialdeído

PCA / ACP: Análise de componente principal

SOD: Superóxido Dismutase

SS: Sólidos Solúveis

FONTES DE L-PROLINA EXÓGENA NA REDUÇÃO DO ESTRESSE EM VIDEIRA

RESUMO

A fruticultura brasileira é uma atividade com grande destaque no cenário nacional sendo responsável pela expansão da produção brasileira onde a exploração de diferentes espécies frutíferas coloca o país como um dos maiores exportadores de produtos agropecuarios a nível mundial. Entretanto, isso só se mostra possível devido algumas regiões sinalizarem avanços na exploração diversificada e na potencialidade para exportação como o Vale do São Francisco. Este apresenta grande representatividade no cultivo de videiras, que apesar de produtivas, apresenta condições como a alta incidência de radiação solar que pode ser considerada fator limitante à produção em consequência do estresse foto-oxidativo. O presente trabalho objetivou determinar o potencial de diferentes fontes de prolina exógena na redução dos efeitos deletérios da foto-oxidação na cultivar Arra 15, na região do Vale do São Francisco. O experimento foi conduzido em dois ciclos, no período de Julho a Dezembro 2019 e de Dezembro de 2019 a Junho de 2020 no município de Petrolina-PE. O delineamento experimental foi em blocos casualizados correspondendo a 4 tratamentos (Controle, Comercial A, Comercial B e L-prolina Pura) e 6 repetições por tratamento, totalizando 24 plantas. As aplicações foram realizadas semanalmente, tendo início 86 dias após a poda de produção. As variáveis avaliadas visaram estabelecer os níveis de extravasamento de eletrólitos, concentração de clorofilas e carotenoides, acidez titulável e teor de amido. Foi possível obter efeito positivo da prolina quanto ao extravasamento de eletrólitos independente do ciclo de produção, reduzindo os danos por estresse oxidativo das células foliares. Em relação aos teores de clorofilas *a*, *b* e carotenoides estes apresentaram respostas propondo a conservação dos pigmentos, Para teores de sólidos solúveis e acidez titulável, em ambos os ciclos, não houve influência do aminoácido. Além disso, resposta positiva da videira ‘Arra 15’ à aplicação exógena de L- prolina foi independente de indução por estresse. Pode-se concluir que as fontes de prolina em videira auxiliam na mitigação dos processos foto-oxidativos, mantendo a integridade das membranas e permitindo, a redução de danos.

Palavras-chave: ‘Arra 15’; Clorofila; Pigmentos fotossintéticos; Osmorregulação.

SOURCES OF EXOGENOUS L-PROLINE IN REDUCING STRESS IN VINE

ABSTRACT

The Brazilian fruit culture is an activity with great prominence in the national scenario being responsible for the expansion of the Brazilian production where the exploration of different fruit species places the country as one of the largest exporters of agricultural products in the world. However, this is only possible because some regions signal advances in diversified exploration and export potential such as the São Francisco Valley. It is highly representative in the cultivation of vines, which despite being productive, present conditions such as the high incidence of solar radiation which can be considered a limiting factor to production as a result of photo-oxidative stress. The present work aimed to determine the potential of different sources of exogenous proline in reducing the harmful effects of photo-oxidation in the cultivar Arra 15, in the São Francisco Valley region. The experiment was conducted in two cycles, from July to December 2019 and from December 2019 to June 2020 in the municipality of Petrolina-PE. The experimental design was in randomized blocks corresponding to 4 treatments (Control, Commercial A, Commercial B and Pure L-proline) and 6 replicates per treatment, totaling 24 plants. The applications were carried out weekly, starting 86 days after the production pruning. The evaluated variables aimed to establish the levels of electrolyte leakage, concentration of chlorophylls and carotenoids, titratable acidity and starch content. It was possible to obtain a positive effect of proline in the extravasation of electrolytes regardless of the production cycle, reducing the damage caused by oxidative stress of leaf cells. Regarding the levels of chlorophylls a, b and carotenoids, these presented responses proposing the conservation of pigments. For levels of soluble solids and titratable acidity, in both cycles, there was no influence of the amino acid. In addition, the positive response of the vine 'Arra 15' to the exogenous application of L-proline was independent of stress induction. It can be concluded that the sources of proline in grapevines help to mitigate the photo-oxidative processes, maintaining the integrity of the membranes and allowing the reduction of damages.

Keywords: 'Arra 15'; Chlorophyll; Photosynthetic pigments; Osmoregulation.

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a fruticultura ganhou mais visibilidade e passou a se destacar através do crescimento do comércio mundial neste setor. Dentre os países que apresentam maior relevância neste segmento, tem-se a China, que chegou a ocupar o lugar de maior produtor mundial, com 225 milhões de toneladas e a Índia, que atingiu a marca de 83 milhões de toneladas. O Brasil, assim como estes países, ao longo dos anos, também ganhou lugar de destaque na produção de frutas (SANTOS *et al.* 2014; PENHA, 2016).

De acordo com os dados da Abrafrutas (2019), o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas, perdendo apenas para China e Índia. A busca por uma alimentação saudável, aliada à qualidade das frutas brasileiras, vem impulsionando o setor. As projeções da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) indicam que o consumo *per capita* de frutas no Brasil e no mundo deve continuar crescendo.

Assim, o Brasil se mostra como um dos países com maior potencialidade para o desenvolvimento da fruticultura, podendo este fato ser justificado por uma série de fatores, relacionados tanto às condições climáticas favoráveis como à disponibilidade de área para o cultivo (NAVA, 2019).

Além da visibilidade de fatores potenciais e por estar entre os maiores exportadores de produtos agropecuários do mundo, o país continua sendo o terceiro maior produtor mundial de frutas com cerca de 45 milhões de toneladas ao ano. Dessa quantia, 65% são consumidas internamente e 35% são destinadas ao mercado externo; assim, um em cada quatro produtos do agronegócio em circulação no mundo é brasileiro (EMBRAPA, 2019).

De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2019) uma das vantagens do país é a disponibilidade de tecnologias que possibilitam ao Brasil produzir culturas como a videira até mesmo na região semiárida.

A produção de frutas nacional se mostra diversificada, onde em todas as regiões produtoras essa atividade é essencial sob o ponto de vista socioeconômico. Entretanto, regiões como a do Vale do São Francisco e das serras do Rio Grande do Sul e Santa Catarina são consideradas como principais polos de exportação de frutas frescas (NAVA, 2019).

No tocante à região do Vale do São Francisco, esta produz por ano cerca de 252 mil toneladas de uvas, as quais são comercializadas no mercado interno e exportadas. Os principais importadores de frutas produzidas no Vale do São Francisco são Holanda, Reino Unido, Estados Unidos, Espanha, Alemanha, Canadá e Argentina (IBGE, 2017). Com isso, o sucesso da

fruticultura no Vale do São Francisco é obtido em parte pela viticultura, responsável por 84% das uvas exportadas pelo país (MAPA, 2019).

Dentre as cultivares de uva que mais vem ganhando espaço nas exportações, encontra-se a ‘Arra 15’ (REVISTA HORTIFRUTI BRASIL, 2019). Uma uva que, segundo a empresa detentora de seus direitos (Grapa Varieties), é extremamente fértil e resistente à chuva, características que vem agradando bastante os produtores.

Contudo, apesar da região ganhar destaque com a viticultura, as condições de alta incidência de radiação solar, bem como as consequentes altas temperaturas que fazem com que a videira cresça continuamente podem contribuir para a ocorrência de um agente limitante à produção, o estresse foto-oxidativo (CAMARGO *et al.* 2012).

Dentre os fatores restritivos a produção está a disponibilidade excessiva de luz que pode inibir a fotossíntese através de dois processos: foto-inibição e foto-oxidação. Onde a foto-inibição envolve os danos aos centros de reação, especialmente fotosistema II (FSII) quando eles são superexcitados (STREIT *et al.* 2005).

Enquanto a foto-oxidação é um processo que ocorre quando os pigmentos fotossintéticos são expostos à alta luminosidade por longo período de tempo. Isso resulta em um progressivo acúmulo das espécies reativas de oxigênio (ERO) e, consequentemente, na degradação destes pigmentos (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Visando a redução de tais efeitos, a busca por fontes alternativas de controle do estresse foto-oxidativo se faz necessária. Desse modo, a prolina, apesar de ser mais reconhecida por contribuir com o ajuste osmótico em condições de estresse salino, tem apresentado respostas também na redução da concentração de ERO, podendo vir a ser uma ferramenta contra a morte celular, principal consequência da foto-oxidação (GILL; TUTEJA, 2010).

Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo determinar o potencial de diferentes fontes de prolina exógena na redução dos efeitos deletérios da foto-oxidação na cultivar Arra 15, na região do Vale do São Francisco.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA FRUTICULTURA NO PAÍS

A cadeia produtiva de frutas cresce não somente à imagem da sua vasta importância na saúde, incrementando alimentação mais saudável, porém se destaca no contexto econômico do País, agregando na geração de empregos e riquezas. Com isso apresentando uma movimentação financeira superior a R\$ 40 bilhões por ano, e que, junto com a cadeia olerícola, proporciona cerca de 13 milhões de empregos. (ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTI & FRUTI, 2019).

Como o Brasil apresenta uma diversidade de climas e solos, isso passa a se tornar e ser entendido como vantagem comparativa para produção de frutas de alta qualidade e com uma variedade de espécies que vão desde frutas tropicais e subtropicais a temperadas. (FACHINELLO *et al.* 2009).

Em meio a isso é possível destacar que a comercialização em atacado nas centrais de abastecimento do País, nos itens classificados como hortifrúti, teve receita gerada em 2018 próximo a R\$ 27 bilhões, sendo a laranja, banana, melancia, maçã, mamão, abacaxi, manga, limão e tangerina as frutas mais comercializadas São Paulo, Minas Gerais, Espírito Santo, Rio Grande do Sul, Bahia e Pernambuco são os principais estados de origem destes produtos (ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTI & FRUTI, 2019).

De acordo com a revista Hortifruti Brasil (2019), o câmbio tem estimulado maiores embarques e limitado a entrada de frutas importadas no Brasil, que somado ao acordo firmado em Junho de 2019 entre o MERCOSUL e a UNIÃO EUROPEIA, pode tornar a fruticultura brasileira mais competitiva no mercado internacional, gerando mais renda no campo e ainda mais empregos.

Entretanto a fruticultura brasileira teve um aumento em torno de 16% no volume das exportações de frutas no ano de 2019. Foram exportados mais de 980 milhões de toneladas, comparados ao ano de 2018. Algumas culturas se destacaram no tocante à exportação como: manga, com aumento de 30%, melão, 27%, uva, 19% e limão, 10%. Além disso, em 2020 a fruticultura brasileira aponta um perfil de busca em exportar US\$ 1 bilhão de frutas frescas e derivados semi-processados e processados. Onde para alcançar este objetivo, é necessária a melhora contínua da qualidade (ABRAFRUTAS, 2019; ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTI & FRUTI, 2019).

2.2 VITICULTURA NO VALE DO SÃO FRANCISCO

Em se tratando de fatores econômicos e de qualidade, uma das atividades que ganhou destaque no Brasil foi a viticultura, que ocupa no país área aproximada de 71 mil hectares, com vinhedos estabelecidos desde o extremo sul do país até regiões bem próximas da linha do equador. Por ser um país diversificado ambientalmente, vários polos vitivinícolas foram implantados, como polos de temperaturas tropicais em que se pode realizar bastantes podas conseguindo assim, em temperaturas elevadas juntamente com a irrigação, mais de dois ciclos anuais (PROTAS, 2008).

Na fruticultura nacional, a viticultura é um dos setores com maior representatividade no referente à geração de emprego, renda e valor bruto, pois a uva pode ser consumida *in natura* ou na forma de sucos, vinhos, espumantes e doces (ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTI & FRUTI, 2019).

No país, existem varias regiões produtoras de uva onde cada uma possui um perfil característico condizente com suas variações de tipo de solo, relevo e clima, com produção desde temperaturas mais frias do sul do país a temperaturas muito altas como é o caso do nordeste brasileiro (MELLO, 2016).

Porém quando se trata das uvas finas de mesa, duas regiões se destacam, a região Sul, compreendendo os municípios de Marialva, Maringá e Cornélio Procopio no estado do Paraná, que em conjunto apresentam 720 ha de área cultivada, e a região Nordeste, mais precisamente o Vale do Submédio São Francisco, compreendendo principalmente os municípios de Petrolina no Estado de Pernambuco e de Juazeiro e Curaçá no Estado da Bahia (REVISTA HORTIFRUTI BRASIL, 2019).

Além disso, nas ultimas décadas, vinhos finos passaram a ser produzido no vale do São Francisco e a atividade se estabeleceu e liderou um arranjo produtivo da viticultura na região semiárida brasileira (LEÃO *et al.* 2013).

Assim a vitivinicultura nordestina tem seu foco no Vale do Submédio São Francisco (VSF), no Polo Petrolina-Juazeiro, considerado como um Polo de Desenvolvimento Integrado. Abrangendo uma área de 24.385km², com eixo econômico focado na irrigação com fruticultura, olericultura e vitivinicultura. Desse território, são pertencentes os municípios de Pernambuco (Lagoa Grande, Orocó, Petrolina e Santa Maria da Boa Vista) e da Bahia (Casa Nova, Curaçá, Juazeiro e Sobradinho) (VITAL 2009).

A região do Vale apresentou rentabilidade positiva, justificada principalmente pela boa exportação de 2019, onde apresentou dados de aumento de 224% quando comparado ao mesmo período de 2018. (REVISTA HORTIFRUTI BRASIL, 2019).

Dados positivos como esses são respostas viáveis relativas a fatores como as condições climáticas e as tecnologias aplicadas na região. Essas condições, a temperatura e a luminosidade favorecem alta atividade fisiológica nas videiras, proporcionando precocidade de produção das plantas, o que permite à produção de duas safras anuais, em comparação a região Sul que apresenta apenas uma, visto que a atividade fisiológica se apresenta mais lenta (BORGES; SOARES; LIMA, 2009).

Existem vários fatos a serem considerados na escolha do sistema de condução a ser utilizado, a exemplo do objetivo de produção desejado, se quantidade ou qualidade; a variedade a ser cultivada, vigor da planta, as condições tanto de clima quanto de solo, topografia do terreno, o método de colheita a ser utilizado, o custo de instalação e manutenção e condição econômica do produtor (MIELE; MANDELLI, 2003).

Outro fator empregado que visa contribuir são tecnologias outras, não apenas reguladores vegetais que podem contribuir com a uniformização da brotação e com o aumento do tamanho do cacho e da baga. Dessa forma, o emprego de manejo de irrigação por gotejamento, micro aspersão, ou ainda por difusores (não dependendo do regime de precipitação pluviométrica) e a introdução de novas cultivares que se adequam mais às necessidades dos produtores (BORGES; SOARES; LIMA, 2009).

2.3 CULTIVAR ARRA 15

No setor das uvas finas de mesa do Vale do Submédio São Francisco, os cultivos eram realizados com cultivares tradicionais como a ‘Red Globe’, ‘Itália’, e ‘Benitaka’ (com sementes), além da ‘Thompson’, ‘Crimson’ e ‘Festival’ (estenoespermocárpicas) (CAMARGO; TONIETTO; HOFFMAN, 2011).

Embora a demanda por cultivares estenoespermocárpicas estivesse aumentando, algumas características dificultavam a sua produção. Variedades como ‘Thompson’ e a ‘Festival’, não possibilitam a realização de dois ciclos produtivos anualmente, isto porque as bagas das mesmas são bastante sensíveis à chuva, rachando, comprometendo a produção durante o primeiro semestre. Enquanto a ‘Crimson’ uma cultivar de coloração vermelha, tem como problemática garantir a expressão total da coloração de suas bagas, principalmente em situações de alta produtividade (MAIA; RITSCHER; LAZZAROTTO, 2018).

Existem diversas variedades obtidas para adaptação a diferentes condições ambientais. No Submédio São Francisco, os porta-enxertos também apresentam comportamento satisfatório para uvas de mesa, como os híbridos obtidos no Instituto Agrônomo de Campinas: IAC 313 ou ‘Tropical’, IAC 572 ou ‘Jales’ e IAC 766 ou ‘Campinas’. Ademais outros porta-enxertos

importantes também estão sendo pesquisados, tais como Salt Creek, Dog Ridge, Courdec 1613, Harmony, 420-A, Paulsen 1103 e SO4 (LEÃO, 2004).

Porém com o passar dos anos tornou-se necessária a busca de novas cultivares junto às empresas de melhoramento genético do exterior, como a Sunworld, a Internacional Fruit Genetics (IFG) e a Grapa. Em relação a esta última, as cultivares estenoespermocárpicas introduzidas e avaliadas foram, dentre outras, a ‘Timpson’, ‘Timco’, ‘Arra 30’, ‘Arra 12-7+5’, e a ‘Arra 15’. Esta última inclusive já apresentava mais de 500 ha de área cultivada em 2018, e junto com outras cultivares novas, representavam mais de 50% da área cultivada no Vale do Submédio São Francisco (MAIA; RITSCHER; LAZZAROTTO, 2018).

A ‘Arra 15’, segundo o catálogo da Grapa Varieties Ltda (2020), é uma cultivar branca, muito fértil, com excelente balanço entre a acidez e o açúcar (cujo °brix pode chegar a 20°), cachos de médio a grandes, e bagas crocantes, carnudas, suculentas e resistentes à chuva.

Essas características estão consolidando a ‘Arra 15’, junto com a ‘BRS Vitória’, como as cultivares de maior destaque no Vale, apresentando demanda internacional muito positiva. Dessa maneira, produtores estão limitando suas expansões no plantio para que possam focar na substituição de parreirais de cultivares mais tradicionais por outras de maior potencial tanto mercadológico quanto agrônomo, como as já citadas (REVISTA HORTIFRUTI BRASIL, 2019).

De acordo com Cruz *et al.* (2017) a ‘Arra 15’ está dentre as novas cultivares introduzidas no Vale do São Francisco, onde seu cultivo demanda a definição de técnicas de produção adequadas para as condições regionais, bem como novos meios para agregar características, melhorar a qualidade da uva para o consumo in natura e definir o ponto de colheita adequado à comercialização. Portanto, há vários ajustes e melhorias que dependem de ações de pesquisa com essa cultivar.

Para Atalaya Muñoz *et al.* (2016) no tocante ao fator negócios, a uva ‘Arra 15’ é considerada produto em fase de crescimento, cujas principais características são: aumento rápido das vendas, preços médios determinados pela oferta e demanda do produto, mas fortemente influenciado pela qualidade final do produto.

Apesar de muitas culturas possuírem características qualitativas, é necessária a compreensão do ambiente nos quais essas estejam presentes. O ambiente complexo no qual todos os organismos vivos encontram-se, apresenta continuamente fatores adversos os quais são expostos, resultando, no caso das culturas agrônomicas, podendo ser citadas as alterações fisiológicas e morfológicas que limitam a produção, fenômeno conhecido como estresse. Esse estresse pode ser de origem biótica, como os agentes fitopatogênicos, ou abiótica, dos quais a

temperatura e a intensidade luminosa encontram-se entre os fatores que mais prevalecem (AHMAD *et al.* 2016).

As plantas que se encontram sob a condição de estresse, independente da origem, apresentam principalmente ativação hormonal e acúmulo das espécies reativas de oxigênio (ERO) (AHMAD *et al.* 2016). As ERO são formas reduzidas de oxigênio, presentes naturalmente nas plantas e geradas principalmente nos cloroplastos, mitocôndrias, e peroxissomos (APEL; HIRT, 2004).

As plantas dispõem de diferentes estratégias de proteção contra os danos celulares e a morte causada pelo excesso de espécies reativas de oxigênio (ERO), que ocasionam o estresse oxidativo (ASADA, 1999).

De acordo com Munné-Bosch; Muñoz, (2017) o fato de ocorrer o acúmulo durante a situação de estresse, leva a considerar as espécies reativas de oxigênio como moléculas sinalizadoras de fatores adversos do ambiente, proporcionando respostas fisiológicas das plantas a tais agentes. Entretanto, a superprodução de ERO pode vir a causar danos a proteínas, lipídios, carboidratos e DNA, ocasionando morte celular, visto serem as espécies reativas de oxigênio altamente tóxicas, o que resulta em estresse oxidativo (GILL; TUTEJA, 2010).

As principais ERO são os superóxidos, peróxidos de hidrogênio e o oxigênio singlete (GILL; TUTEJA, 2010); dentre estes o singlete se destaca pela contribuição no mecanismo de defesa natural da planta, desencadeando a produção de fitoalexinas (FLORS; NONELL, 2006). Além do mais, Triantaphylidès *et al.* (2008) afirmaram que o oxigênio singlete, molécula altamente reativa, está também sempre envolvida na execução da morte celular, principalmente quando são provenientes de danos foto-oxidativos.

Embora geralmente seja prejudicial ao metabolismo, o superóxido e o peróxido de hidrogênio podem apresentar funções úteis se forem rigorosamente controlados e compartimentados. Durante a fotossíntese, a formação de espécies reativas de oxigênio são minimizados por vários mecanismos reguladores complexos e refinados (FOYER *et al.* 1994).

O estresse foto-oxidativo ocorre através de desequilíbrio entre a captura de energia luminosa e a fixação de dióxido de carbono (CO₂) (TRANTAPHYLIDÈS *et al.* 2008), resultando em mais energia absorvida do que utilizada na fotossíntese (KRIEGER-LISZKAY, 2005).

A geração dependente de luz de espécies reativas de oxigênio é denominada estresse foto-oxidativo. Isso pode ocorrer de duas maneiras, sendo a primeira a doação de energia ou elétrons diretamente ao oxigênio como resultado da atividade fotossintética; a segunda forma seria a exposição dos tecidos à irradiação ultravioleta (FOYER *et al.* 1994).

Além disso, o estresse oxidativo induz extravazamento de líquido celular, diminuição da fotossíntese e alterações hormonais que em conjunto levam à morte celular, colapso do mesofilo (necrose) e senescência foliar (BAIER *et al.* 2005).

Conforme descrito por Borges, Soares e Lima (2009) a luminosidade é um dos fatores que prevalecem no semiárido do Vale do Submédio São Francisco, favorecendo intensa atividade fisiológica nas videiras e por consequência, precocidade de produção. Em outras palavras, essa característica ambiental aumenta a atividade fotossintética.

Entretanto, este fato também intensifica o processo chamado fotorrespiração, fator natural em plantas de metabolismo C3 (como as videiras), no qual, segundo Triantaphylidès *et al.* (2008) parte da enzima Rubisco pode incorporar oxigênio (O_2) e não o dióxido de carbono.

Salisbury; Ross (2012) afirmam que apesar da Rubisco apresentar maior afinidade com o CO_2 , ela é uma enzima carboxilase-oxigenase, ou seja, também está propensa a incorporar oxigênio, e quando isto ocorre, resulta em uma momentânea inibição da fotossíntese, favorecendo um desbalanço entre a energia luminosa e a fixação de dióxido de carbono e por tanto, propiciando o estresse foto-oxidativo que leva a superprodução de EROs (MUNNÉ-BOSCH; MUÑOZ, 2017).

Esta competição entre dióxido de carbono e o O_2 pela enzima Rubisco, que é significativa pela diferença de concentração entre essas duas moléculas na atmosfera (cerca de 20,9% de oxigênio contra apenas 0,035% de CO_2) pode tornar-se ainda maior em épocas quentes, pois nesta situação a Rubisco incorpora O_2 com maior frequência (SALISBURY; ROSS, 2012), condição ambiental esta característica do trópico semiárido, no qual o Vale do São Francisco está inserido.

Apesar do estresse foto-oxidativo ocorrer tanto em folhas bastante jovens quanto em folhas senescentes, é de extrema importância que nesta última as ERO sejam bem controladas para que a principal função da senescência seja cumprida (JUVANY; MÜLLER; MUNNÉ-BOSCH, 2012).

Em folhas jovens este tipo de estresse ocorre porque o aparato fotossintético ainda está imaturo e, dessa forma, os compostos como as antocianinas e carotenóides como as xantinas atuam de forma fotoprotetora até que o aparelho fotossintético esteja totalmente pronto (LIAKOPOULOS *et al.* 2006).

Em relação às folhas senescentes, a foto-oxidação encontra-se bastante presente, pois quando a fase de senescência se inicia, os cloroplastos são as primeiras organelas a se degradarem e por consequência disso, a energia luminosa deixa de ser utilizada (JUVANY; MÜLLER; MUNNÉ-BOSCH, 2012). As ERO provenientes disto, caso não sejam controladas,

induzirão essa fase terminal de forma ainda mais rápida, e a remobilização de nutrientes (principal função da senescência) não será efetuada adequadamente (MUNNÈ- BOSCH; JUBANY-MARÍ; ALEGRE, 2001).

Esses nutrientes são essenciais para as plantas (como os macronutrientes), assim como também os açúcares que são levados para as folhas emergentes, bem como para os órgãos de armazenamento (principalmente ramos e raízes no caso da videira) (JUVANY; MÜLLER; MUNNÈ-BOSCH, 2012), sendo nestes últimos armazenados na forma de amido.

De modo a controlar a superprodução das espécies reativas de oxigênio, existem os mecanismos antioxidantes, que podem ser enzimáticos e não enzimáticos (BARBOSA *et al.* 2014).

Dentre os enzimáticos tem-se a superóxido dismutase (SOD), a catalase (CAT), a ascorbato peroxidase (APX) e a glutathione redutase (GR) que são bastante estudadas. Já em relação aos não enzimáticos, tem-se principalmente a prolina, os flavonoides e os carotenoides. Como exemplo de carotenoides pode-se citar o β -caroteno e a zeaxantina que dissipam o excesso de energia, reduzindo a concentração de ERO (GILL; TUTEJA, 2010).

Os flavonoides são divididos em flavonols, flavonas, isoflavonas, e antocianinas, atuando como sequestradores das espécies reativas de oxigênio, neutralizando-as antes de danificarem a célula (LOVDAL *et al.* 2009). Entretanto alguns estudos apontam a prolina, como um potente antioxidante e uma molécula com potencial de inibir a morte celular programada (GILL; TUTEJA, 2010).

2.4 PROLINA EXÓGENA COMO ALTERNATIVA AO ESTRESSE OXIDATIVO

Em estudos como o de Verbruggen; Hermans, (2008), afirma-se que o acúmulo de prolina em diferentes organismos, como as eubactérias, protozoários e principalmente as plantas, se destaca quando relacionada a uma função adaptativa destes às situações adversas do ambiente. Em se tratando das plantas, a prolina sempre apresenta maior destaque em trabalhos relacionados às condições de estresse salino e hídrico, isto porque, ela faz parte de um grupo de moléculas osmoprotetoras, conhecidas como solutos compatíveis, que regulam a osmolaridade celular.

Entretanto, dentre os solutos compatíveis, como por exemplo, a sacarose, o glicerol e a glicina betaína, a prolina é a que demonstra significativamente uma proteção à planta contra danos induzidos pelas espécies reativas de oxigênio, principalmente em relação ao oxigênio singleto (MATYSIK *et al.* 2002).

Desta forma, é de extrema importância a maior presença da prolina em folhas

senescentes, pois de acordo com Juvany, Müller, e Munnè-Bosch (2013), a degradação do cloroplasto ocasionado pela idade avançada da folha resulta em acúmulo da energia luminosa, e por consequência, do oxigênio singlete, que segundo Triantaphylides *et al.* (2008), está sempre relacionado a danos severos na célula quando oriundos da foto-oxidação.

Contudo, Hua *et al.* (1997) em trabalho realizado com *Arabidopsis*, apontam que promotores da síntese de prolina em folhas senescentes encontram-se limitadas somente às veias, hidatódios, base dos tricomas e nas células-guarda. Já em folhas jovens os mesmos estão presentes em todo o limbo, abrindo espaço para a hipótese de que com aplicações exógenas de prolina, durante a senescência foliar, seja possível o controle do avanço acelerado da peroxidação lipídica das membranas celulares desencadeado pelo estresse oxidativo.

No estudo conduzido por Chen e Dickman (2005), por exemplo, foi verificado que a aplicação exógena de prolina aumenta a atividade da enzima catalase e consequentemente, reduz a concentração das ERO, prevenindo a morte celular programada. Em outro estudo de Islam *et al.* (2009) relataram que a aplicação exógena de prolina em células cultivadas de tabaco proporcionou aumento tanto da catalase quanto da superóxido dismutase, resultando na diminuição da peroxidação lipídica.

Outro destaque interessante é o estudo realizado por Alia, Saradhi, e Mohanty (1997), onde mostra capacidade da prolina em proteger a membrana dos tilacóides através do sequestro ou redução do oxigênio singlete; este resultado reforça a afirmação de Matysik *et al.* (2002) de que a prolina inibe ERO de maneira bastante eficaz através de um complexo de transferência de carga.

Logo, seja aumentando a atividade enzimática, quanto assumindo o papel de molécula antioxidante, a prolina tem se mostrado eficiente no controle das espécies reativas de oxigênio. Todavia, Deuschle *et al.* (2001) expõem que a prolina exógena pode acarretar toxicidade por excesso, contribuindo com a morte celular. Ainda de acordo com os autores, esta possibilidade existe porque a principal enzima responsável pela degradação deste soluto compatível, a prolina desidrogenase, presente na mitocôndria, passa a não efetuar o seu papel de forma balanceada com a principal enzima de síntese, a pirrolina-5-carboxilato sintetase, presente no cloroplasto, devido a esta fonte exógena.

Porém, de acordo com Juvany, Müller, e Munnè-Bosch (2012), durante a fase de senescência foliar os cloroplastos são as primeiras moléculas a iniciarem degradação, e as mitocôndrias, assim como os núcleos, mantêm sua integridade até o término desta fase, abrindo espaço também para a hipótese de que durante a senescência da folha a prolina exógena não causa excesso e, portanto, não ocorre toxicidade.

2.5 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

Após avaliação experimental é de grande importância o tratamento de dados através de métodos estatísticos adequados. Existem diversos métodos de modelagem que permitem a avaliação de conjunto de dados; a exemplo disso pode ser destacada a análise de componentes principais, também chamadas PCA ou ACP. Esta é uma análise ou método estatístico de múltiplas variáveis que permite revelar padrões em conjunto de dados (LYRA *et al.* 2010). Tal técnica agrupa os indivíduos, segundo seu comportamento dentro da população (VARELLA, 2008), sendo as componentes principais uma combinação dos resultados de diversas variáveis em um único resultado global (DUARTE, 1998).

A PCA pode ser baseada na matriz de covariância ou na matriz de correlação. A escolha entre essas análises será discutida. Em ambos os casos, as novas variáveis (os PCs) dependem do conjunto de dados, em vez de serem funções básicas predefinidas e, portanto, são adaptativas em sentido amplo. Os principais usos do PCA são descritivos, em vez de inferenciais (JOLLIFFE; CADIMA, 2016).

Segundo Duarte (1998), este método é definido estatisticamente através dos autovalores e autovetores da matriz de covariância e, dessa forma, analisa os padrões principais através de um sistema de coordenadas independentes, determinados por duas componentes principais, as quais neste trabalho são indicadas como componente principal 1 (CP1) e componente principal 2 (CP2).

A componente principal 1 é a detentora da maior variância dos dados, sendo a informação gerada considerada como substancial quando esta, somada a CP2, explicarem no mínimo 80% da variação (DUARTE, 1998).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCAL DE EXECUÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido no período de Julho a Dezembro 2019 (1º Ciclo) e Dezembro de 2019 a Junho de 2020 (2º Ciclo) na Fazenda Área Nova (Latitude: 9° 18.118' S e Longitude: 40° 26.671' O) localizada no Projeto de Irrigação Senador Nilo Coelho, Núcleo 10, lote 1635, em Zona Rural, no município de Petrolina-PE. Quanto aos dados pluviométricos, estes foram coletados na estação meteorológica da fazenda onde o experimento foi conduzido.

O clima da região é do tipo BSw^h, segundo a classificação de Köppen, correspondendo a uma região de clima árido. Além disso, apesar de apresentar pequena amplitude térmica, as elevadas taxas de radiação solar juntamente com elevadas temperaturas na culminação do Sol, intensificam significativamente a evapotranspiração (TEIXEIRA, 2010).

A cultivar escolhida foi a Arra Fifteen, enxertada sobre porta-enxerto 'Salt Creek', conduzida em latada, formada em cordão duplo, com espaçamento de 5 m entre plantas e 4 m entre linhas, com dois anos de idade.

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O experimento foi conduzido em blocos casualizados com quatro tratamentos, correspondendo a 3 com solução de prolina e um ausente (testemunha) e seis repetições (Tabela 1).

Tabela 1. Tratamentos utilizados no experimento em videira 'Arra Fifteen'. Petrolina (PE), 2019/2020.

Tratamento	Solução com L-prolina	Concentração da L-Prolina	Período de aplicação
T1	Ausente	0%	A partir dos 86 DAP até duas semanas antes da poda seguinte
T2	Comercial A	7%	A partir dos 86 DAP até duas semanas antes da poda seguinte
T3	Comercial B	7%	A partir dos 86 DAP até duas semanas antes da poda seguinte
T4	L-prolina Pura	7%	A partir dos 86 DAP até duas semanas antes da poda seguinte

DAP = dias após a poda

Quanto às fontes de prolina utilizadas na pesquisa, produtos que foram caracterizados como Comercial A (Amino Proline) e Comercial B (Delfan Plus) Comercial B não foram

descritos no presente estudo, devido a não autorização da representação comercial do produto, porém foi concedida permissão para utilização de informações como as garantias de rótulo (Tabela 2). Assim, os tratamentos caracterizaram-se por dois produtos comerciais (A e B) contendo L-prolina na formulação, uma solução com a L-prolina pura e um controle ou testemunha absoluta. A partir dessas três fontes de prolina foram preparadas as soluções de tratamentos com 7% de prolina.

Tabela 2. Descrição das garantias dos produtos utilizados como fontes de L-prolina.

Garantias	Fontes utilizadas		
	Produto comercial A	Produto comercial B	L-PROLINA
Nitrogênio	4%	9%	-
Carbono orgânico	8%	22%	-
Enxofre	1,5%	-	-
Agente complexante do aminoácido - presente no produto	14%	24%	98,5%
Natureza física	Fluido	Fluido	-
Densidade	1,15 g/cm ³	1,2 g/cm ³	-
Cloretos	-	-	0,05%
Chumbo	-	-	0,003%
Sulfato	-	-	0,003%
Ferro	-	-	0,001%
Metais pesados	-	-	0,001%
Arsênicos	-	-	0,0001%

Fonte: Galvão (2020).

As soluções de tratamento foram aplicadas com o auxílio de pulverizador costal manual, com bico de Pulverização Cerâmico Magnojet (MAG 2) com ângulo de 80° e um cone vazio que proporcionou uma maior cobertura e melhor penetração das gotas no alvo (Figura 1), sendo a primeira aplicação realizada aos 86 dias após a poda (DAP) e, as demais, aplicadas semanalmente, num total de nove aplicações. No mesmo período, foi realizada a primeira avaliação antes da primeira aplicação dos tratamentos, seguindo assim até a última avaliação.

As soluções contendo L-prolina foram diluídas (em água) em um volume de calda equivalente a 500 L/ha, volume utilizado (aplicado 100% do volume até o esvaziamento do pulverizador) pela fazenda como padrão para diversas aplicações foliares em 1 hectare.

Figura 1. Aplicação dos tratamentos com pulverizador costal manual. Petrolina, PE. 2019/2020.



Fonte: Galvão (2020).

Mediante a condução, as fases fenológicas que incluíram o período experimental tiveram início na fase de amolecimento, 86 Dias Após a Poda (DAP), e continuou semanalmente: 93 DAP (Início de Maturação); 100 DAP (Maturação Plena); 107 DAP (Maturação Plena); 114 DAP (Colheita); 121 DAP (Repouso); 128 DAP (Repouso); 134 DAP (Repouso); 142 DAP (repouso). O maior foco foi a preservação das células durante o repouso visando maior acúmulo de amido.

3.3 MANEJO DA CULTURA

Visando suprir as necessidades hídricas da cultura na fazenda se faz uso do sistema de irrigação composto por difusores, localizados entre cada planta no centro da linha. Quanto a frequência de irrigação no primeiro ciclo (segundo semestre de 2019): a irrigação foi realizada 6 dias por semana da fase de amolecimento (início do teste) até a colheita. Durante o período de repouso foram irrigadas 2 dias por semana. Enquanto no segundo ciclo (primeiro semestre de 2020), a frequência foi reduzida devido às chuvas: 2 dias por semana do amolecimento até a colheita. E durante o repouso do segundo ciclo: 1 dia por semana. Em ambos os ciclos desde a fase de amolecimento até final da colheita foram utilizados 3 horas de irrigação através de difusor. Onde foram liberados 25 L/hora por difusor por planta. Entretanto a frequência durante o primeiro ciclo por se apresentar um período seco foram de 6 dias na semana. Enquanto no segundo ciclo (período com maior frequência chuvosa), sendo apenas 2 vezes por semana. Na fase repouso, em ambos os ciclos, a rega foi reduzida a um intervalo de uma hora e meia, visando não estimular a planta a vegetar.

O manejo nutricional utilizado foi o padronizado pela propriedade, sendo o cronograma do processo de adubação e manejo da cultura exposto na Tabela 3.

A adubação foi aplicada nos mesmos padrões para os dois ciclos da cultura.

Na semana da realização da poda (0-6 dias) não houve aplicação de nenhum produto.

Tabela 3. Adubação de cobertura (kg/ha) por semana a partir da poda utilizada no cultivo de videira ‘Arra Fifteen’, Petrolina, PE. 2019/2020.

Adubação de cobertura (kg/ha) por semana a partir da poda								
	Dias após a poda							
Produto	0-6	7-13	14-20	21-27	28-34	35-41	42-48	49-55
Açúcar		40	40	40	40			
Amiorgan			30					
DripsolBVBrotação		30	30					
DripsolAVBrotação				30	30	30	30	30
Algen micron				50	50			
Sulfato Potássio								
KSC 1						2	2	2
Nitrato cálcio						30	30	30

Adubação de cobertura (kg/ha) por semana a partir da poda								
	Dias após a poda							
Produto	56-62	63-69	70-76	77-83	84-90	91-97	98-104	105-118
Açúcar								
Amiorgan								
DripsolBVBrotação								
DripsolAVBrotação	30							
Algen micron								
Sulfato Potássio		30	30	30	30	30	30	
KSC 1	2							
Nitrato cálcio								

Fonte: Galvão (2020).

As composições dos adubos utilizados no primeiro e segundo ciclos do experimento foram dispostas com suas respectivas descrições em constituintes (Tabela 4).

Tabela 4. Disposição de informações que caracteriza a composição dos adubos utilizados.

Composição de Adubos	
Adubo utilizado	Composição

Amiorgan	Fertilizante mineral composto por N (16%), K ₂ O (3%) e S (17%).
Dripsol Uva Alto Vigor Brotação	Fertilizante mineral composto por N (2%), P ₂ O ₅ : (13%), K ₂ O (26%), S (12,5%), Mg (5,5%), Fe (0,2%), Zn (0,4%), e B (0,4%).
Dripsol Uva Baixo Vigor Brotação	Fertilizante mineral composto por N (12%), P ₂ O ₅ : (7%), K ₂ O (13%), S (7%), Mg (5,5%), Fe (0,2%), Zn (0,4%), e B (0,4%).
Algen Micron	Fertilizante natural microparticulado que apresenta principalmente Ca (32%) e Mg (2%).
Sulfato de Potássio	Fertilizante mineral composto por K ₂ O (48%) e S (15%).
KSC 1	Fertilizante mineral composto por N (14%), P ₂ O ₅ (40%), K ₂ O (5%), S (13%), B (0,1%), Cu (0,05%), Fe (0,01%), Mo (0,01%), e Zn (0,1%).
Nitrato de Cálcio	Fertilizante mineral composto por N (15,5%) e Ca (18%).

Fonte: Galvão (2020).

Além do manejo nutricional, o manejo fitossanitário também foi utilizado pela fazenda, principalmente, quanto ao controle das principais doenças, como oídio, míldio e ferrugem. Ressaltando que apenas para oídio o controle foi realizado nos dois ciclos. As demais doenças apresentaram-se apenas no segundo ciclo, devido à ocorrência de chuvas no primeiro semestre de 2020. Também foi realizado o controle de pragas como *Ceratitis capitata* (mosca-das-frutas) e *Empoasca* sp. (Cigarrinha).

3.4 AVALIAÇÕES REALIZADAS

Para determinar o potencial da prolina e de diferentes fontes de prolina exógena na redução dos efeitos deletérios da foto-oxidação, nos dois ciclos de produção, foram realizadas as avaliações dos níveis de extravasamento de eletrólitos da membrana plasmática das células vegetais, determinação do teor de clorofilas a e b, teores de carotenoides, análises dos teores de sólidos solúveis (SS, °Brix), teor da acidez titulável e a determinação do teor de amido no

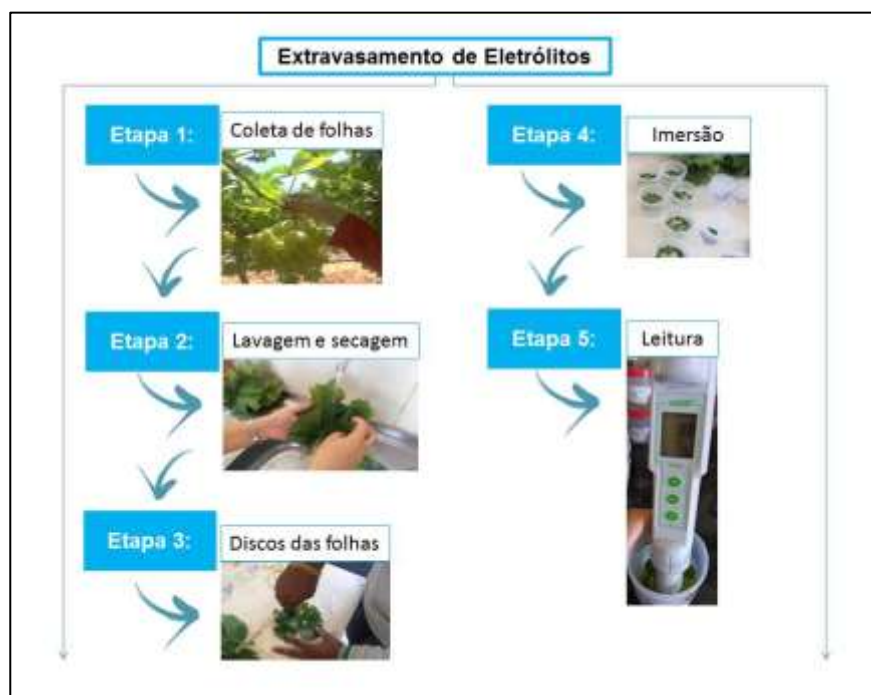
Laboratório da empresa Rupestris-Pesquisa e Consultoria (Localizada na entrada da Fazenda Área Nova).

3.4.1 Extravasamento de Eletrólitos (EE)

Para a avaliação dos níveis de extravasamento de eletrólitos da membrana plasmática das células vegetais foram efetuadas coletas semanais de folhas na parte da manhã.

A metodologia utilizada para definir os níveis de extravasamento de eletrólitos com referência na medição da condutividade elétrica da solução foi fundamentado através do protocolo proposto por Lima et al. (2002), com modificações, que consiste na execução de cinco etapas (Figura 2):

Figura 2. Etapas da metodologia utilizada para a determinação dos níveis de extravasamento de eletrólitos (condutividade elétrica).



Fonte: Galvão (2020).

Etapa 1: as folhas foram coletadas opostas ao cacho e expostas ao sol sendo definido para o presente experimento a coleta de 5 folhas por repetição;

Etapa 2: lavagem e secagem das folhas em água corrente para eliminar resíduos sólidos provenientes das pulverizações dos produtos e, em seguida, manteve-se as folhas em local seco e arejado para secagem;

Etapa 3: com o auxílio de perfurador de couro foram retirados cinco discos de 10 mm de diâmetro do limbo de cada folha;

Etapa 4: os discos foliares foram colocados em recipientes plásticos de capacidade de 80 mL e foram imersas em 50 mL de água destilada por 24 horas;

Etapa 5: após as 24 horas, leitura da condutividade elétrica da solução em condutivímetro de faixa de medição de 0 a 3999 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$, resolução de 1 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ e compensação automática de temperatura, sendo os resultados expressos em $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$.

3.4.2 Determinação do Teor de Clorofilas

As folhas para as análises dos teores de clorofilas *a* e *b* e dos teores de carotenoides foram obtidas a cada 15 dias e a determinação dos teores de clorofilas e carotenoides foi realizada de acordo com metodologia de Lichthenthaler (1987), com adaptações, da seguinte forma (Figura 3):

Etapa 1: retirada de três discos do limbo de cada folha com diâmetro de 10 mm;

Etapa 2: os discos foliares foram imersos em recipiente contendo 10 mL de acetona 80% e, em seguida, foram colocados em freezer por 15 dias;

Etapa 3: após esse período, toda a solução de acetona e os discos foliares foram colocadas em almofariz, contendo carbonato de cálcio, sendo os discos triturados e, posteriormente, filtrados em papel filtro;

Etapa 4: no conteúdo filtrado adicionou-se acetona 80% até completar o volume de 25 mL e, dessa amostra, foram retiradas alíquotas de 3 mL para a leitura em espectrofotômetro;

Etapa 5: as leituras foram efetuadas nas absorbâncias (*A*) de 470, 646,8 e 663,2 nm e os resultados obtidos foram utilizados para o cálculo dos teores de pigmentos em mg L^{-1} , pelas seguintes equações:

$$\text{Clorofila } a = C_a = 12,25 A_{663,2} - 2,79 A_{646,8}$$

$$\text{Clorofila } b = C_b = 21,50 A_{646,8} - 5,10 A_{663,2}$$

$$\text{Carotenoides (xantofilas + carotenos)} = (1000 A_{470} - 1,82 C_a - 85,02 C_b) / 198$$

Figura 3. Etapas da metodologia utilizada para a extração e determinação dos teores de clorofilas e carotenoides.



Fonte: Galvão (2020).

3.4.3 Determinação dos teores de sólidos solúveis (SS) e acidez titulável (AT)

Os teores de sólidos solúveis (SS) (°Brix) e de acidez titulável (AT) foram avaliados no momento da colheita, visando correlacionar a maior integridade da célula com a maturação.

Para a determinação de tais variáveis foram coletados 10 cachos por parcela. Destes cachos, procedeu-se a retirada de bagas, sendo uma na região central do cacho e uma na ponta do cacho, completando uma amostra de 20 bagas por parcela. Cada baga foi macerada e o suco resultante utilizado para medição do teor de sólidos solúveis com refratômetro digital (SS, °Brix) e o teor de acidez titulável avaliado por titulação (%), colocando-se 5 mL do suco em erlenmeyer de 500 mL, adicionando-se em seguida 45 mL de água destilada e três gotas de fenolftaleína a 1%, sendo adicionado hidróxido de sódio a 0,1 N até a mudança de cor.

3.4.4 Determinação do teor de amido

Quinze dias antes da poda do ciclo produtivo seguinte foi realizada a coleta de 6 ramos por parcela, totalizando 36 ramos por tratamento, para determinação do teor de amido. Este

parâmetro está diretamente relacionado tanto ao potencial fotossintético das folhas quanto ao tempo que as mesmas terão para direcionar os açúcares para armazenamento durante a senescência, ou seja, quanto mais íntegra estiver a célula, maior potencial de reserva (amido) para a próxima produção. As análises do teor de amido foram baseadas na metodologia proposta pela AOAC (1992) no qual para determinação do teor foi realizada a coleta do material submetendo-o ao processo de secagem visando manter o material em estufa com circulação de forçado a 60° até estabilização do peso, posteriormente o material desidratado passou por um moinho para trituração logo em seguida pesou-se do total triturado apenas 1 (uma) grama, após isso passou por centrifugação onde a amostra pesada (1 grama) foi colocada em tubo falcon de volume total equivalente a 50 mL. O recipiente foi preenchido com água destilada até volume de 40 mL. O tubo foi levado a centrifuga por 10 minutos em uma rotação de 3000 rpm. Após esse período, foi retirado o tubo da centrífuga e eliminado o sobrenadante. Feito isso, foi preenchido novamente o tubo falcon até o volume de 40 mL com água destilada e levado a centrifuga nas mesmas condições anteriores e assim realizando o processo em um total de 4 vezes. Após isso foram aplicados os seguintes processos: Fervura no qual a amostra foi levada ao balão volumétrico (250 mL) e adicionada em 60 mL de água destilada e 5 mL de ácido clorídrico. A solução então foi para a bateria de extração (Refluxo) ficando em fervura por 2 horas; Resfriamento: Após o período acima indicado, retirou-se a amostra da bateria de extração e esperou o esfriamento do material; Neutralização: utilizou-se uma solução de carbonato de sódio (20%) para neutralização do ácido contido na amostra; Filtragem: ao ocorrer à neutralização, foi filtrada a solução, com auxílio de papel filtro e posteriormente completada a solução filtrada com água destilada até o volume de 100 mL; Dessa solução total de 100 mL, foram coletados 0,5 mL e coloca-se tal volume em um tubo de ensaio. No tubo, adicionado 1 mL do reagente DNS e 1 mL de água destilada, formando uma solução de 2,5 mL; A solução foi para banho de fervura por 5 minutos, e após esse período a amostra foi deixada para resfriar. Ao fim realizou-se a leitura em meio ao resfriamento da amostra, foram completadas com um volume de 7,5 mL de água destilada, tornando-se então uma solução de 10 mL e mediante a essa solução, se deu a leitura no espectrofotômetro em 540 nm. O valor da absorbância indicado foi utilizado para determinação do teor de amido.

3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A elaboração estatística dos dados referentes ao teor de amido no ramo, bem como, ao teor de sólidos solúveis e a acidez titulável foram realizadas utilizando o pacote estatístico

AgroEstat para Windows. Os dados foram processados usando análise de variância (ANOVA). Diferenças entre as médias foram comparadas pelo teste Tukey na probabilidade de 0,05.

Já em relação aos dados de condutividade elétrica, teores de clorofilas e carotenoides, que não apresentaram distribuição normal, realizou-se a estatística através do software PAST (Paleontological Statistics), programa para análise de dados científicos, como a análise de componentes principais (ACP).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

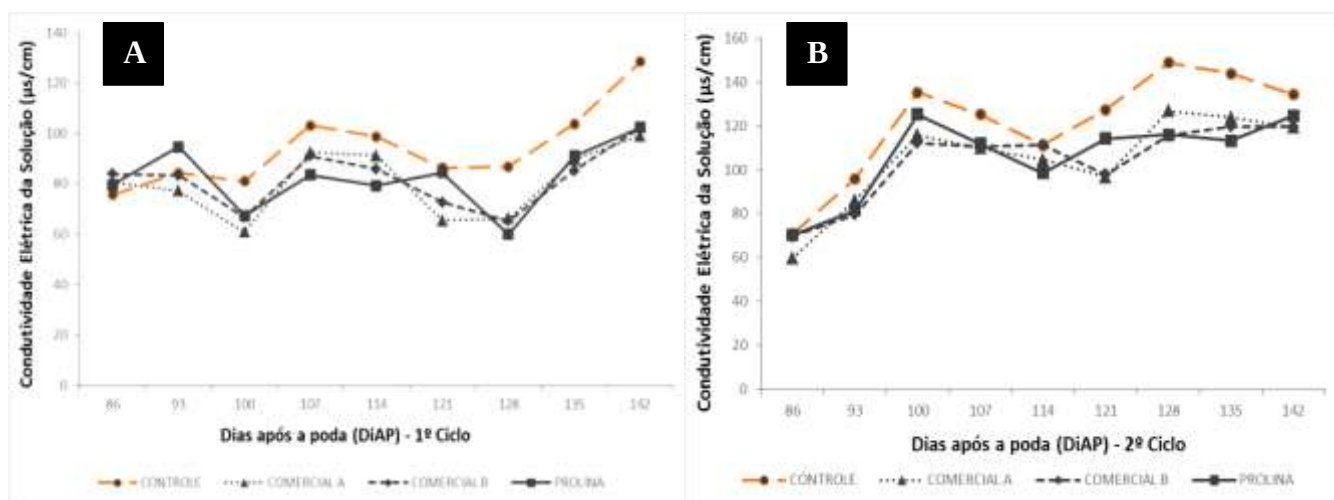
4.1 EXTRAVASAMENTO DE ELETRÓLITOS (EE)

Os resultados obtidos no presente estudo mostram influência positiva da Prolina em diferentes fontes na manutenção da estrutura das membranas de videira. Com isso os níveis de extravasamento de eletrólitos da membrana celular e os valores médios da condutividade elétrica (Figura 4 A e B) apresentam-se maiores no tratamento controle, sugerindo a este menor conservação da membrana celular quando comparado aos demais tratamentos, onde a prolina está presente.

O acúmulo de prolina pode também ser interpretada como sintoma de caráter danoso na planta pelo estresse (HASEGAWA *et al.* 1986; DAS *et al.*, 1990). A acumulação de prolina não é um indicador de resistência e sim um indicador de tolerância adquirida.

Em estudo avaliando videira cultivada *in vitro*, Odzen *et al.* (2009) sugerem que a prolina pode desempenhar papel importante no dano por estresse oxidativo de folhas. A prolina pode ter um efeito positivo direto no sistema enzimático antioxidante, concentrações de malondialdeído (MDA) e porcentagem de vazamento de eletrólitos (EL). Os autores também observaram em seus resultados efeitos similares ao do presente estudo, no qual o maior EL foi observado em condições de estresse oxidativo sem aplicação de prolina. Afirmando que a aplicação de prolina exógena reduziu significativamente o vazamento de eletrólitos.

Figura 4. A) Conteúdo de eletrólitos da solução contendo discos foliares de videira ‘Arra 15’ com base na condutividade elétrica, no primeiro ciclo produtivo de Julho a Dezembro 2019, determinado durante nove semanas. **B)** Conteúdo de eletrólitos da solução contendo discos foliares de videira ‘Arra 15’ com base na condutividade elétrica, no segundo ciclo produtivo de Dezembro de 2019 a Junho de 2020, determinada durante nove semanas (Petroлина, 2020).



Fonte: Galvão (2020).

Destaca-se que em ambos os ciclos de produção a adição de Prolina nas fontes Comercial A, B e L-prolina nessas plantas reduziram significativamente o extravasamento de eletrólitos.

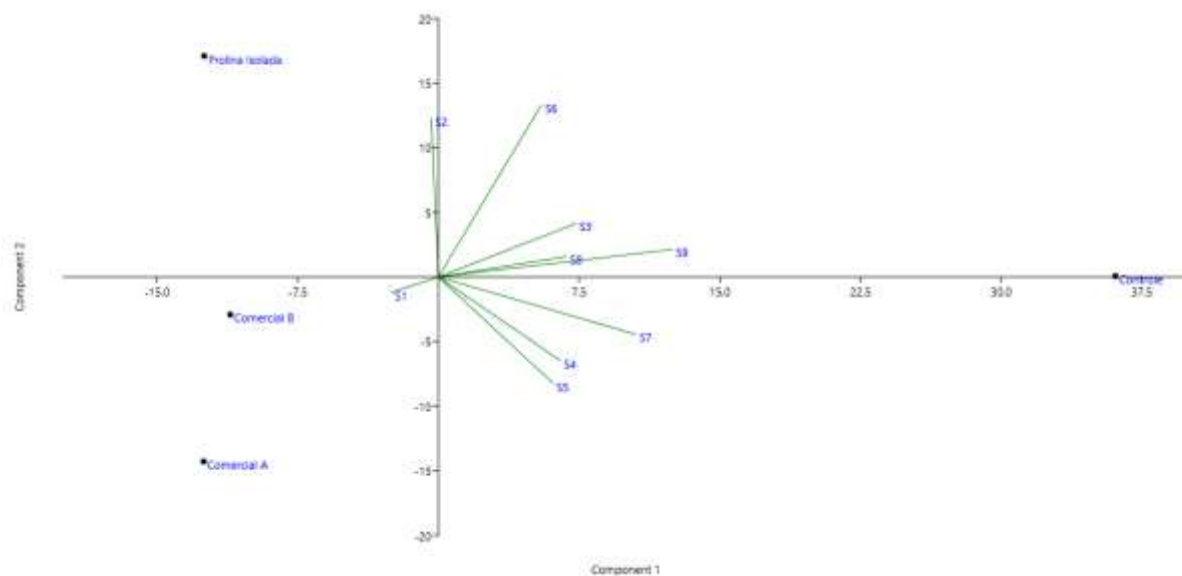
Para tal afirmativa, pode ser explicada com o proposto por Zheng *et al.* (2015) no qual os autores destacam que a aplicação exógena de prolina fornece proteção contra o estresse oxidativo, assim, reduzindo a concentração das espécies reativas de oxigênio, a peroxidação lipídica e, conseqüentemente, mantendo a integridade da membrana celular.

Estudo com *Olea europea* L. cv. Chemlali, Zouari *et al.* (2016) expõem que o suprimento exógeno de prolina contribuiu para a redução do estresse oxidativo desta espécie quando submetida à alta concentração de Cádmio. Essa redução se deve ao aumento da atividade das enzimas antioxidantes como a superóxido dismutase, catalase e ascorbato peroxidase.

Esse aumento na atividade da superóxido dismutase, catalase e ascorbato peroxidase também foi constatado por Aggarwal *et al.* (2011) após utilização de prolina exógena em *Phaseolus vulgaris* L. exposto a maiores concentrações de selênio, o que permitiu maior controle do estresse oxidativo, propiciando redução significativa do dano à membrana celular, sugerindo que a principal forma de controle das espécies reativas de oxigênio (ERO) é através da aplicação de prolina.

Visando respaldar as informações dispostas pelas figuras 4 A e B, foram expostas através das análises de componentes principais (Figuras 5 e 6), a forte correlação positiva do tratamento controle para com a componente principal 1 (CP1), a qual explica a máxima variação dos dados, durante as nove semanas de avaliação, indicando que a ausência de uma fonte de prolina resultou de forma expressiva em valores crescentes de condutividade.

Figura 5. Correlação da variação dos dados de condutividade elétrica ao longo das nove semanas dos tratamentos, no primeiro ciclo produtivo de Julho a Dezembro 2019, através da análise das componentes principais (ACP), que juntas explicam 98,2% da variação dos dados. (Petrolina, 2020).



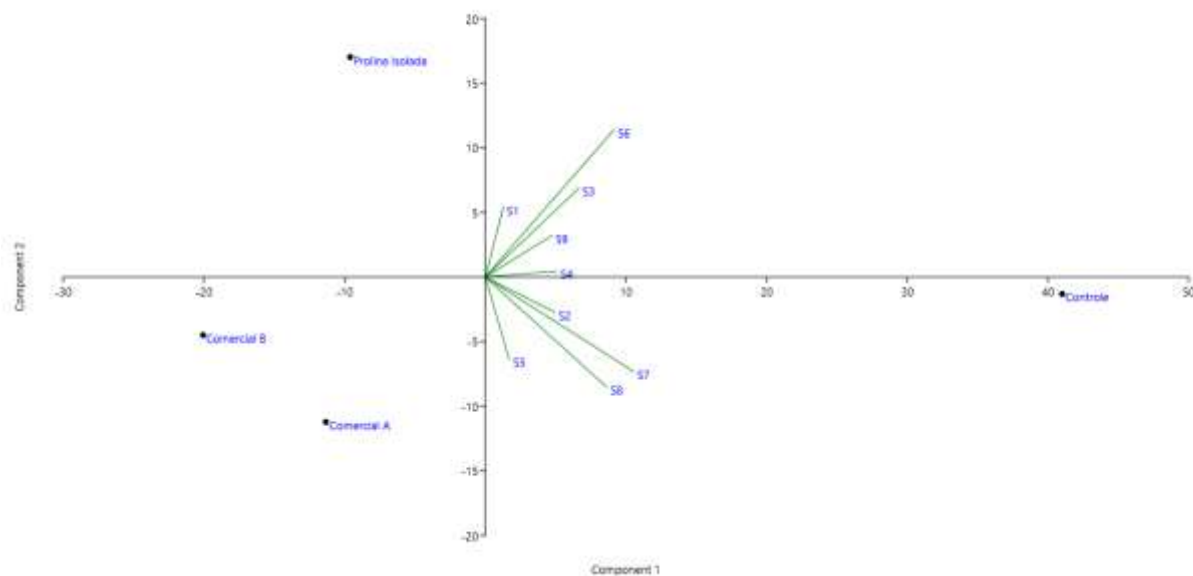
Fonte: Galvão (2020).

Mediante a variação dos dados de condutividade elétrica no segundo ciclo (figura 6) é possível afirmar que há um padrão similar com o do primeiro ciclo, onde existe apenas diferença de 2,6 % de expressividade de um ciclo para outro, porém não eximindo o sucesso dos tratamentos com prolina quando comparados ao tratamento controle, enfatizando o potencial do aminoácido em viabilizar respostas quanto ao extravasamento de eletrólitos.

Para autores como Medeiros (2010) a prolina, quando em condições de estresse, pode ser uma chave de sinalização capaz de ativar múltiplas respostas que fazem parte do processo de adaptação, no sentido de melhorar as plantas em suas funções osmotolerantes.

Com isso é possível perceber o nível de estresse oxidativo que o clima da região proporciona e que a utilização deste aminoácido pode contribuir para a manutenção de boas produções.

Figura 6. Correlação da variação dos dados de condutividade elétrica ao longo das nove semanas com os tratamentos, no segundo ciclo produtivo de Dezembro de 2019 a Junho de 2020, através da análise das componentes principais (ACP), que juntas explicam 95,6% da variação dos dados. **(Petrolina, 2020).**



Fonte: Galvão (2020).

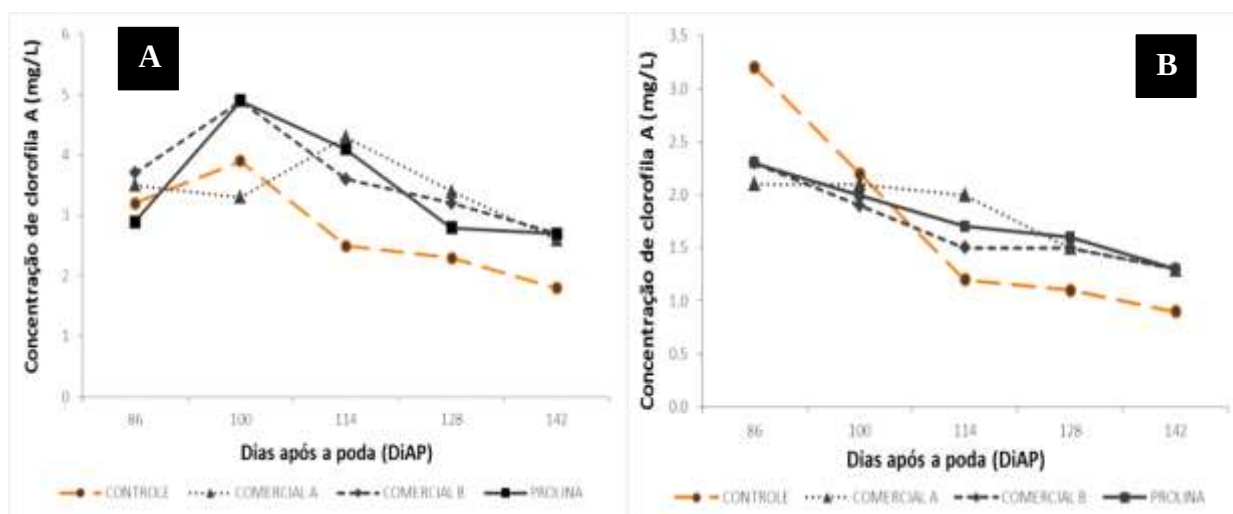
Outro parâmetro a ser destacado é com relação à aplicação da prolina, sendo necessário padronizar as concentrações a serem aplicadas na cultura, mesmo com diferentes fontes, de modo que não acarretem em danos para a produção. Em seus estudos, Hayat *et al.* (2012) descrevem que é existente uma maior tolerância ao estresse quando a prolina é fornecida exogenamente em baixas concentrações. No entanto, podem existir efeitos tóxicos da prolina quando fornecida exogenamente em concentrações mais altas.

4.2 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CLOROFILAS E CAROTENOIDES

4.2.1 Clorofilas a e b

Ao mesmo tempo em que o tratamento controle propicia aumento nos valores referentes ao extravasamento de eletrólitos da membrana celular, este também apresenta queda mais severa na concentração da clorofila a em ambos os ciclos produtivos (Figuras 7 A e B) quando comparados com as diferentes fontes de prolina, indicando, mais uma vez, o maior comprometimento do conteúdo citoplasmático na ausência deste soluto.

Figura 7. Teores de clorofila *a* (mg.L^{-1}) em videira ‘Arra 15’, no primeiro ciclo produtivo de Julho a Dezembro 2019, determinada em cinco ocasiões durante as nove semanas de tratamento com prolina. B) Teores de clorofila *a* (mg.L^{-1}) em videira ‘Arra 15’, no segundo ciclo produtivo de Dezembro de 2019 a Junho de 2020, determinada em cinco ocasiões durante as nove semanas de tratamento com prolina. (Petrolina, 2020).

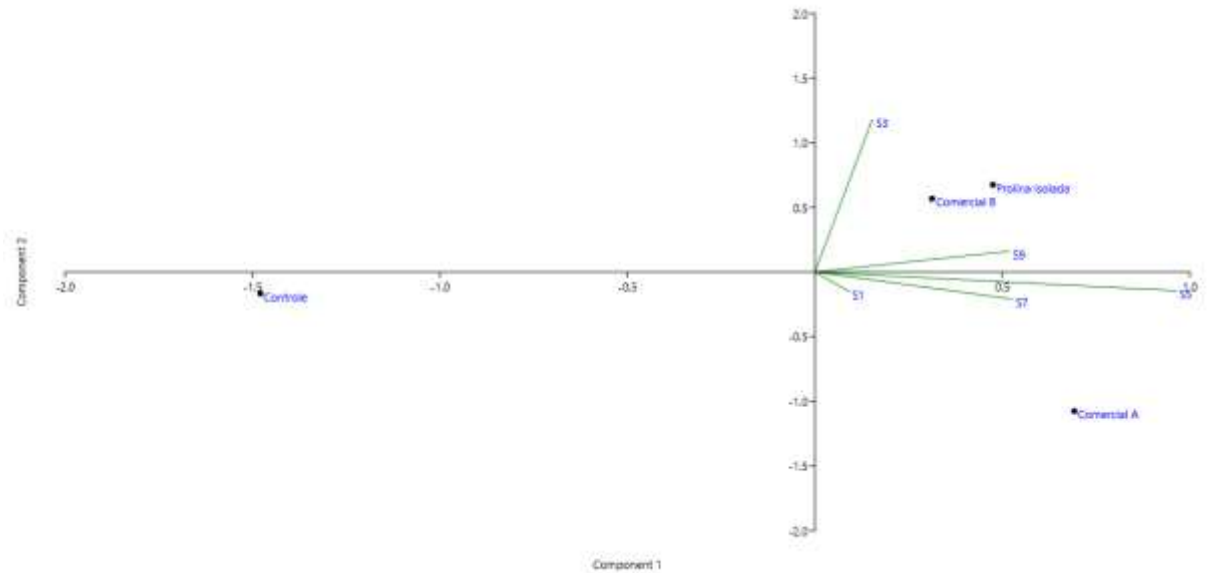


Fonte: Galvão (2020).

De acordo com Kaushal *et al.* (2011), avaliando plantas de grãos de bico com a aplicação exógena de prolina, destacam que esta protege o conteúdo de clorofila e algumas enzimas vitais associadas à redução do carbono, como a enzima ribulose 1, 5-bifosfato carboxilase/oxigenase (Rubisco) e sacarose fosfato sintase.

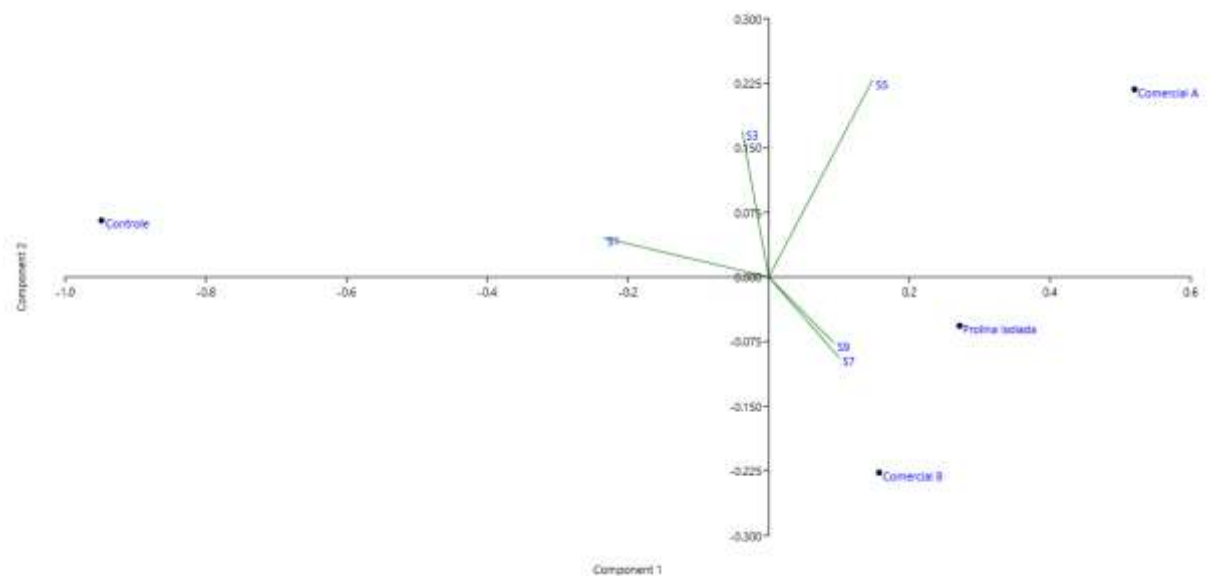
Essas baixas concentrações da clorofila *a* no tratamento controle são, em ambos os ciclos, significativas, de acordo com a análise das componentes principais (Figuras 8 e 9). Tal tratamento apresenta forte e negativa ligação com o CP1 que é o componente que justifica 54,7% da variação dos dados, de um total de 90,6% no primeiro ciclo e 91,5% de um total de 99,1% no segundo ciclo, representadas através dos dois componentes principais (CP1 e CP2). Este fato implica também nas fontes de prolina, definindo-as como primordiais para a melhor conservação deste pigmento fotossintético.

Figura 8. Correlação da variação de dados de clorofila *a* para com os tratamentos nas cinco ocasiões avaliadas, no primeiro ciclo produtivo de Julho a Dezembro 2019, através da análise das componentes principais (ACP), que juntas explicam 90,6% da variação dos dados. (Petroлина, 2020).



Fonte: Galvão (2020).

Figura 9. Correlação da variação dos dados de clorofila *a* para com os tratamentos nas cinco ocasiões avaliadas, no segundo ciclo produtivo de Dezembro de 2019 a Junho de 2020, através da análise das componentes principais (ACP), que juntas explicam 99,1% da variação dos dados. (Petroлина, 2020).

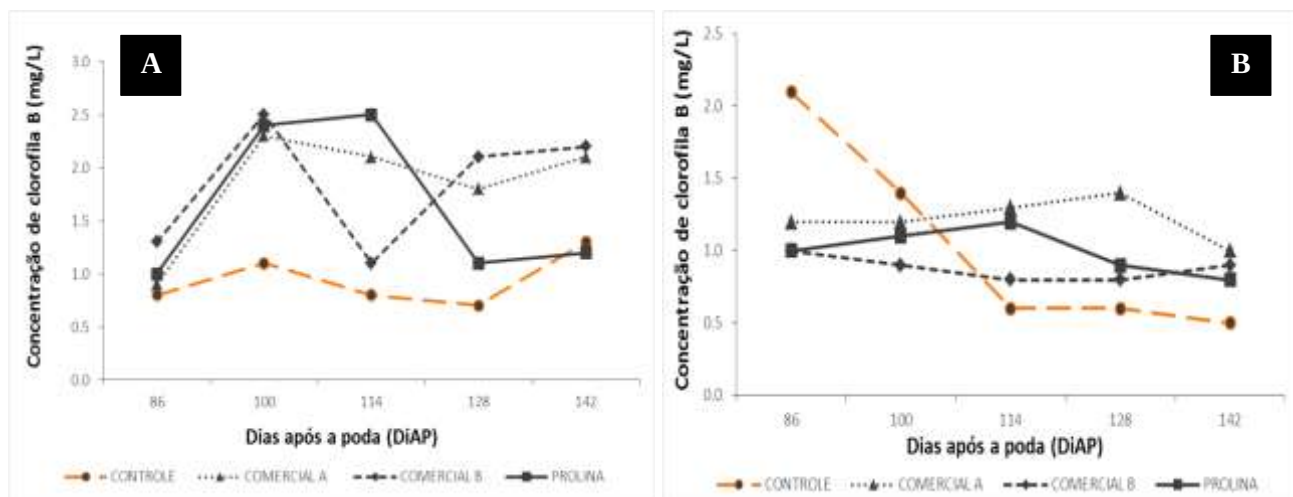


Fonte: Galvão (2020).

Da mesma forma que na clorofila *a*, o tratamento controle apresenta também baixa concentração de clorofila *b* (Figuras 10 A e B), ao longo das semanas, quando comparado aos

tratamentos que apresentam prolina em sua composição, demonstrando inclusive drástica queda no segundo ciclo produtivo.

Figura 10. A) Teores de clorofila *b* (mg.L⁻¹) em videira ‘Arra 15’, no primeiro ciclo produtivo de Julho a Dezembro 2019, determinada em cinco ocasiões durante as nove semanas de tratamento com prolina. B) Teores de clorofila *b* (mg.L⁻¹) em videira ‘Arra 15’, no segundo ciclo produtivo de Dezembro de 2019 a Junho de 2020, determinada em cinco ocasiões durante as nove semanas de tratamento com prolina. (Petrolina, 2020).



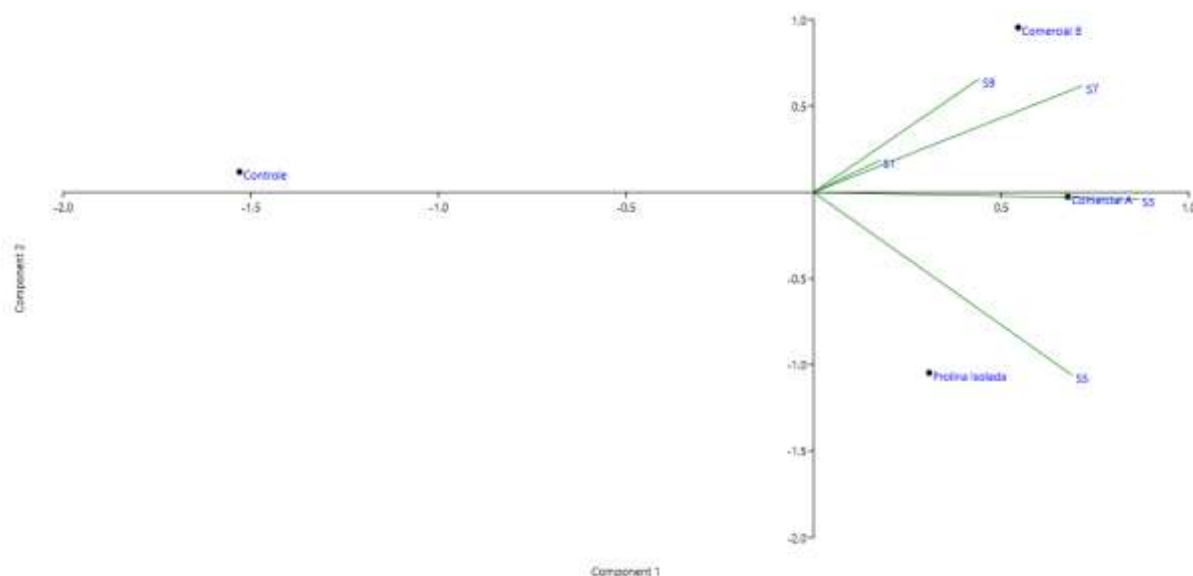
Fonte: Galvão (2020).

Esta manutenção de valores mais elevados nas fontes de prolina mostram-se significativos, principalmente, quando verifica-se que o tratamento controle apresenta ligação forte e negativa com a CP1, a qual explica 58,8% da variação dos dados de um total de 96% no primeiro ciclo e 76,4% de um total de 96,4% no segundo ciclo (Figuras 11 e 12), sugerindo que a ausência de prolina desencadeia perda severa dos pigmentos fotossintéticos, o qual pode contribuir com a senescência foliar mais acelerada e, conseqüentemente, com uma falha mais severa no armazenamento de carboidratos.

A perda desses pigmentos no tratamento controle (sem a prolina) se dá pela falta do aminoácido como protagonista protetivo, de acordo com Hare; Cress, (1997) a síntese do aminoácido, possibilita manter a razão NADP⁺/NADPH mais estável, sendo meio de auxílio na restauração do aceptor final da cadeia transportadora de elétrons. Conseqüentemente, a síntese de prolina pode desencadear proteção contra a fotoinibição sob condições adversas, já que no estresse, em muitos casos, há inibição da fotofosforilação.

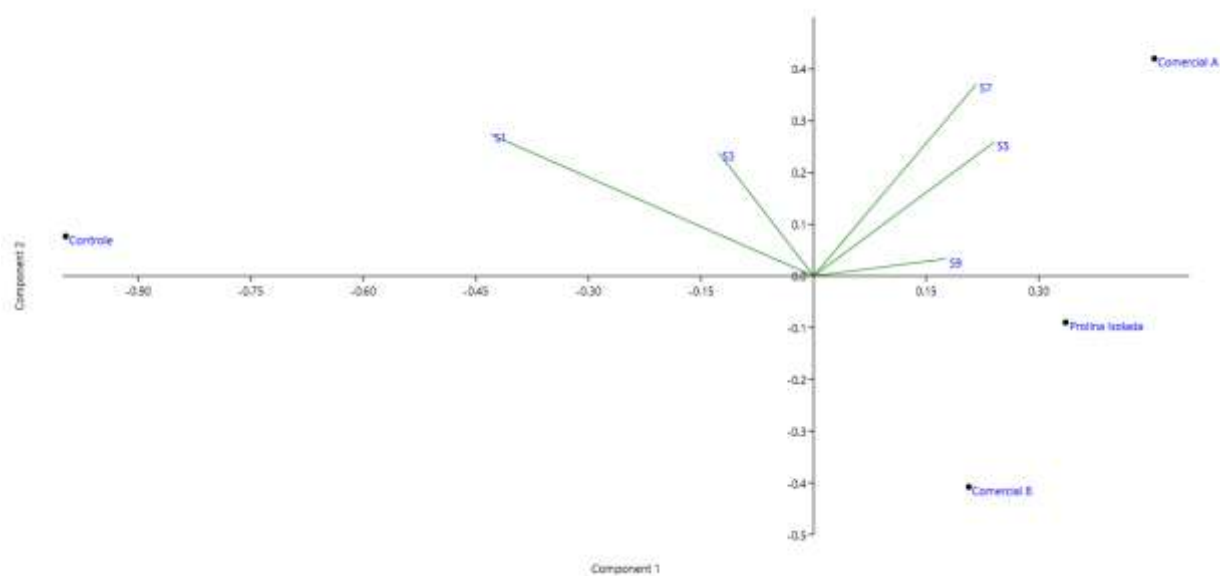
Com o suposto que ausência da prolina seja existentes perdas de pigmentos, essas possam estar relacionadas com o proposto por Tabot; Adams, (2013), de que este fator seja uma reposta de aclimação à atuação dos agentes estressantes, que pode ser aderida por parte dos vegetais, na busca de conservar energia e, conseqüentemente, captar menos energia luminosa.

Figura 11. Correlação da variação dos dados de clorofila *b* com os tratamentos nas cinco ocasiões avaliadas, no primeiro ciclo produtivo de Julho a Dezembro 2019, através da análise de componentes principais (ACP), que juntas explicam 96,0% da variação dos dados. (Petroлина, 2020).



Fonte: Galvão (2020).

Figura 12. Correlação da variação dos dados de clorofila *b* com os tratamentos nas cinco ocasiões avaliadas, no segundo ciclo produtivo de Dezembro de 2019 a Junho de 2020, através da análise de componentes principais (ACP), que juntas explicam 96,4% da variação dos dados. (Petroлина, 2020).



Fonte: Galvão (2020).

Apesar dos valores decrescentes no parâmetro de análise dos componentes de Clorofilas a e b, é possível observar queda menos acentuada dos demais tratamentos em comparação ao controle. Assim, podendo mostrar a possibilidade da cultura, pelas fontes de prolina, apresentar a conservação foliar.

Mediante as pesquisas de Ben Ahmed *et al.* (2010) avaliando oliveiras, foi destacado que a prolina exógena induziu aumento nos pigmentos fotossintéticos e sugeriu que isso pode ter aumentado a fotossíntese.

O fator descrito no estudo anterior pode ter uma explicação provável devido a prolina estar envolvida na proteção das estruturas das células e cloroplastos (MOUSTAKAS *et al.* 2011).

Porém, nos resultados do presente estudo não houve aumento, mas sim queda no teor dos pigmentos. No entanto, o tratamento controle apresentou queda mais acentuada quando comparado com os demais tratamentos, podendo-se assim, propor que na presença de prolina ocorre retardamento na perda dos pigmentos fotossintéticos.

Associando isto à inibição da degradação das clorofilas, os maiores teores destes pigmentos podem também ser resultado da redução eficaz das espécies reativas de oxigênio, como constatado após aplicação exógena de prolina em amêndoas expostas ao peróxido de hidrogênio (SORKHEH *et al.* 2012), onde estas moléculas, como já foram expostas, podem ocasionar possivelmente a morte celular, sendo a manutenção das clorofilas, reflexo da própria conservação das células.

Esta manutenção de concentrações superiores de ambas as clorofilas nos tratamentos contendo prolina, em relação ao controle, após as aplicações de prolina, são condizentes ao apresentado por Abdelhamid *et al.* (2013), os quais destacaram que após aplicações exógenas de prolina em plantas de *Phaseolus vulgaris* L., expostas ao estresse salino, foram obtidas maiores concentrações de clorofila em relação ao controle. Os mesmos autores atribuíram este fato há duas possibilidades, estímulo da biossíntese de clorofila ou inibição de sua degradação. Em relação à biossíntese, a prolina exógena pode ter proporcionado o aumento da produção de ácido aminolevulínico (ALA), que atua como precursor da síntese de protoclorofilida, a qual reage com a luz para formar clorofila, proporcionando a renovação destas moléculas, permitindo maiores valores quando comparado ao controle (RASHEED *et al.* 2014).

Um ponto, apontado por Szabados; Savouré, (2010) é que com a utilização do aminoácido os danos podem ser reduzidos pela elevada taxa de biossíntese de L-prolina nos cloroplastos, que mantém baixa a relação NADPH: NADP⁺ e contribuindo para a manutenção do fluxo de elétrons, estabilizando o balanço redox e reduzindo o dano do aparato fotossintético.

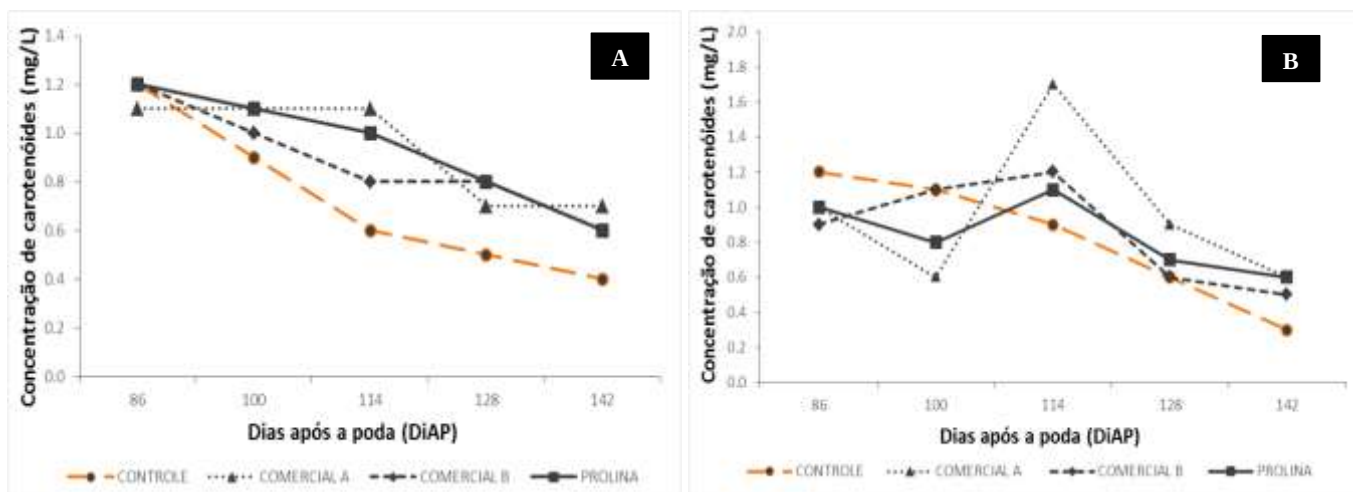
No entanto, para Altuntas (2020), não há evidências suficientes que expliquem os efeitos da suplementação de prolina nas atividades de algumas enzimas-chave relacionadas à redução de carbono e ao metabolismo da clorofila e suas expressões gênicas. A depender da cultura, as mudanças nas respostas fotossintéticas de genótipos de plantas, com diferentes conteúdos de prolina, não são suficientemente conhecidas.

Foi perceptível ainda, a falta de literaturas específicas sobre o aminoácido e a cultura, discutindo de forma detalhada as ações da prolina na redução do estresse, que é o caso do presente trabalho.

4.2.2 Carotenoides

Quando se trata dos carotenoides, o tratamento controle também apresenta queda gradativa da concentração destas moléculas, contudo, com valores semelhantes aos apresentados nos tratamentos contendo prolina, que também se apresentam em queda (Figuras 13 A e B), principalmente, no primeiro ciclo produtivo.

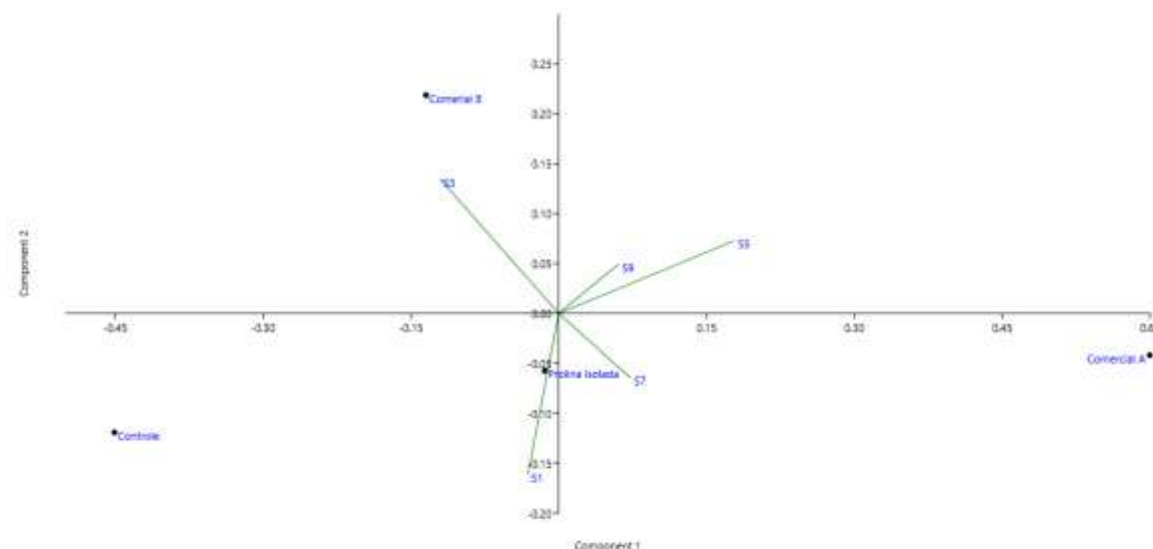
Figura 13. A) Teores de carotenoides (mg.L^{-1}) em videira ‘Arra 15’, no primeiro ciclo produtivo de Julho a Dezembro 2019, determinada em cinco ocasiões durante as nove semanas de tratamento com prolina. B) Teores de carotenoides (mg.L^{-1}) em videira ‘Arra 15’, no segundo ciclo produtivo de Dezembro de 2019 a Junho de 2020, determinada em cinco ocasiões durante as nove semanas de tratamento com prolina (Petrolina, 2020).



Fonte: Galvão (2020).

Apesar destes fatos, na análise dos componentes principais do primeiro ciclo, bem como no segundo (Figuras 14 e 15), torna-se bastante evidente que a presença da prolina contribui para a preservação do conteúdo de carotenoides. Em ambos os ciclos, ao menos uma das fontes deste soluto encontra-se em correlação positiva com a CP1, que explica aproximadamente 84,0% da variação dos dados em ambas as análises, com destaque para o segundo ciclo, onde a prolina isolada apresenta correlação positiva mais forte que as demais fontes, demonstrando com isso ainda mais a importância da molécula.

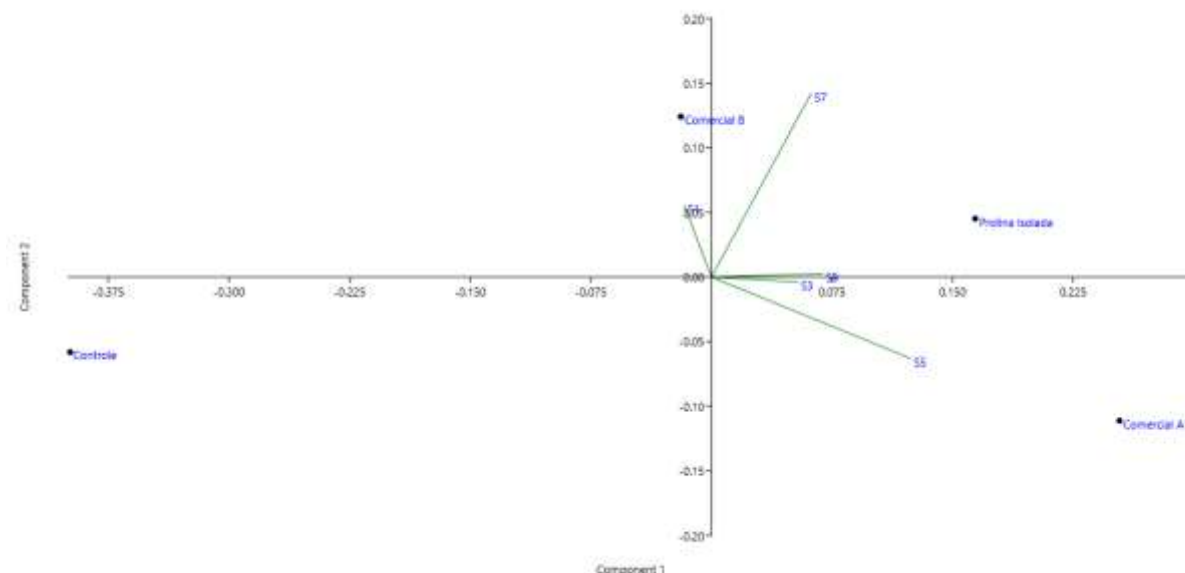
Figura 14. . Correlação da variação dos dados de carotenoides com os tratamentos nas cinco ocasiões avaliadas, no primeiro ciclo produtivo de Julho a Dezembro 2019, através da análise das componentes principais (ACP), que juntas explicam 93,2% da variação dos dados (Petrolina, 2020).



Fonte: Galvão (2020).

Em comparação ao primeiro ciclo produtivo apresentado, é possível correlacionar estes resultados aos apresentados por Rasheed *et al.* (2014), no qual os autores apontam que a aplicação exógena de prolina em cultivares de trigo, expostas ao estresse por cádmio, não resultou em alteração dos teores de carotenoides. Contudo, Abdelhamid *et al.* (2013) demonstram que o conteúdo de carotenoides nas folhas de feijoeiro aumentaram após a aplicação exógena de prolina, o que vai de acordo com os valores do segundo ciclo produtivo que foram superiores ao controle. Mediante a aplicação exógena de prolina foi observado também por Rady *et al.* (2016) incremento na concentração de carotenoides em variedades de *Lupinus termis* L. (tremoço) sob estresse salino. Estas afirmações se mostram condizentes com o fato dos teores de carotenoides apresentarem mais correlação com as fontes de prolina, apesar desta correlação não ser tão forte quanto às apresentadas pelas clorofilas.

Figura 15. Correlação da variação dos dados de carotenoides com os tratamentos nas cinco ocasiões avaliadas, no segundo ciclo produtivo de Dezembro de 2019 a Junho de 2020, através da análise das componentes principais (ACP), que juntas explicam 97,8% da variação dos dados. (Petrolina, 2020).



Fonte: Galvão (2020).

A justificativa dos teores de carotenoides terem apresentado efeito similar à clorofila, pode ser discutida através da afirmativa de Lima (2004) de que estes são pigmentos acessórios na absorção e transferência de energia radiante e protetores da clorofila no tocante à foto-oxidação e, que possivelmente, a degradação ou inibição da síntese de carotenoides implica na degradação das clorofilas nas folhas. Em complemento, de acordo com Foyer e Harbinson (1994), os carotenoides estão envolvidos na proteção do aparelho fotossintético em condições de fotoinibição.

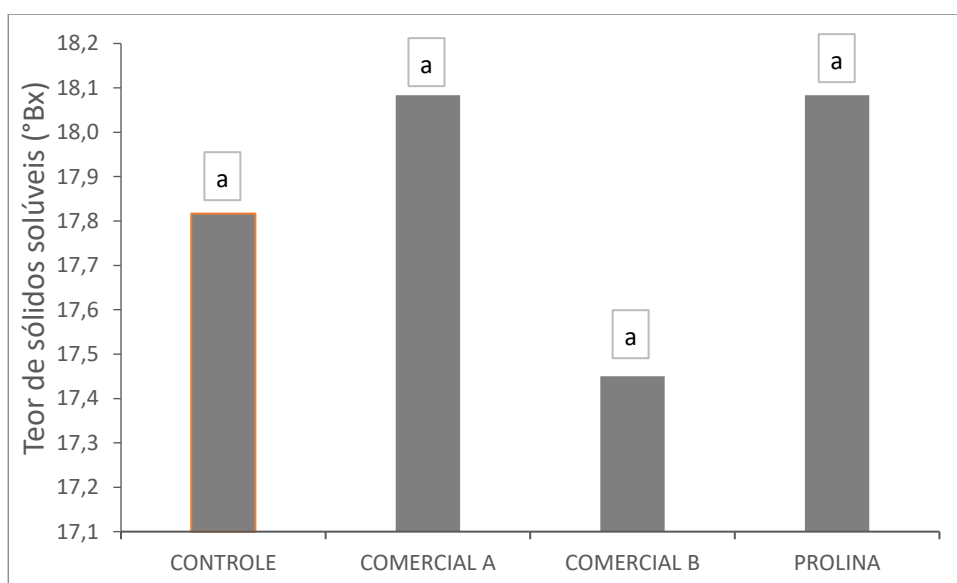
4.3 DETERMINAÇÃO DOS TEORES DE SÓLIDOS SOLÚVEIS (SS) E ACIDEZ TITULÁVEL (AT)

Na maturação, determinada pelos valores de °brix (Figuras 16 e 17) e acidez titulável (Figuras 18 e 19), não ocorreu diferença estatística em nenhum dos ciclos, sugerindo que nas condições deste experimento, a prolina atua na conservação das células, mantendo a translocação de solutos para os órgãos de armazenamento durante a senescência, não influenciando na maturação do fruto.

De acordo com Cruz *et al.* (2017) o teor mínimo de sólidos solúveis para a colheita é variável com a cultivar. Na região do vale do São Francisco, a uva ‘Arra 15®’ tem sido colhida quando atinge no mínimo 16°Brix. Pelas normas internacionais de comercialização de uvas de mesa, o teor mínimo de sólidos solúveis requeridos é de 14°Brix.

É visto que o teor de sólidos solúveis no primeiro ciclo mediante a aplicação do produto comercial A e L-prolina P.A., se mostraram maiores numericamente, sobrepondo os valores expressos pelo controle. Na utilização das fontes de prolina citadas (comercial A e L- prolina P.A.) foi observado que os teores mostram-se compatíveis tanto para a comercialização local da região do vale, quanto para comercialização internacional.

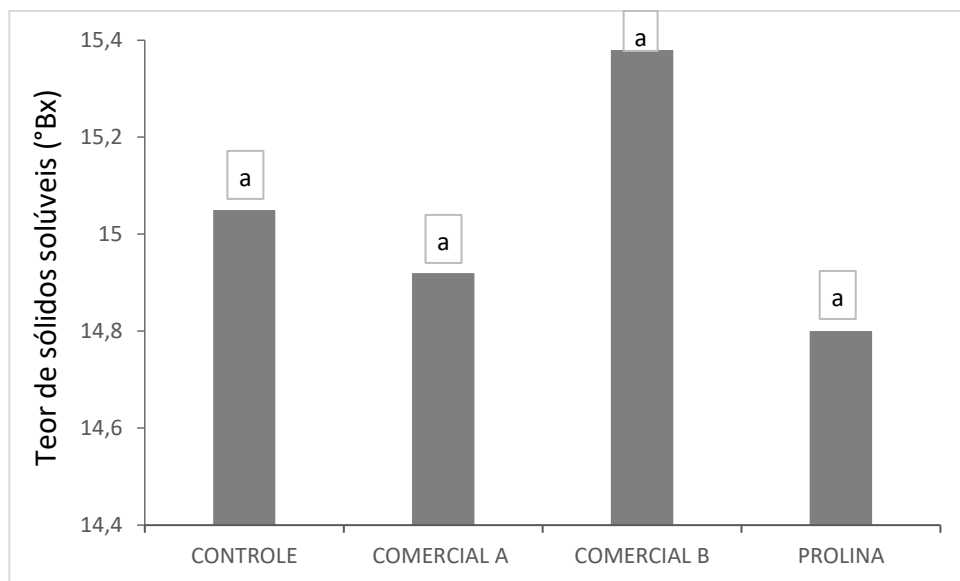
Figura 16. Teor de sólidos solúveis (°Brix) na videira ‘Arra 15’ após tratamento com prolina no primeiro ciclo produtivo de Julho a Dezembro 2019 (Petrolina, 2020).



Fonte: Galvão (2020).

No segundo ciclo, apenas a fonte de prolina comercial B apresentou aumento dos teores de °Brix, acima do referido pela literatura de Cruz *et al.* (2017), sendo que os mesmos métodos e manejo foram utilizados nos dois ciclos. Porém, houve variação quanto à precipitação, fator este que não foi possível controlar. Assim, surgiu o questionamento da possibilidade de aplicação da fonte de prolina do comercial B em períodos de maior precipitação pluviométrica e se há existência dessa correlação. Para tanto, novos estudos que visem avaliar esta relação são necessários.

Figura 17. Teor de sólidos solúveis (°Brix) na videira ‘Arra 15’ após tratamento com prolina no segundo ciclo produtivo de Dezembro 2019 a Junho de 2020 (Petroлина, 2020).



Fonte: Galvão (2020).

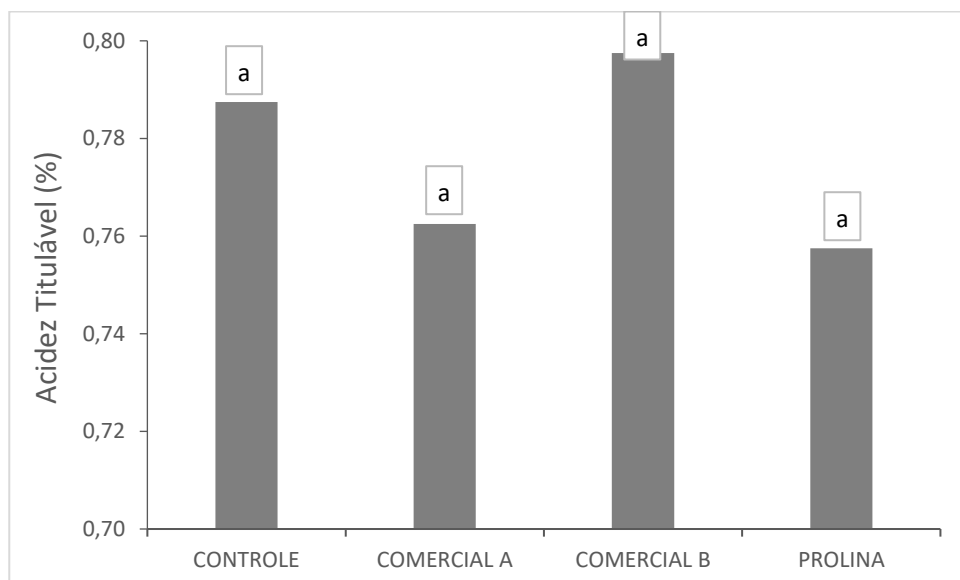
Em se tratando do teor de acidez titulável foi apontado por De Albuquerque e Dantas (2010), ao realizarem aplicações foliares de um composto com 20 aminoácidos, entre eles a L-prolina, em videiras, a contestação que mediante a utilização dos aminoácidos pode ocorrer redução na acidez titulável dos frutos. No primeiro ciclo deste trabalho, este fato ocorreu entre o produto comercial A e a fonte de L-prolina P.A. quando comparados ao controle. Já no segundo ciclo, essa queda também ocorreu, mas com o produto comercial B, além da L-prolina P.A.

A diferença apresentada entre os dois produtos é nítida em função dos ciclos, no entanto a questão da disponibilidade hídrica pode ser um fator considerado de interferência, pois a precipitação é a única relação distinta quando se refere às condições aplicadas durante a experimentação. Assim seria possível propor que a disponibilidade hídrica sem aplicação ou indução de estresses seja capaz de influenciar a utilização dos produtos comerciais ou até mesmo o uso da prolina isolada afetando sua eficiência. Por ora de acordo com Rhein *et al.* (2011) a prolina tem o papel de agente de proteção contra a deficiência de água, uma vez que esse aminoácido atua como promotor da redução do potencial hídrico dos tecidos, retraindo a água e mantendo a integridade. Com isso pode-se supor que a disponibilidade de água afeta este papel e o comportamento, porém mesmo diante este cenário o aminoácido se mostra como atuante.

Para autores como Anjum *et al.* (2016); Siddiqui *et al.* (2015) geralmente com o estresse, o teor de prolina é alterado podendo aumentar à medida que se prolonga o déficit hídrico. No

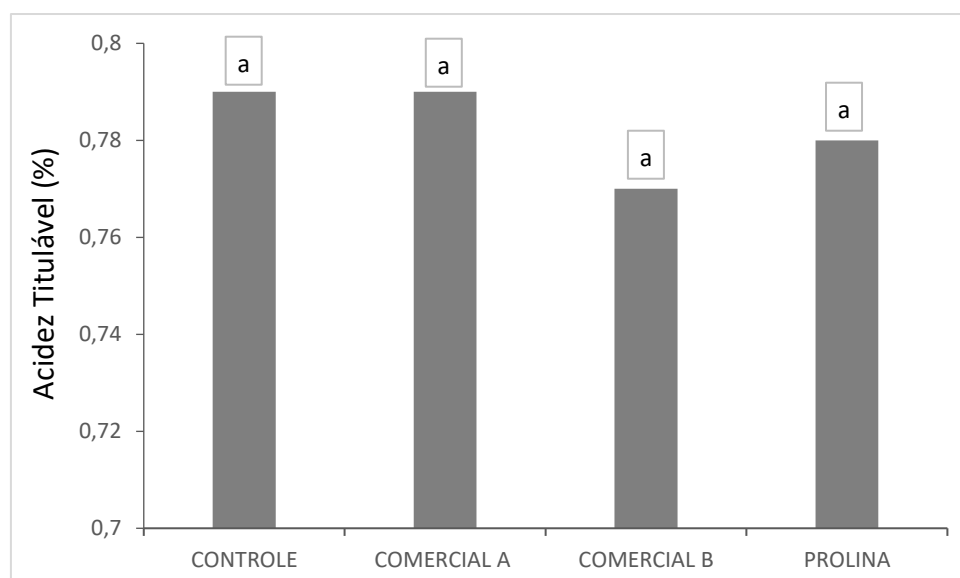
presente estudo alguns teores podem ter sido afetados no segundo ciclo devido justamente de existir maior disponibilidade de água principalmente no segundo ciclo.

Figura 18. Teor de acidez titulável (%) na videira ‘Arra 15’ após tratamento com prolina no primeiro ciclo produtivo de Julho a Dezembro 2019 (**Petrolina, 2020**).



Fonte: Galvão (2020).

Figura 19. Teor de acidez titulável (%) na videira ‘Arra 15’ após tratamento com prolina no segundo ciclo produtivo de Dezembro de 2019 a Junho de 2020 (**Petrolina, 2020**).

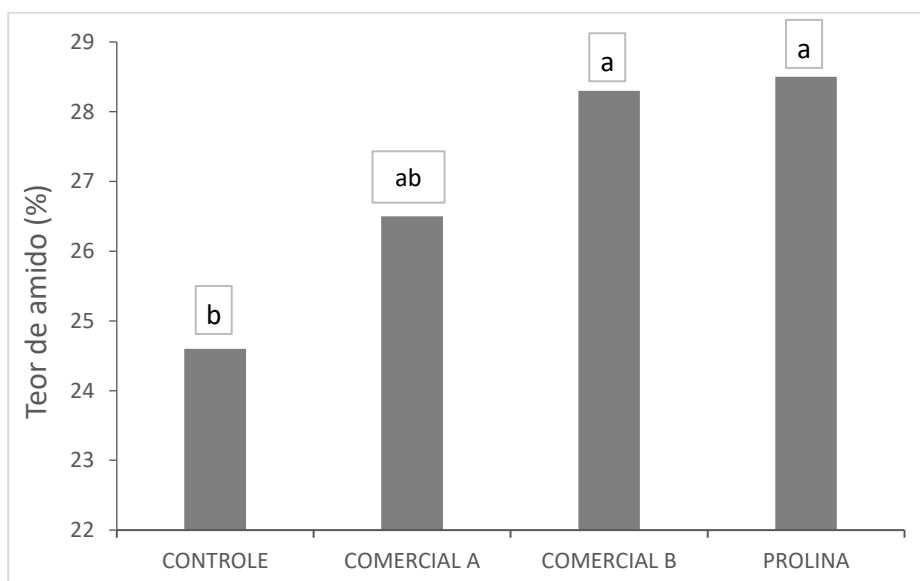


Fonte: Galvão (2020).

4.4 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE AMIDO

A respeito das análises de amido foi constatada diferença estatística no primeiro ciclo produtivo (Figura 20), onde é possível visualizar que o produto Comercial B e a L-prolina pura apresentaram melhor eficiência quanto ao teor de amido; entretanto, todas as fontes se sobressaem em relação ao controle.

Figura 20. Teor de amido (%) na videira ‘Arra 15’ após tratamento com prolina no primeiro ciclo produtivo de Julho a Dezembro 2019 (Petroлина, 2020).



Fonte: Galvão (2020).

Com a diferença apresentada no primeiro ciclo é possível teorizar a possibilidade da ocorrência de mobilização dos açúcares, o que seria consoante com o proposto por Juvany *et al.* (2012). Os açúcares são mobilizados das folhas para os órgãos de armazenamento (como os ramos), principalmente durante a fase de senescência foliar, algo que também foi verificado por Pellegrino *et al.* (2014), que afirmam também que o acúmulo destes açúcares na forma de amido, nestes tecidos lenhosos da videira se inicia já na fase de maturação.

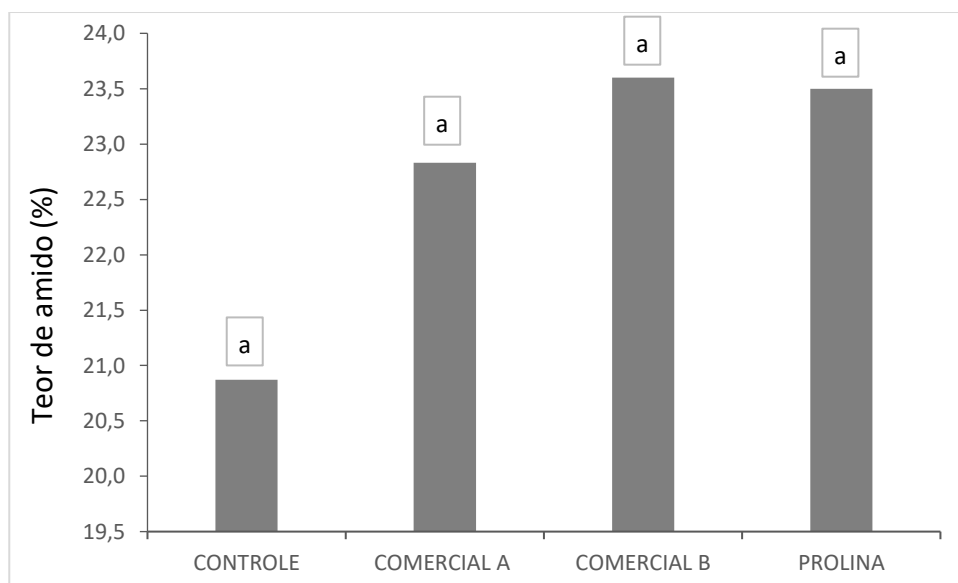
Deste modo, a maior preservação foliar, principalmente determinada pela conservação de suas células pode estar correlacionada ao maior acúmulo de carboidratos nos tecidos lenhosos. Assim, justificando o maior acúmulo de amido nos tratamentos contendo prolina em relação ao controle, onde foi verificada maior preservação da membrana plasmática, bem como, das clorofilas. Em estudos realizados por Holzapfel e Smith (2012) foram relatadas redução na translocação de açúcares para os tecidos lenhosos no pós-colheita de videira ‘Shiraz’, ou seja, rápida senescência pela falta de conservação deste tecido, assim, impedindo melhor acúmulo de reserva.

Diante disso, este acúmulo significativo no primeiro ciclo demonstra importante resultado da manutenção da integridade celular no pós-colheita, podendo propiciar, de acordo com Pellegrino *et al.* (2014), produtividade sustentada, algo extremamente importante em culturas perenes.

Outro fato interessante mencionado por Winkler e Williams (1945) e Williams (1996) é de que na parte aérea da videira (ramos, braços e tronco) a concentração das reservas de amido atinge o nível máximo no final da fase de crescimento da planta. Após a colheita, a concentração de amido decresce, enquanto aumenta a de carboidratos solúveis. Esse comportamento proposto pela citação de Williams (1996) está relacionado a degradação do amido para sua conversão de carboidratos solúveis, relacionando assim com a maturação dos frutos.

Contudo, apesar da manutenção no manejo, não foi obtida diferença significativa entre os tratamentos no segundo ciclo (Figura 21), o que sugere que a presença de patógenos nas folhas como a *Plasmopora viticola* e a *Phakopsora euvitis* (devido à ocorrência de chuvas durante o segundo ciclo do experimento) (Figura 22), possam ter afetado a significância dos dados nesta variável.

Figura 21. Teor de amido (%) na videira ‘Arra 15’ após tratamento com prolina no segundo ciclo produtivo de Dezembro de 2019 a Junho de 2020 (Petroлина, 2020).



Fonte: Galvão (2020).

No segundo ciclo produtivo de Dezembro de 2019 a Junho de 2020 não se observou diferença significativa nos teores de amido, resultado similar ao de Zufferey *et al.* (2012) que descreveram menor acúmulo de amido em *Vitis vinifera* L. ‘Chasselas’ em período chuvoso,

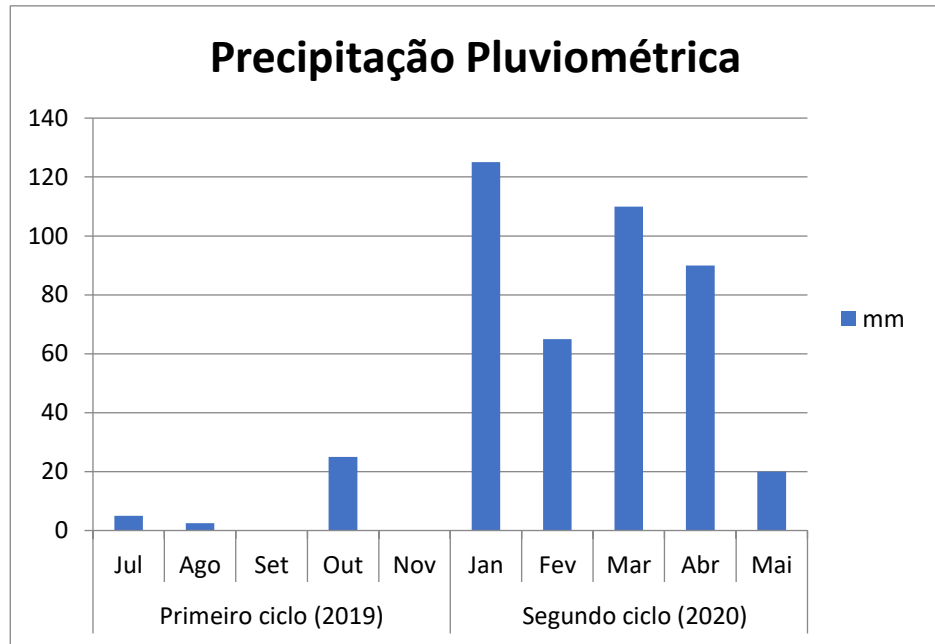
bem como, efeitos negativos no dossel, enquanto que no período mais seco obtiveram maior acúmulo de amido e melhores condições do dossel.

A influência da redução nos teores de amido mediante o segundo ciclo leva a hipótese quanto ao impacto do período chuvoso e este proporcionarem uma maior incidência de patógenos que acabam por comprometer o limbo foliar causando, indiretamente, um impacto negativo na redução a área fotossintética e com isso afetando o acúmulo. Porém são necessárias investigações que elucidem esse pressuposto, vista que, são poucas as justificativas relatadas no tocante a danos por pragas ou doenças em especificidade para teores de amidos em folhas e principalmente a respeito da cultura da videira.

No entanto complemento a outros fatores para Cataluña (1988), em geral, a variedade, o clima e o solo estão ligados entre si e interagem afetando a qualidade da uva. Clima quente e seco favorece o desenvolvimento dos cachos, produzindo bagas maiores e mosto rico em açúcares e pobre em ácidos. Em climas frios, o engajo e as bagas são pequenos, o mosto é pobre em açúcares e rico em ácidos.

Na viticultura a precipitação é um fator de suma importância e de acordo com Back *et al.* (2013) a fisiologia da videira é influenciada por diversos fatores meteorológicos, como temperatura, precipitação, déficit de pressão de vapor, evapotranspiração potencial, horas de insolação e vento. Esses fatores meteorológicos interagem com os demais componentes do sistema de produção, assim como o solo, a cultivar e as técnicas agrônômicas aplicadas no cultivo, influenciando na produção de uva e na qualidade do vinho.

Além disso, segundo Keller (2010) a temperatura é capaz de interferir no metabolismo da planta, também influenciando a qualidade do fruto, afetando sua cor, teor de sólidos solúveis, acidez e aroma, resultado das modificações em sua velocidade de crescimento e maturação.



Fonte: Galvão (2020).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. A utilização exógena de prolina proporcionou efeito positivo quanto ao extravasamento de eletrólitos independente do ciclo de produção, independente da fonte, reduzindo os danos por estresse oxidativo das células foliares.
2. Quanto aos teores de clorofilas *a*, *b* e carotenoides ocorreu manutenção nos valores mediante a aplicação de prolina.
3. Para teores de sólidos solúveis e acidez titulável, em ambos os ciclos, não houve influência dos tratamentos com prolina, podendo-se sugerir que a aplicação de prolina não influencia na maturação do fruto.
4. As fontes de Prolina no primeiro ciclo através dos produtos: Comercial B e a L-prolina P.A., se mostraram mais efetivas em relação ao armazenamento dos teores de amido.
5. A resposta positiva da videira ‘Arra 15’ à aplicação exógena de L-prolina não foi dependente de nenhum tipo de indução por estresse, pois foram consideradas as condições naturais da região do vale do São Francisco e o perfil da variedade de uva em estudo.

6 CONCLUSÃO

Conclui-se que as fontes de prolina testadas são agentes em potencial para a cultura da videira (no presente estudo em específico para cultivar ARRA 15), auxiliando na redução do processo foto-oxidativo, mantendo a integridade das membranas e permitindo a redução danosa por meio das condições climáticas.

7 REFERÊNCIAS

- ABDELHAMID, M.T.; RADY, M.M.; OSMAN, A.S.; ABDALLA, M.A. Exogenous application of proline alleviates salt-induced oxidative stress in *Phaseolus vulgaris* L. plants. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v.88 n.4, p.439–446, 2013.
- ABRAFRUTAS - Associação Brasileira dos Produtores Exportadores de Frutas e Derivados. Os rumos da produção de frutas no Brasil. 2019. Disponível em:<<https://abrafrutas.org/2019/11/04/os-rumos-da-producao-de-frutas-no-brasil/>> Acesso em: Maio/2020.
- AGGARWAL, M.; SHARMA, S.; KAUR, N.; PATHANIA, D.; BHANDHARI, K., KAUSHAL, N.; NAYYAR, H. Exogenous proline application reduces phytotoxic effects of selenium by minimising oxidative stress and improves growth in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings. **Biological trace element research**, v. 140, n. 3, p. 354-367, 2011.
- AHMAD, P.; ABDEL LATEF, A. A.; RASOOL, S.; AKRAM, N. A.; ASHRAF, M.; GUCEL, S. Role of proteomics in crop stress tolerance. *Frontiers in plant science*, v. 7, p. 1336, 2016.
- ALTUNTAŞ, C.; DEMIRALAY, M.; MUSLU, A. S.; TERZI, R. Proline-stimulated signaling primarily targets the chlorophyll degradation pathway and photosynthesis associated processes to cope with short-term water deficit in maize. **Photosynthesis Research**, p. 1-14, 2020.
- ANJUM, S.A., FAROOQ, M., WANG, L.C., XUE, L.L., WANG, S.G., WANG, L., ZHANG, S., CHEN, M. Gas exchange and chlorophyll synthesis of maize cultivars are enhanced by exogenously-applied glycinebetaine under drought conditions. **Plant, Soil and Environment**, v. 57, p. 326-331, 2011.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTI&FRUTI. 2019 / Benno Bernardo Kist... [et al.]. Santa Cruz do Sul : Editora Gazeta Santa Cruz, 2018. 96 p. : il.
- AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry. 12th ed. Washington, 1992. 1015 p
- APEL, K.; HIRT, H. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Annu. Rev. Plant Biol.*, v. 55, p. 373-399, 2004.
- ASADA, K. The water-water cycle in chloroplasts: Scavenging of Active Oxygen and Dissipation of Excess Photons. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, v.50, p.601-639, 1999.
- ATALAYA MUÑOZ, L. A. G.; URIBE, J. R.; TAPIA SALAS, L. A.; VELASCO G., F. F. Producción y exportación de uvas de mesa sin semilla variedades arra, abajo un Modelo de Royalty: plan de negocios para la empresa Huerto Génesis SAC en la zona de Cayalti (chiclayo, Lambayeque). ESAN - PERU. 2016.
- BACK, Á. J.; DELLA BRUNA, E.; DALBO, M. A. Mudanças climáticas e a produção de uva no vale do Rio do Peixe-SC. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 35, n. 1, p. 159-169, 2013.

BAIER, M.; KANDLBINDER, A.; GOLLDACK, D.; DIETZ, K. J. Oxidative stress and ozone: perception, signalling and response. *Plant, Cell & Environment*, v. 28, n. 8, p. 1012-1020, 2005.

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*, v. 44, n. 3, p. 453-460, 2014.

BARDIN, L.; PEDRO JUNIRO, M.J.; MORAES, J. F.L. Risco climático de ocorrência de doenças fúngicas na videira Niagara Rosada na região do pólo turístico do circuito das frutas do Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.69, n.4, p.1019-1026, 2010.

BELLINGER, Y.; BENSAOUD, A.; LARHER, F. Physiological significance of proline accumulation, a trait of use to breeding for stress tolerance. **Colloques de l'INRA (France)**, 1991.

BEN AHMED, C. B.; ROUINA, B. R.; SENSOY, S.; BOUKHRISS, M.; ABDULLAH, F. B. Exogenous Proline Effects on Photosynthetic Performance and Antioxidant Defense System of Young Olive Tree. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, p. 4216-4222, 2010.

BORGES, R. M. E.; SOARES, J. M.; DE LIMA, M. A. C. Características da viticultura no Vale do Submédio São Francisco. Embrapa Semiárido-Capítulo em livro científico (ALICE), 2009.

CAMARGO, U. A.; MANDELLI, F.; CONCEIÇÃO, M. A. F.; TONIETTO, J. Grapevine performance and production strategies in tropical climates. **Asian Journal of Food and Agro-Industry**, v. 5, n. 4, p. 257-269, 2012.

CAMARGO, U. A.; TONIETTO, J.; HOFFMANN, A. Progressos na viticultura brasileira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. SPE1, p. 144-149, 2011.

CATALUÑA, E. **As uvas e os vinhos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Globo, 1988. 207 p.

CHEN, C.; DICKMAN, M. B. Proline suppresses apoptosis in the fungal pathogen *Colletotrichum trifolii*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 102, n. 9, p. 3459-3464, 2005.

CRUZ, M. de M.; de SOUSA, R. F.; de MORAIS, P. L. D.; de LIMA, M. A. C. Maturação e qualidade da uva de mesa Arra 15 em ciclo do primeiro semestre no Submédio do Vale do São Francisco. In: **Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: JORNADA DE INTEGRAÇÃO DA PÓS-GRADUAÇÃO DA EMBRAPA SEMIÁRIDO, 2., 2017, Petrolina. Anais... Petrolina: Embrapa Semiárido, 2017. 2017.

DAS, N.; MISRA, M.; MISRA, A. N. Sodium chloride salt stress induced metabolic changes in callus cultures of pearl millet (*Pennisetum americanum* L. Leeke): Free solute accumulation. **Journal of Plant physiology**, v. 137, n. 2, p. 244-246, 1990.

DE ALBUQUERQUE, T. C. S.; DANTAS, B. F. Aplicação foliar de aminoácidos e a qualidade das uvas da cv. Benitaka. Embrapa Roraima-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E), 2010.

DEUSCHLE, K.; FUNCK, D.; HELLMANN, H.; DÄSCHNER, K.; BINDER, S.; FROMMER, W. B. nuclear gene encoding mitochondrial Δ^1 -pyrroline-5-carboxylate dehydrogenase and its potential role in protection from proline toxicity. **The Plant Journal**, v. 27, n. 4, p. 345-356,

2001.

DUARTE, J. B. Introdução à análise de componentes principais – Com aplicação do Statistical Analysis System. Universidade Federal de Goiás-UFG. Departamento de Agricultura, 1998.

EMBRAPA- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Embrapa em números / Embrapa, Secretaria Geral, Gerência de Comunicação e Informação. – Brasília, DF, 2019. 140 p. : il. Color.

FACHINELLO, J. C.. Fruticultura: fundamentos e práticas. Embrapa Clima Temperado, 2009.

FLORS, C; NONELL, S. Light and singlet oxygen in plant defense against pathogens: phototoxic phenalenone phytoalexins. *Accounts of chemical research*, v. 39, n. 5, p. 293-300, 2006.

FOYER, C. H.; LELANDAIS, M; KUNERT, K. J. Photooxidative stress in plants. **Physiologia plantarum**, v. 92, n. 4, p. 696-717, 1994.

FOYER, C. H.; HARBINSON, J.; MULLINEAUX, P. **Oxygen metabolism and the regulation of photosynthetic electron transport**. Causes of photooxidative stress and amelioration of defense systems in plants. p. 1-42, 1994.

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

GRAPA VARIETIES LTD. ARRA VARIETIES CATALOGUE. 2020. Disponível em: <https://grapaes.com/varieties/arra-catalog/>. Acesso em: Junho/2020.

HARE, P. D.; CRESS, W. A. Metabolic implications of stress induced proline accumulation in plants. **Plant Growth Regulation**, v. 21, p. 79-102, 1997.

HASEGAWA, P. M.; BRESSAN, R. A.; HANDA, A. K. Cellular mechanisms of salinity tolerance. *HortScience*, v. 21, n. 6, p. 1317-1324, 1986.

HAYAT, S.; HAYAT, Q.; ALYEMENI, M. N., WANI, A. S.; PICHTEL, J.; AHMAD, A. Role of proline under changing environments: a review. **Plant signaling & behavior**, v. 7, n. 11, p. 1456-1466, 2012.

HOLZAPFEL, B. P.; SMITH, J. P. Developmental stage and climatic factors impact more on carbohydrate reserve dynamics of Shiraz than cultural practice. **American journal of enology and viticulture**, v. 63, n. 3, p. 333-342, 2012.

HUA, X. J.; VANDE COTTE, B.; VAN MONTAGU, M.; VERBRUGGEN, N. Developmental regulation of pyrroline-5-carboxylate reductase gene expression in Arabidopsis. *Plant Physiology*, v. 114, n. 4, p. 1215-1224, 1997.

IBGE. No Vale do São Francisco, Censo Agro colhe dados de frutas que ganham o mundo. Censo Agropecuário. 2017. Disponível em <<https://censos.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/18656-no-vale-do-sao-francisco-censo-agro-colhe-dados-de-frutas-que-ganham-o-mundo>>. Acesso em: Maio/2020.

ISLAM, M. M.; HOQUE, M. A. ; OKUMA, E. ; BANU, M. N. A. ; SHIMOISHI, Y. ;

NAKAMURA, Y. ; MURATA, Y. Exogenous proline and glycinebetaine increase antioxidant enzyme activities and confer tolerance to cadmium stress in cultured tobacco cells. *Journal of Plant Physiology*, v. 166, n. 15, p. 1587-1597, 2009.

JOLLIFFE, I T.; CADIMA, J. Principal component analysis: a review and recent developments. **Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences**, v. 374, n. 2065, p. 20150202, 2016.

JUVANY, M. ; MÜLLER, M.; MUNNÉ-BOSCH, S. Photo-oxidative stress in emerging and senescing leaves: a mirror image?. *Journal of experimental botany*, v. 64, n. 11, p. 3087-3098, 2013.

JUVANY, M.; MÜLLER, M.; MUNNÉ-BOSCH, S. Leaves of Field-Grown Mastic Trees Suffer Oxidative Stress at the Two Extremes of their Lifespan F. **Journal of integrative plant biology**, v. 54, n. 8, p. 584-594, 2012.

KAUSHAL, N, GUPTA, K.; BHANDHARI, K.; KUMAR, S.; THAKUR, P.; NAYYAR, H.. Proline induces heat tolerance in chickpea (*Cicer arietinum* L.) plants by protecting vital enzymes of carbon and antioxidative metabolism. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, v. 17, n. 3, p. 203, 2011.

KELLER, M. **The science of grapevines: anatomy and physiology**. Davis, Elsevier, 2010, 378 p.

KRIEGER-LISZKAY, A. Singlet oxygen production in photosynthesis. *Journal of experimental botany*, v. 56, n. 411, p. 337-346, 2005.

LEÃO, A. L. M. DE S. ; GAIÃO, B. F. D. S.; SOUZA, I. L. D.; MELLO, S. C. B. D. The Habitus of an Expanding Network: the characteristics of the São Francisco Valley viticulture arrangement. *Revista Brasileira de Gestão de Negócios*, v. 15, n. 46, p. 39-55, 2013.

LEÃO, P. C de S. Principais variedades de uvas de mesa e porta-enxertos. In: **Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: FEIRA NACIONAL DA AGRICULTURA IRRIGADA-FENAGRI, 2004, Petrolina. Minicursos: apostilas. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2004. 2004.

LEÃO, P. C. de S.; BRANDAO, E. O. ; GONCALVES, N. P. da S. Caracterização agrônômica e molecular do clone Itália Muscat no submedio do Vale do São Francisco. *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal*, v. 33, n. 1, p. 297-302, mar. 2011.

LIAKOPOULOS, G. et al. The photoprotective role of epidermal anthocyanins and surface pubescence in young leaves of grapevine (*Vitis vinifera*). *Annals of botany*, v. 98, n. 1, p. 257-265, 2006.

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophyll and carotenoids-pigments of photosynthetic biomembranes,-In: Colowick, SP., Kaplan, NO (ed): *Methods in Enzymology*, Vol, 148. 1987.

LIMA, A.L.S.; DAMATTA, F.M.; PINHEIRO, H.; TOTOLA, M.R.; LOUREIRO, M.E. Photochemical responses and oxidative stress in two clones of *Coffea canephora* under water deficit conditions. *Environmental and Experimental Botany*, v.47, p.239-247. 2002.

LIMA, M. da G. de S.; LOPES, N. F.; BACARIN, M. A.; MENDES, C. R. Efeito do estresse

salino sobre a concentração de pigmentos e prolina em folhas de arroz. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 3, p. 335-340, 2004 .

LØVDAL, TROND; OLSEN, K. M.; SLIMESTAD, R.; VERHEUL, M.; LILLO, C. Synergetic effects of nitrogen depletion, temperature, and light on the content of phenolic compounds and gene expression in leaves of tomato. *Phytochemistry*, v. 71, n. 5-6, p. 605- 613, 2010

LYRA, W. S; SILVA, E. C; ARAÚJO, M. C. U; FRAGOSO, W. D. Classificação Periódica: Um exemplo didático para ensinar análise de componentes principais. *Quim. Nova*, v. 33, n. 7, p. 1594-1597, 2010.

MAIA, J. D; GARCIA; RITSCHER, P. S.; LAZZAROTTO, J. J.. A viticultura de mesa no Brasil: produção para o mercado nacional e internacional. *Embrapa Uva e Vinho-Artigo em periódico indexado (ALICE)*, 2018.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2019. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/relacoes-internacionais/estatisticas-de-comercio-exterior>>. Acesso em: Maio/2020.

MATYSIK, J. ALIA, BHALU, B.; MOHANTY, P Molecular mechanisms of quenching of reactive oxygen species by proline under stress in plants. *Current Science*, p. 525-532, 2002.

MEDEIROS M. J. L. **Ação da prolina exógena no cultivo *in vitro* de genótipos de cana-de-açúcar submetidos ao estresse salino**. UFRPE. Dissertação. Recife-PE. 70p. 2010.

MELLO, L. M. R. Viticultura Brasileira: panorama 2015. Embrapa Uva e Vinho. Bento Gonçalves-RS. 2016.

MIELE, A.; MANDELLI, F. Uvas Viníferas para Processamento em Regiões de Clima Temperado. Embrapa Uva e Vinho Sistema de Produção, v.4. Versão Eletrônica Jul./2003. Disponível em:<<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Uva/UvasViniferasRegioesClimaTemperado/conducao.htm>> Acesso em: junho/2020.

MOUSTAKAS, M. SPERDOULI, I.; KOUNA, T.; ANTONOPOULOU, C. I.;THERIOS, I. Exogenous proline induces soluble sugar accumulation and alleviates drought stress effects on photosystem II functioning of *Arabidopsis thaliana* leaves. **Plant Growth Regulation**, v. 65, n. 2, p. 315-325, 2011.

MUNNÉ-BOSCH, S.; JUBANY-MARÍ, T.; ALEGRE, L. Drought-induced senescence is characterized by a loss of antioxidant defences in chloroplasts. **Plant, Cell & Environment**, v. 24, n. 12, p. 1319-1327, 2001.

NAVA, D. E. Perspectivas do sistema de manejo integrado de mosca das frutas: um caminho para o desenvolvimento sustentável da fruticultura no Brasil. In: **Embrapa Clima Temperado-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOSSANIDADE, 5., 2019; Desafios e Avanços da Fitossanidade: Curitiba. Anais. Curitiba: CONBRAF, 2019. 2019.

OZDEN, M.; DEMIREL, U.; KAHRAMAN, A. Effects of proline on antioxidant system in leaves of grapevine (*Vitis vinifera* L.) exposed to oxidative stress by H₂O₂. **Scientia Horticulturae**, v. 119, n. 2, p. 163-168, 2009.

PELLEGRINO, A.; CLINGELEFFER, P.; COOLEY, N.; WALKER, R. Management practices impact vine carbohydrate status to a greater extent than vine productivity. **Frontiers in Plant Science**, v. 5, p. 283, 2014.

PENHA, T. A. M. Estrutura e dinâmica do sistema agroalimentar: uma análise dos mercados de fruticultura dos polos irrigados de Açú-Mossoró e Petrolina-Juazeiro. 2016.

PROTAS, J. F. S. A produção de vinhos finos: um flash do desafio brasileiro. *Agropecuária Catarinense*, Santa Catarina, v. 21, n. 1, p. 17-19, 2008.

RADY, M. M.; TAHA, R. S.; MAHDI, A. H. A. Proline enhances growth, productivity and anatomy of two varieties of *Lupinus termis* L. grown under salt stress. **South African Journal of Botany**, v. 102, p. 221-227, 2016.

RASHEED, R.; ASHRAF, M. A.; HUSSAIN, I.; HAIDER, M. Z.; KANWAL, U.; IQBAL, M. Exogenous proline and glycinebetaine mitigate cadmium stress in two genetically different spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. **Brazilian Journal of Botany**, v. 37, n. 4, p. 399-406, 2014.

REVISTA HORTIFRUTI BRASIL. Acordo Mercosul - UE: possíveis impactos no setor de frutas e hortaliças. 2019. Disponível em: <<https://www.hfbrasil.org.br/br/acordo-mercossul-ue-possiveis-impactos-no-setor-de-frutas-e-hortalicas.aspx>> Acesso em: Maio/2020.

REVISTA HORTIFRUTI BRASIL. Anuário 2019-2020. nº 196. Dez/2019-Jan/2020.

REVISTA HORTIFRUTI BRASIL. Uva. Pequenos Mercados, Grandes Valores. Ano. 17. n. 188. Esalq/USP. 2019.

RHEIN, A. F. L.; SANTOS, D. M. M.; CARLIN, S. D. Atividade da enzima redutase do nitrato e teores de prolina livre em raízes de cana-de-açúcar sob os estresses hídrico e ácido no solo. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 32, n. 4, p. 1345-1360, 2011

ROLOFF, M.; CAUS, M. Avaliação setorial de 2013. IBRAVIN- Instituto Brasileiro do Vinho. Disponível em <www.ibravin.org.br/downloads/1380742265.pdf>. Acesso Maio/2020.

RUSTIONI, L.; FRACASSETTI, D.; PRINSI, B.; GEUNA, F.; ANCELOTTI, A.; FAUDA, V.; FAILLA, O. Oxidations in white grape (*Vitis vinifera* L.) skins: Comparison between ripening process and photooxidative sunburn symptoms. *Plant Physiology and Biochemistry*. Volume 150. p. 270-278, 2020.

SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. Fisiologia das plantas. 4ed. Editora Cengage Learning. São Paulo, 774p. 2012.

SANTOS, C.E.; KIST, B.B.; CARVALHO, C.; REETZ, E.R.; DRUM, M. Anuário Brasileiro da Fruticultura, Santa Cruz do Sul, RS. v. 13,12. p. 5-27. 2014.

SARADHI, P. P.; MOHANTY, P. Involvement of proline in protecting thylakoid membranes against free radical-induced photodamage. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, v. 38, n. 2-3, p. 253-257, 1997.

SIDDIQUI, M. H.; AL-KHAISHANY, M. Y.; AL-QUTAMI, M. A.; AL-WHAIBI, M. H.; GROVER, A.; ALI, H. M.; AL-WAHIBI, M. S.; BUKHARI, N. A. Response of different

genotypes of faba bean plant to drought stress. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 16, p. 10214-10227, 2015.

SORKHEH, K.; SHIRAN, B.; KHODAMBASHI, M., ROUHI, V.; MOSAVEI, S.; SOFO, A. Exogenous proline alleviates the effects of H₂O₂-induced oxidative stress in wild almond species. **Russian journal of plant physiology**, v. 59, n. 6, p. 788-798, 2012.

STREIT, N. M.; CANTERLE, L. P.; CANTO, M. W. Do; HECKTHEUER, L. H. H. As clorofilas. *Cienc. Rural*, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 748-755, Junho. 2005.

SZABADOS, L.; SAVOURÉ, A. Proline: a multifunctional amino acid. **Trends in Plant Science**, v. 15, n. 2, p. 89–97, 2010.

TABOT, P. T.; ADAMS, J. B. Early responses of *Bassia diffusa* (Thunb.) Kuntze to submergence for different salinity treatments. *South African Journal of Botany*, v. 84, p. 19–29, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2013, 918 p.

TEIXEIRA, A. H de C. Informações agrometeorológicas do Polo Petrolina, PE/Juazeiro, BA-1963 a 2009. Embrapa Semiárido-Documents (INFOTECA-E), 2010.

TRANTAPHYLIDES, C.; KRISCHKE, M.; HOEBERICHTS, F. A.; KSAS, B.; GRESSER, G., HAVAUX, M.; MUELLER, M. J. Singlet oxygen is the major reactive oxygen species involved in photooxidative damage to plants. *Plant physiology*, v. 148, n. 2, p. 960-968, 2008.

VARELLA, C. A. A. Análise Multivariada Aplicada as Ciências Agrárias – Análise de Componentes Principais. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Pós-Graduação em Agronomia, 2008.

VERBRUGGEN, N.; HERMANS, C. Proline accumulation in plants: a review. *Amino acids*, v. 35, n. 4, p. 753-759, 2008.

VITAL, T. Vitivinicultura no Nordeste do Brasil: Situação recente e perspectivas. *Revista Econômica do Nordeste*, v. 40, n. 3, p. 499-524, 2009.

WINKLER, A. J.; WILLIAMS, W. O. Starch and sugars of *Vitis vinifera*. **Plant Physiology**, Waterbury, v.20, 412–432, 1945.

ZHENG, J. L.; ZHAO, L. Y.; WU, C. W.; SHEN, B.; & ZHU, A. Y. Exogenous proline reduces NaCl-induced damage by mediating ionic and osmotic adjustment and enhancing antioxidant defense in *Eurya emarginata*. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 37, n. 9, p. 181, 2015.

ZOUARI, M.; AHMED, C. B.; ELLOUMI, N.; BELLASSOUED, K.; DELMAIL, D.; LABROUSSE, P.; ROUINA, B. B. Impact of proline application on cadmium accumulation, mineral nutrition and enzymatic antioxidant defense system of *Olea europaea* L. cv Chemlali exposed to cadmium stress. **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 128, p. 195-205, 2016.

