

MARIELLY RODRIGUES SANTOS

**APLICAÇÃO DE FILME DE PARTÍCULA A BASE DE ÓXIDO DE CÁLCIO
PARA ATENUAR O ESTRESSE HÍDRICO E PROMOVER O AUMENTO DA
PRODUTIVIDADE DE UVA**

**São Cristóvão – SE
Fevereiro - 2026**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE – UFS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS APLICADAS – CCAA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÔNOMICA – DEA

**APLICAÇÃO DE FILME DE PARTÍCULA A BASE DE ÓXIDO DE CÁLCIO
PARA ATENUAR O ESTRESSE HÍDRICO E PROMOVER O AUMENTO DA
PRODUTIVIDADE DE UVA**

Monografia apresentada ao
Departamento de Engenharia
Agrônômica – Universidade Federal de
Sergipe, como requisito parcial para
obtenção do título de Engenheira
Agrônoma.

APROVADO em: 20/02/2026

ORIENTADO: MARIELLY RODRIGUES SANTOS

Wendel de Melo Massaranduba
(Orientador)

Cristiane Monteiro de Faria Rezende
(Banca examinadora)

Prof. Dr. Rychardson Rocha de Araújo
(Banca examinadora)

Dedico este trabalho a

MARIA FARAILDES ALVES DANTAS (in memorian)
MARIA SELMA RODRIGUES DOS SANTOS (in memorian)
BRUNO ALVES DA SILVA DE AMORIM BARRETO (in memorian)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e nossa Senhora da Imaculada Conceição por ter me dado força e determinação durante toda essa trajetória

Agradeço a minha mãe por sempre por estar ao meu lado, me orientando, incentivando e por demonstrar que a educação abre portas

A meu esposo Felipe Oliveira, por ser meu companheiro, amigo e incentivador. Obrigada por acreditar em mim. Te amo.

Ao meu filho Davi, que chegou na reta final dessa trajetória e deu sentido a minha vida, é por você que acordo todos os dias buscando ser uma pessoa melhor.

A minha vizinha Faraildes (Fafá) in memoriam e minha tia Maria (Lilu) in memoriam, que partiram de repente e que sempre foram minhas incentivadoras. Dói mui encerrar esse ciclo sem vocês. Vocês estarão para sempre em meu coração.

Marceli, obrigada por todo incentivo e preocupação.

A minha irmã Marielze e meu cunhado Miguel (painho) por ter me acolhido dentro de casa e me adotar como filha, jamais esquecerei de tudo que fizeram por mim.

Aos meus sobrinhos Ashley, Henrique e Cecília por tornar minha vida mais alegre e feliz.

Ao meu orientador Wendel de Melo Massaranduba, por me incentivar a crescer profissionalmente desde o início do curso. Você contribui muito para que eu chegasse até aqui.

Ao meu orientador Rychardson Rocha de Araújo, por todo acolhimento, oportunidade de aprender e crescer profissionalmente. Obrigada por pela confiança.

A Bruno Barreto, Amigo Bruno como prefiro chamar. Você partiu de forma precoce, mas sou grata por ter compartilhado momentos incríveis ao seu lado, por ter me incentivado e falar que eu seria capaz de fazer tudo que eu me disponibilizasse a fazer. Você sempre estará em meu coração.

As minhas tias, Raimunda, Cida, Nininha e minha madrinha Ana por todo incentivo e preocupação.

A minha vó do coração dona Francisca por me acolher tão bem em sua família e fazer eu me sentir parte dela

Aos meus sogros Ivanilde Cunha e Glaucenilton de Oliveira e minha cunhada Clara, por todo carinho e acolhimento

As minhas tias do coração, Josy, Gláucia, Cleanes, Veraim Ivaneilde e Hilma, por todo carinho e ajuda, principalmente nos dias mais delicados.

As minhas primas do coração Paula e Franci por todo carinho e incentivo.

As minhas amigas Mariana Alves e Genilza Almeida por ficar ao meu lado no momento que mais precisei, por cuidar de mim e me incentivar a não desistir de nada. Sou grata pela amizade vocês.

As amizades que construí no laboratório, em especial Henrique, Tiago, Prof. Douglas, Domingos, Prof. Mário e Prof. Tadeu. Vocês tornaram os dias mais leves com conversas descontraídas e um café

Ao Campus Rural da Universidade Federal de Sergipe, em especial do Técnico Lusivaldo, por ter nos auxiliado na execução do experimento.

A banca examinadora por pela disponibilidade em avaliar meu trabalho.

SUMÁRIO

LISTAS DE FIGURAS.....	iv
LISTA DE TABELAS.....	v
RESUMO	6
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE E IMPORTÂNCIA SOCIOECONÔMICA	3
2.2 ESTRESSES ABIÓTICOS	4
2.3 ESTRESSE HÍDRICO	5
2.4 FILME DE PARTÍCULA	6
2.5 FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA	7
3 METODOLOGIA.....	8
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	11
5 CONCLUSÃO	19
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	20

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1- Folhas de uva com filmes de partículas de óxido de cálcio imediatamente após a aplicação e secagem. Da esquerda para a direita: 0%, 5%, 7,5% e 10% (p/v) de (CaO), respectivamente.....	8
Figura 2-Condições climáticas registradas durante o período experimental (0–98 dias após a poda). (A) Temperaturas máxima, média e mínima do ar (°C) e precipitação diária (mm).(B)Radiação solar global ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$).....	9
Figura 3-Teores de clorofila A em função das doses aplicadas sob dois regimes hídricos (100% ETc e 50% ETc). Os pontos representam as médias observadas e as linhas indicam os ajustes de regressão linear significativos ($p < 0,01$).	12
Figura 4-Teores de clorofila B em função das doses aplicadas sob dois regimes hídricos (100% ETc e 50% ETc). Pontos representam as médias observadas e as linhas indicam os ajustes de regressão linear significativos ($p < 0,01$).	12
Figura 5-Temperatura do dossel (°C) em função das doses aplicadas sob dois regimes hídricos (100% ETc e 50% ETc). Os pontos representam as médias observadas e as linhas indicam os ajustes de regressão linear significativos ($p < 0,01$).	13
Figura 6-Curvas da fluorescência transiente da clorofila a (cinética OJIP) em função do tempo (escala logarítmica) sob regime hídrico de 50%, em plantas submetidas aos tratamentos: Controle e aplicação de CaO nas concentrações de 2,5%, 5,0%, 7,5% e 10,0%.....	15
Figura 7-Curvas da fluorescência transiente da clorofila a (OJIP) sob regime hídrico de 100%, em plantas submetidas ao controle e às concentrações de CaO (2,5%, 5,0%, 7,5% e 10,0%)	16
Figura 8-. Produtividade por planta em função das doses aplicadas sob dois regimes hídricos (100% ETc e 50% ETc). Os pontos representam as médias observadas e as linhas indicam os ajustes de regressão linear para 100% ETc e quadrático para 50% ETc, ambos signifi.....	18

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo das análises de variância para produtividade, temperatura do dossel e pigmentos fotossintéticos sob diferentes regimes hídricos e doses	11
Tabela 2 - Resumo das análises de variância para parâmetros da fluorescência sob diferentes regimes hídricos e doses	14

RESUMO

O estresse hídrico é um dos principais fatores limitantes da produtividade da videira, afetando diretamente o aparato fotossintético e o desempenho produtivo das plantas. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência da aplicação de filme de partícula à base de óxido de cálcio (CaO) na atenuação dos efeitos da restrição hídrica nos parâmetros ecofisiológicos e produtivos de uva. O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 5×2 , com quatro doses de CaO (2,5%, 5%, 7,5% e 10%) e dois regimes hídricos (50% e 100% da evapotranspiração da cultura – ETc). Foram avaliados os teores de clorofila, temperatura do dossel, fluorescência da clorofila a (curva OJIP) e produtividade por planta. O incremento das doses de CaO promoveu aumento nos teores de clorofila, redução da temperatura foliar e menor intensidade de fluorescência nas fases J, I e P, indicando maior estabilidade funcional do fotossistema II, especialmente sob 50% ETc. A produtividade foi superior sob 100% ETc, com resposta linear crescente às doses aplicadas. Conclui-se que o filme de partícula à base de CaO constitui uma estratégia eficiente para mitigar os efeitos do estresse hídrico e térmico, contribuindo para a manutenção da eficiência fotoquímica e do desempenho produtivo da videira.

PALAVRAS-CHAVE: Estresse hídrico; fluorescência da clorofila a; fotossistema II; filme de partícula; videira.

1 INTRODUÇÃO

A viticultura é uma das atividades agrícolas milenares e desempenha papel relevante nos números expressivos da fruticultura. Esse destaque é devido à versatilidade da cultura, sendo utilizada para fins de processamento industrial na produção de vinhos, sucos e outros derivados e para o consumo in natura. A espécie *Vitis labrusca* L., integrante da família Vitaceae, é amplamente cultivada nos Estados Unidos e no Brasil, em razão da capacidade de adaptação.

A viticultura movimenta expressivos números financeiros, gera empregos diretos e indiretos e contribui significativamente para o desenvolvimento da economia. Segundo a Organização Internacional da Vinha e do Vinho (OIV) em 2023 a área plantada com videiras atingiu a marca de 7,3 milhões de hectares no mundo, resultando em uma produção total de 79,4 milhões de toneladas. Desse total, cerca de 43% foram destinados para o consumo in natura, o restante foi direcionado principalmente para a produção de vinho e sucos (Maia et al. 2018; Leão & Carvalho 2024).

A produção de uva no Brasil tem duas finalidades, consumo in natura e processamento industrial. A produção de uva para mesa concentra-se na região do submédio do Vale São Francisco (VSF), nos estados da Bahia e Pernambuco, onde o clima tropical semiárido aliado à irrigação, permite até duas safras por ano, sendo possível realizar a exportação dos produtos. As uvas destinadas para o processamento (de vinho, suco etc.) estão concentradas no estado do Rio Grande do Sul, principal polo vitivinícola do país, além de Santa Catarina e Paraná.

O aumento da temperatura tem sido uma preocupação recorrente para a produção agrícola. As plantas possuem uma temperatura ótima para seu desenvolvimento, isso provoca efeitos sinérgicos nas plantas, desde redução de crescimento e desenvolvimento, até mesmo na redução da produção de fotossíntese, danos estruturais nas membranas das células, cloroplastos e enzimas.

A seca é um dos principais fatores de estresse abiótico que afetam o desenvolvimento das plantas. O estresse hídrico reduz o crescimento das plantas, ao limitar a expansão celular e comprometer processos metabólicos essenciais. Quando o estresse é prolongado, pode levar as plantas à senescência precoce. Além disso, a seca diminui a eficiência na produção da fotossíntese, devido ao fechamento dos estômatos, uma estratégia de sobrevivência que reduz a perda de água, mas também restringe a assimilação de CO₂. Essa limitação favorece o desequilíbrio no transporte de elétrons e intensifica a produção de espécies reativas de oxigênio

(ROS). As ROS causam danos ao aparato fotossintético e causam a oxidação de moléculas essenciais nas plantas, como enzimas, proteínas e lipídeos.

As alterações desencadeiam uma série de estresse nas plantas como o estresse térmico e o hídrico que causam, efeitos deletérios nas plantas. No cenário preocupante de mudanças climáticas é importante desenvolver estratégias que possam mitigar os efeitos que os estresses causam nas plantas. A realização de um manejo eficiente é imprescindível para obter bons resultados, além disso a utilização de óxidos minerais como filme de partícula é uma alternativa barata e viável para mitigar os efeitos do estresse. O filme de partícula atua como uma barreira física na superfície das folhas, isso impede que a planta receba luz solar em excesso causando danos no aparato fotossintético.

A mitigação dos efeitos do estresse em plantas refere-se à redução dos danos fisiológicos causados por fatores ambientais adversos, especialmente aqueles que afetam diretamente o aparato fotossintético. Sob estresses abióticos como déficit hídrico e alta irradiância, ocorre desbalanço entre absorção de energia luminosa e sua utilização nos processos fotoquímicos, resultando em sobre-redução do PSII, acúmulo de elétrons na plastoquinona (QA^-) e aumento da formação de espécies reativas de oxigênio (ROS), comprometendo a eficiência fotoquímica (F_v/F_m) e o transporte de elétrons. Estratégias de mitigação, como o uso de filmes de partículas, atuam modulando o microclima foliar, reduzindo temperatura e pressão de excitação sobre os fotossistemas, promovendo maior equilíbrio redox e estabilidade das membranas dos tilacoides.

A avaliação da fluorescência da clorofila *a* constitui uma ferramenta sensível e não destrutiva para analisar o estado funcional do aparato fotossintético, especialmente do fotossistema II (PSII). A análise da cinética OJIP permite acompanhar, em escala de microssegundos a milissegundos, a dinâmica de redução dos aceptores de elétrons, fornecendo informações sobre o fechamento dos centros de reação, o acúmulo de elétrons na QA^- e a eficiência do transporte eletrônico. Quanto maior for a fluorescência, maior será o dano causado pelo estresse. Dessa forma, a fluorescência da clorofila não apenas reflete a eficiência fotoquímica, mas também o equilíbrio redox e a estabilidade estrutural das membranas dos tilacoides, sendo amplamente empregada na avaliação da tolerância e da mitigação de estresses em plantas. O objetivo do trabalho foi avaliar a influência do filme de partícula de óxido de cálcio na atenuação dos efeitos deletérios da restrição hídrica nos parâmetros ecofisiológicos e produtivos da videira.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE E IMPORTÂNCIA SOCIOECONÔMICA

A videira é uma planta perene, lenhosa e trepadeira, pois possuem gavinhas que têm a função de sustentação dos ramos em estruturas de apoio. Em regiões de clima tropical e subtropical, o ciclo produtivo é bem definido (Candar et al. 2021). O gênero *Vitis* é classificado em dois subgêneros: o *Muscadinia* e o *Euvitis*. O subgênero *Euvitis* reúne 80 espécies cultivadas, dentre elas estão a *Vitis labrusca* L., originária da América do Norte, e a espécie *Vitis vinifera* L., originária da Ásia-Europa, importante na viticultura brasileira (Aradhya et al., 2013; Vannozzi et al., 2022).

A importância da viticultura não está associada apenas à diversidade de derivados e do consumo in natura, mas também às suas propriedades nutricionais e funcionais para a saúde humana. A uva é fonte de compostos bioativos, especialmente polifenóis com ação antioxidante e vitaminas importantes como a K, A, C e B6,. Também fornece minerais essenciais como potássio, cálcio, magnésio e fósforo, além de possuir alto teor de água, fibras e carboidratos saudáveis (Fortes e Pais 2016; Kurt-Celebi et al. 2020).

Dentre as cultivares produzidas no Brasil está a Isabel precoce, que é um híbrido do resultado de uma mutação somática espontânea da cv. Isabel é mais precoce 33 dias no ciclo e apresenta maturação mais uniforme que a sua progenitora (Camargo, 2004). Essa característica possibilita ter duas safras por ano, fomentando a indústria de sucos e vinhos de mesa que tem a matéria prima disponível por mais tempo, (Sato et al, 2016). A cv. Isabel precoce tem ganhado espaço nos cultivos brasileiros, por possuir características como resistência a doenças, adaptação a climas quentes, vigor produtivo e alto rendimento, (Arcanjo et al, 2015; Yamamoto et al, 2018).

Nos últimos anos o cultivo de uva tem registrado crescimento no Brasil, isso está ligado a expansão da viticultura com cultivares resistentes e que se adaptam a climas tropicais e subtropicais do país, como por exemplo no Vale do Rio São Francisco. De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2024 o país alcançou uma produção aproximada de 1,4 milhão de toneladas de uvas.

2.2 ESTRESSES ABIÓTICOS

O estresse abiótico é caracterizado por uma série de eventos naturais que são desfavoráveis para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Déficit hídrico, alta ou baixa temperatura, salinidade e radiação são alguns dos fatores que interferem no potencial genético das plantas e provoca instabilidade na integridade molecular, além de alterações bioquímicas e fisiológicas (Warsi et al, 2021).

A distribuição desigual da precipitação quando está associada a altas temperaturas, são fatores que afetam a produtividade das plantas, uma vez nessas condições as plantas fecham os estômatos e diminui a fotossíntese. A água que deveria ficar retida no solo reduz gradativamente e dificulta a germinação, o crescimento radicular, e aumenta o abortamento floral, (Umar et al, 2021).

O estresse abiótico provocado por altas temperaturas desencadeia uma série de eventos indesejáveis para as plantas, tais como desequilíbrio no metabolismo de ácidos nucleicos e proteínas, instabilidade na membrana, inibição de fotossíntese e degradação de clorofila, a soma desses fatores interfere diretamente na produtividade, (Gupta et al., 2020). O estresse térmico interfere no equilíbrio das reações de oxigênio, levando a produção de ROS, inibindo os mecanismos capazes de eliminar as formas tóxicas de O₂ contido nas células das plantas. O aumento das espécies reativas de oxigênio (ROS) produz a oxidação de moléculas, inativação de enzimas, aumento da respiração, degradação da membrana e alterações na expressão gênica (Singh et al 2019).

A combinação de estresse abiótico, como o salino e o hídrico, exerce efeitos sinérgicos negativos sobre o crescimento e desenvolvimento de videiras, comprometendo a morfologia e a fisiologia das plantas. O estresse salino e hídrico em videiras quando associados inibem a emissão de novos brotos, reduz a turgência foliar, em razão do menor acúmulo de água nos tecidos, diminui nos pigmentos fotossintético, além de provocar alterações nas membranas das células, aumento da peroxidação lipídica e a inativação do fotossistema PSII, reduzindo a eficiência na etapa fotoquímica e limita a taxa de assimilação de carbono (Zhang et al., 2026).

As mudanças climáticas têm influenciado na exposição a radiações ultravioleta. O estresse por radiação em plantas causa alterações fisiológicas, bioquímicas e moleculares. Esse tipo de estresse afeta negativamente o desenvolvimento da planta, pois são induzidas a fechar os estômatos, aumentar a respiração, consequentemente reduz a taxa fotossintética e promove

a geração de espécies reativas de oxigênio (ROS) que danifica componentes celulares como o DNA, membranas e proteínas (Ding et al., 2025; Hay et al., 2025).

O estresse hídrico em videiras provoca importantes alterações morfológicas e fisiológicas, refletindo diretamente no desenvolvimento da planta. Entre os principais efeitos morfológicos, destacam-se a redução no crescimento vegetativo, diminuição dos números de gemas e menor emissão de novas folhas. Da perspectiva fisiológica, o estresse hídrico causa limitação na capacidade de armazenar água nas folhas, causando turgência foliar, além de diminuir consideravelmente a produtividade devido a redução no número de cachos e bagas. Também compromete a assimilação de CO₂, afetando a eficiência fotossintética, sobretudo pela degradação dos pigmentos fotossintéticos, o que limita a capacidade da planta de converter energia luminosa em energia (Iqbal et al. 2026).

2.3 ESTRESSE HÍDRICO

O estresse hídrico é caracterizado como baixa disponibilidade de água disponível no solo para as plantas. Normalmente as plantas são afetadas quando ocorre um período prolongado de déficit hídrico, pois as plantas fecham os estômatos para diminuir a desidratação, porém controlam a entrada de CO₂ nas células, o que resulta na baixa produção de fotossíntese e consequentemente no declínio da produtividade (Gupta et al 2020; Tardieu et al 2018).

Quando as plantas são expostas a períodos prolongados de estresse hídrico ocorre redução na taxa assimilatória e redução da fotossíntese líquida, comprometida pelo declínio na atividade dos cloroplastos, nitrogênio líquido e das enzimas responsáveis pela síntese da fotossíntese e comprometem o funcionamento do fotossistema I e II, isso reduz a possibilidade de recuperação das plantas, podendo chegar ao ponto de murcha permanente (Gowtham et al, 2022).

O estresse hídrico causa efeitos negativos nas plantas, a exposição a esse estresse por muito tempo ocorre a síntese de espécies reativas de oxigênio (ROS) que são prejudiciais para as plantas pelo fato de degradar as células das plantas e comprometer o processo de fotossíntese. A seca causa alterações na morfologia das videiras, tais como enrugamento e amarelecimento das folhas, crescimento reduzido, encurtamento entre nós, diminuição da qualidade dos frutos, maturação desuniforme e cores irregulares em cachos, (Bilir et al, 2022).

A falta de disponibilidade de água para as plantas prejudica a expansão celular. Para mitigar os efeitos negativos, as plantas criam estratégias de sobrevivência, incluindo a síntese de fitohormônio, fechamento de estômatos para diminuir a transpiração e ajuste osmótico, (Baba et al, 2024). Alternativas artificiais estão sendo utilizadas para mitigar o estresse em plantas, como por exemplo, a utilização de filme de partícula.

2.4 FILME DE PARTÍCULA

Os filmes de partículas são uma alternativa para atenuar estresses abióticos em diversas culturas agrícolas. Funcionando como um sombreamento artificial, esses filmes colaboram para a estabilidade bioquímica das plantas, criando condições propícias para o processo fotossintético. A eficácia desses filmes é atribuída à natureza reflexiva de suas partículas, que ajudam a reduzir o estresse ambiental ao modificar o microambiente da copa das plantas. Isso não só melhora a saúde das plantas, mas também proporciona benefícios econômicos significativos para as culturas agrícolas (Glenn, 2012; Silva et al., 2019).

O filme de partícula é uma alternativa barata de fácil disponibilidade e que não causa sintomas adversos nas plantas. a aplicação do filme atua na como película que protege a planta de altas temperaturas, proporcionando alteração do microclima foliar e reduz as perdas por transpiração, (Khalil et al, 2024).

A aplicação de filme de partícula de cálcio promoveu sombreamento artificial eficaz e mitigou estresse térmico e luminoso em plantas de café conilon, promovendo melhor eficiência na assimilação de CO₂, no uso da água e na conservação bioquímica e fotoquímica das plantas (Silva et al, 2019). Na aplicação de Filme de partículas de CaO e CaCO₃ em videiras Silva et al. (2019) descobriram que ocorreu aumento no teor de clorofila, reduziram a temperatura foliar e aumentou a capacidade de síntese de clorofila e redução da fluorescência da clorofila a.

Após a aplicação, o filme de partícula forma uma película uniforme sobre a superfície foliar, atua como uma barreira física contra condições de temperaturas elevadas e radiação solar excessiva. Essa cobertura exerce um papel de modificador do balanço energético da planta, promovendo maior reflectância e redução da temperatura no interior da folha. Esse efeito contribui para a manutenção da integridade celular para a otimização da atividade fotossintética, além de promover um melhor desempenho fisiológico mesmo em condições de estresse (Copp et al, 2025).

2.5 FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA

A fotossíntese é um processo fundamental para a produção de energia nas plantas, sendo essencial para seu crescimento e desenvolvimento. Durante esse processo, a luz solar é absorvida pelas moléculas de clorofila, pigmentos localizados nos cloroplastos das células foliares. A energia luminosa captada pode ser direcionada para três destinos diferentes: utilizada na etapa fotoquímica e bioquímica da fotossíntese, dissipada na forma de calor ou reemitida sob a forma de luz, fenômeno conhecido como fluorescência da clorofila, (Murchie et al, 2013).

A análise da fluorescência da clorofila a permite compreender os processos que ocorrem com a luz solar absorvida e entender o funcionamento dos fotossistemas PSI e PSII, os transportes de elétrons entre eles e analisar as respostas das plantas quando são submetidas a condições de estresse, (Bhagooli, et al 2021). O teste OJIP é uma técnica utilizada para analisar o aumento polifásico da fluorescência transiente da clorofila a e a eficiência no transporte de elétrons dos fotossistemas, principalmente o PSII, (Dinis, et al 2016).

Na cultura do tomate o OJIP foi fundamental para detectar que o filme de partícula CaCO_3 promoveu alterações positivas na fluorescência transiente no metabolismo das plantas em diferentes regimes hídricos, comprovando que as plantas absorveram a luz solar de forma eficiente, (Silva et al., 2019). O OJIP é uma ferramenta não destrutiva, utilizada para analisar a eficiência do processo fotossintético, especialmente no fotossistema PSII, fornecendo informações sobre o transporte de elétrons e a absorção de energia, indicando onde ocorreu o dano causado por estresse (Rashid et al. 2026).

3 METODOLOGIA

O estudo foi realizado na unidade experimental da Universidade Federal de Sergipe - UFS, localizado no município de São Cristóvão (Latitude: 11° 0' 54" Sul, Longitude: 37° 12' 21" Oeste.). O solo é classificado como Argissolo vermelho-amarelo, típico das planícies costeiras. A temperatura anual é em média de 25°C, com precipitação anual de 1300 mm concentrada entre os meses de abril e setembro.

O parreiral foi implantado em 2016, utilizando mudas da cultivar Isabel Precoce enxertadas sobre o porta-enxerto 'Paulsen 1103'. As plantas foram dispostas no espaçamento de 2,7 m entre linhas e 2,0 m entre plantas, conduzidas no sistema de espaldeira. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 5 × 2. Os tratamentos consistiram em quatro doses de óxido de cálcio (CaO) (2,5%, 5%, 7,5% e 10%) e uma testemunha sem aplicação de filme, com quatro repetições e duas plantas por parcela. Foram avaliadas duas lâminas de irrigação (50% e 100% da necessidade hídrica da cultura).

Para realizar a aplicação do filme de partícula, o óxido de cálcio (CaO) foi pesado em uma balança analítica diluído em água, com 50 ml/ ha⁻¹ de adjuvante a base de óleo, em seguida foi aplicado até atingir a cobertura total (Figura 1). Os filmes foram aplicados com uma bomba de pulverização manual PAP-5 (Guarany, Brasil), com vazão de 1,2 l min⁻¹ e pressão de trabalho de 690 kPa.

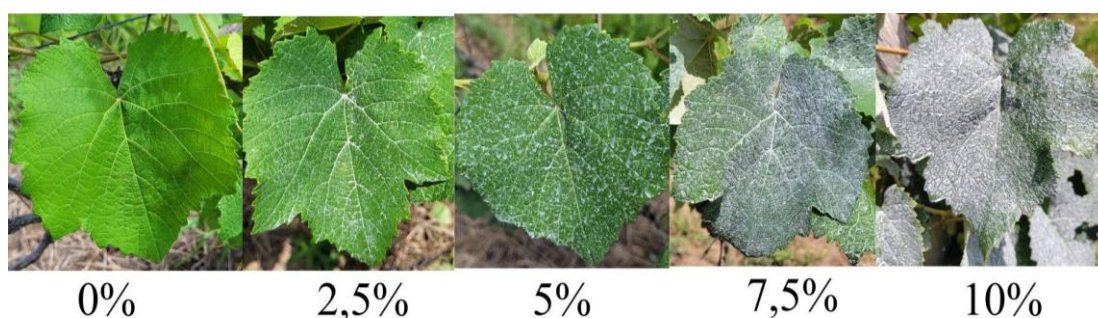


Figura 1- Folhas de uva com filmes de partículas de óxido de cálcio imediatamente após a aplicação e secagem. Da esquerda para a direita: 0%, 5%, 7,5% e 10% (p/v) de (CaO), respectivamente.

O suprimento de água para as plantas foi por meio de irrigação localizada, método de gotejamento, com emissores de vazão de 8 L h⁻¹ e turno de rega de 48 horas. A lâmina de irrigação foi determinada com base em dados climáticos, utilizando a equação de Penman-Monteith, por meio do software ETo Calculator®, para obtenção da evapotranspiração de

referência (ET_0). Esse valor foi multiplicado pelo coeficiente de cultura (K_c) para estimar a evapotranspiração da cultura (ET_c). Os dados meteorológicos foram observados em uma estação meteorológica automática A-409 (Instituto Nacional de Meteorologia - INMET) (Figura 2). Posteriormente, o resultado foi ajustado pela eficiência do sistema de irrigação, determinando-se a lâmina bruta aplicada, a qual foi fornecida via controle do tempo de irrigação. O experimento foi realizado a partir do mês de setembro.

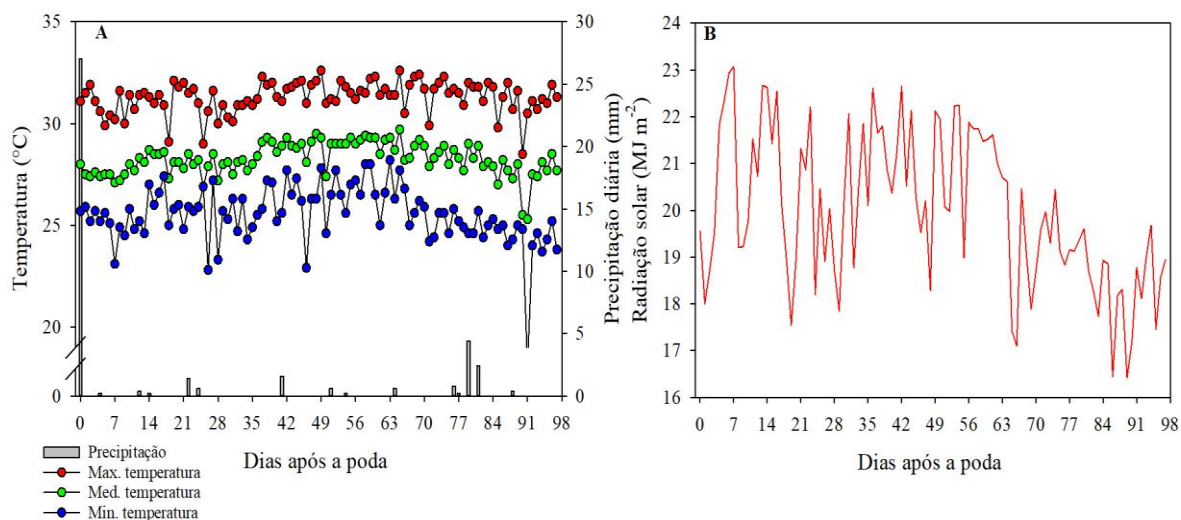


Figura 2-Condições climáticas registradas durante o período experimental (0-98 dias após a poda). (A) Temperaturas máxima, média e mínima do ar (°C) e precipitação diária (mm). (B) Radiação solar global ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$)

Os índices de clorofila Falker, clorofila a (chl a) e clorofila b (chl b) foram medidos 40 dias após a poda e 20 dias após o estresse hídrico em folhas totalmente expostas ao sol, saudáveis e maduras na região mediana dos ramos em três repetições do dossel da planta. As leituras foram realizadas com um calorímetro digital modelo ClorofiLOG CFL1030 (Falker, Brasil), que fornece leituras não destrutivas. As leituras de temperatura foliar foram aferidas com o equipamento portátil modelo 6400XT (LI-COR, EUA) realizadas entre 14:00h e 15:00h

As análises de fluorescência transientes de clorofila foram realizadas com um fluorímetro portátil modelo OS-30p (Opti-Sciences Inc., EUA) para analisar o efeito dos tratamentos no transporte de elétrons dos fotossistemas. As leituras serão realizadas nas mesmas folhas da análise de clorofila, adaptadas ao escuro por 30 minutos, (Silva et al. 2019).

Para a determinação da produtividade, todos os cachos das plantas foram colhidos e a massa foi mensurada em balança analítica, permitindo a obtenção da produtividade por planta.

Os dados foram analisados por meio de análise de variância (ANOVA), utilizando o teste F a 5% de probabilidade para parâmetros quadráticos. Os gráficos foram elaborados no Sigmaplot. Para os fatores quantitativos, quando significativos, realizou-se análise de regressão. As análises estatísticas foram realizadas no software Sisvar. Para os dados do OJIP a estatística foi realizada para cada ponto e foi realizada a plotagem para a elaboração dos gráficos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A aplicação do filme de partícula influenciou significativamente nos teores de clorofila a e b, temperatura e produtividade (Tabela 1). As respostas a aplicação o (CaO) sugerem que o filme atuou criando um microclima na folha das videiras.

Tabela 1 - Resumo das análises de variância para produtividade, temperatura do dossel e pigmentos fotossintéticos sob diferentes regimes hídricos e doses

Fontes de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio (QM)			
		Produtividade Por Planta	Temperatura	ChloA	ChloB
Bloco	3	0,3166 ns	0,4056 ns	45,8803 ns	0,0083 ns
Hídrico	1	194,75 **	6,1466 **	0,5290 ns	6,2410 **
Doses	4	17,24 **	6,5716 **	173,1665 **	55,5865 **
Hídrico × Doses	4	2,0081 ns	1,0109 ns	91,2215 ns	0,1135 ns
Residual	27	0,2326	0,0958	40,3277	0,2528
Média geral	—	8,33	33,75	24,52	9,84
CV (%)	—	5,79	0,92	25,90	5,11

ns: não significativo; *significativo ao nível de probabilidade de 5%; **Significativo ao nível de probabilidade de 1% pelo teste F, CV: Coeficiente de variação

Para a clorofila a, verificou-se efeito significativo das doses de óxido de cálcio. À medida que houve incremento nas concentrações de CaO, observou-se aumento nos teores de clorofila a. Por outro lado, o regime hídrico não apresentou efeito significativo, indicando que a ação do filme de partículas ocorreu de forma independente da condição de irrigação (Figura 3).

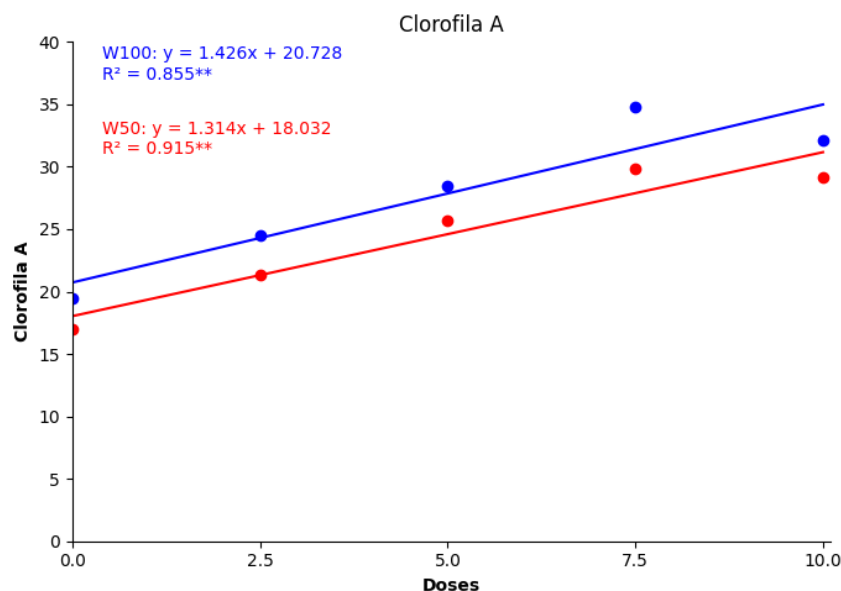


Figura 3-Teores de clorofila A em função das doses aplicadas sob dois regimes hídricos (100% ETc e 50% ETc). Os pontos representam as médias observadas e as linhas indicam os ajustes de regressão linear significativos ($p < 0,01$).

A clorofila b, além do efeito significativo das doses, observou-se a influência do regime hídrico. O maior regime hídrico resultou no maior teor de clorofila b, demonstrando que a disponibilidade de água potencializou o efeito fisiológico do filme de partícula (Figura 4).

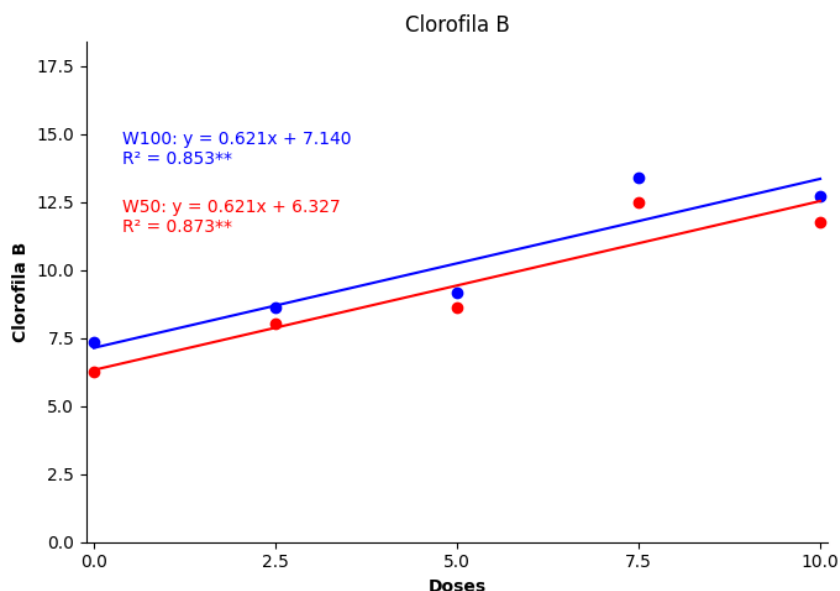


Figura 4-Teores de clorofila B em função das doses aplicadas sob dois regimes hídricos (100% ETc e 50% ETc). Pontos representam as médias observadas e as linhas indicam os ajustes de regressão linear significativos ($p < 0,01$).

O aumento dos teores de clorofila com a aplicação filme de partícula evidencia que o (CaO) promove o sombreamento artificial da superfície foliar, atenuando efeitos do estresse luminoso e térmico. Esse mecanismo favorece o melhor aproveitamento da radiação incidente, além de contribuir com a manutenção da integridade do aparato fotossintético, mesmo em condições de estresse (Oliveira et al. 2026; Luciani et al. 2020).

É possível observar redução linear significativa com o incremento das doses aplicadas em ambos os regimes hídricos. Sob 100% ETc, verificou-se decréscimo de 0,16 °C por unidade de dose, enquanto sob 50% ETc a redução foi mais acentuada, atingindo 0,27 °C por unidade (Figura 5). O comportamento linear negativo indica que o aumento das doses contribuiu para melhorar o equilíbrio térmico do dossel, evidenciando efeito mitigador do tratamento sobre o estresse térmico, possivelmente favoreceu maior atividade estomática e eficiência transpiratória, reduzindo a temperatura foliar mesmo sob limitação hídrica (Silva et al. 2019).

O filme de partícula quando aplicado na superfície das folhas atuam como uma barreira física capaz de refletir a radiação solar incidente, alterando o microclima das folhas reduzindo os riscos de queimaduras e estresse térmico causado por altas temperaturas (Luciani et al. 2020). O filme de partícula promoveu a manutenção da integridade dos tecidos vegetais e os processos fisiológicos das videiras (Frioni et al. 2019).

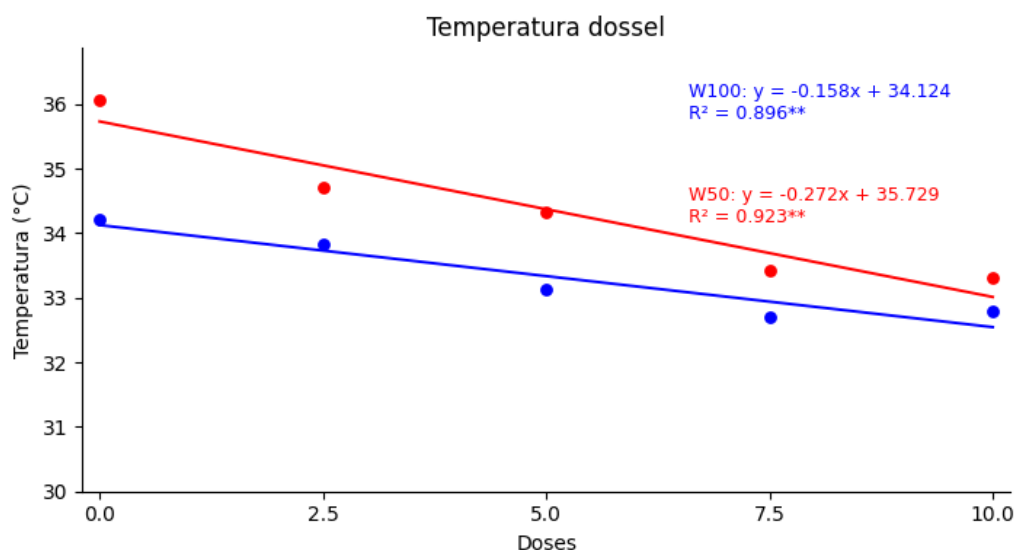


Figura 5-Temperatura do dossel (°C) em função das doses aplicadas sob dois regimes hídricos (100% ETc e 50% ETc). Os pontos representam as médias observadas e as linhas indicam os ajustes de regressão linear significativos ($p < 0,01$).

Os resultados evidenciaram efeito significativo dos fatores de regime hídrico e doses sobre a temperatura, indicando que ambos influenciam diretamente a variável analisada. Observou-se que o regime hídrico de 100% promoveu redução na temperatura média quando comparado ao regime de 50%, demonstrando uma relação inversa entre disponibilidade hídrica e temperatura. Esse comportamento sugere que o aumento da lâmina de irrigação contribui para a atenuação térmica, reforçando a importância do manejo hídrico na modulação dessa variável.

No regime hídrico de 50%, foi possível observar que na curva OJIP a intensidade de fluorescência no tratamento controle foi maior ao longo de toda a fase O–P, com valores mais elevados nas etapas J, I e no pico P (Tabela 2). Os tratamentos com CaO apresentaram redução consistente da fluorescência em comparação ao controle, especialmente nas fases intermediárias da cinética. Observa-se tendência de diminuição progressiva da fluorescência máxima conforme a aplicação de CaO, evidenciando diferença clara entre o controle e os tratamentos sob restrição hídrica.

Tabela 2 - Resumo das análises de variância para parâmetros da fluorescência sob diferentes regimes hídricos e doses

Fontes de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio (QM)			
		O	K	J	I
Bloco	3	1,5583 ns	285,9583 ns	840,3667 ns	194,4667 ns
Hídrico	1	429,0250 **	1288,2250 ns	2822,4000 ns	16160,4000 *
Doses	4	429,0250 **	11193,1875 **	22036,0375 **	38091,0875 **
Residual	31	56,7153	411,2105	883,1694	2800,4339
Média geral	—	282,28	352,13	453,45	656,60
CV (%)	—	2,67	5,76	6,55	8,06

ns: não significativo; *significativo ao nível de probabilidade de 5%; **Significativo ao nível de probabilidade de 1% pelo teste F, CV: Coeficiente de variação

As diferenças entre tratamentos tornam-se mais evidentes a partir da fase J, mantendo-se até o pico P. Enquanto o controle apresentou os maiores valores de fluorescência máxima, os tratamentos com CaO exibiram menor amplitude da elevação O–P, indicando comportamento distinto da resposta fotoquímica sob 50% de disponibilidade hídrica (Figura 6).

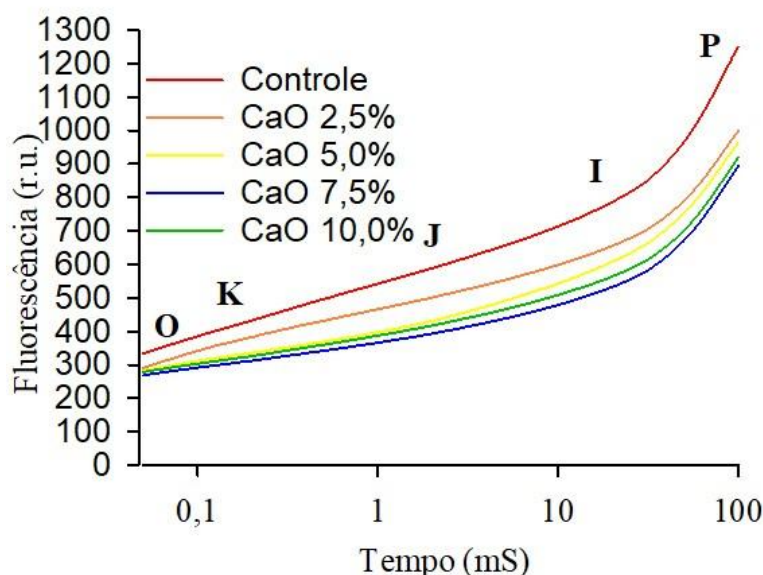


Figura 6-Curvas da fluorescência transiente da clorofila a (cinética OJIP) em função do tempo (escala logarítmica) sob regime hídrico de 50%, em plantas submetidas aos tratamentos: Controle e aplicação de CaO nas concentrações de 2,5%, 5,0%, 7,5% e 10,0%.

A maior intensidade de fluorescência observada no tratamento controle sob 50% de disponibilidade hídrica indica maior fechamento dos centros de reação do PSII, refletindo acúmulo de QA^- e limitação no transporte de elétrons a jusante. O incremento relativo nas fases J e I da cinética OJIP é indicativo de restrição na transferência de elétrons entre QA e QB possível sobre-redução do pool de plastoquinona, condição frequentemente associada à redução da eficiência fotoquímica sob estresse hídrico (Kalaji et al., 2017; Dinis et al. 2018). Em contraste, a menor fluorescência observada nos tratamentos com CaO sugere menor sobre-redução do PSII e melhor manutenção da dinâmica do transporte eletrônico, evidenciando efeito mitigador sobre o aparato fotossintético. A atenuação da elevação O–P indica maior equilíbrio entre absorção, utilização e dissipação de energia, característica associada à maior tolerância a estresses abióticos, incluindo déficit hídrico (Bernardo et al. 2017). Assim, os resultados sugerem que a aplicação de CaO contribuiu para preservar a funcionalidade fotoquímica do PSII sob condição de restrição hídrica moderada.

Sob 100% de disponibilidade hídrica, a manutenção de maior intensidade de fluorescência no tratamento controle ao longo da cinética OJIP, especialmente nas fases J, I e no pico P, indica maior acúmulo de QA⁻ (plastoquinona) e maior proporção de centros de reação fechados do PSII (Figura 7). Mesmo em condição hídrica não limitante, o aumento relativo da fluorescência nas fases intermediárias sugere menor eficiência na transferência de elétrons entre QA e QB e possível limitação na redução do pool de plastoquinona, refletindo menor eficiência fotoquímica global (Stirbet et al., 2020). A elevação do pico P (Fm) está associada ao fechamento máximo dos centros de reação e, quando comparativamente superior aos demais tratamentos, pode indicar menor capacidade de utilização da energia absorvida para processos fotoquímicos (Kalaji et al., 2017).

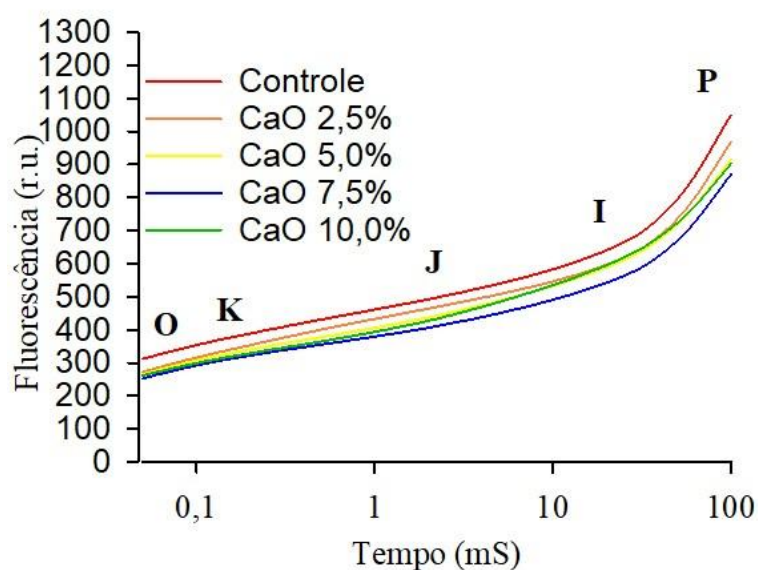


Figura 7-Curvas da fluorescência transiente da clorofila a (OJIP) sob regime hídrico de 100%, em plantas submetidas ao controle e às concentrações de CaO (2,5%, 5,0%, 7,5% e 10,0%)

Por outro lado, os tratamentos com CaO apresentaram redução consistente da fluorescência máxima e menor amplitude da elevação O–P, sugerindo menor sobre-redução do PSII e maior estabilidade funcional do transporte eletrônico. A menor intensidade nas fases J e I indica menor acúmulo de QA⁻ e maior eficiência na condução de elétrons a jusante, característica associada à melhor desempenho fotoquímico mesmo em condições sem limitação hídrica (Coop et al. 2025). Esses resultados indicam que o CaO não apenas mitiga efeitos do estresse hídrico, mas também pode promover maior eficiência operacional do PSII em condição hídrica adequada, possivelmente contribuindo para melhor equilíbrio entre absorção, transporte e dissipação de energia luminosa.

Os resultados observados no presente estudo, especialmente a maior intensidade de fluorescência nas fases J, I e no pico P no tratamento controle, indicam maior fechamento dos centros de reação do PSII e maior acúmulo de QA^- , caracterizando sobre-redução da cadeia transportadora sob maior pressão energética. Esse comportamento é consistente com os achados de Silva et al. (2019a) em *Coffea canephora* e Silva et al. (2019b) em videiras, nos quais a ausência de filme resultou em maiores valores de VJ, VI e maior fluxo energético por seção transversal (ABS/CSm), evidenciando maior estado redox reduzido do PSII.

Nos tratamentos com filme de CaO, a atenuação da elevação O–P sugere redução da pressão de excitação e melhor equilíbrio entre absorção e transporte eletrônico, mecanismo previamente associado à redução da temperatura foliar, maior estabilidade das membranas tilacoidais e maior eficiência fotoquímica (F_v/F_m). O efeito foi mais pronunciado sob regime hídrico de 50%, condição em que a limitação estomática tende a restringir o consumo de NADPH e favorecer o acúmulo de elétrons na cadeia transportadora. Assim, os resultados indicam que o filme de partículas atua como modulador do estado redox do PSII, promovendo maior estabilidade funcional do aparato fotossintético, sobretudo em condição de maior vulnerabilidade fisiológica (Zhang et al. 2018).

De acordo com a análise de variância é possível observar que teve significância de 1% de probabilidade por planta para os fatores isolados de lâmina de irrigação e doses de óxido de cálcio. Não houve interação entre os fatores a uma probabilidade de 5% (Figura 8).

Foi possível observar que a produtividade máxima estimada foi no regime de 100 % ETc, em todas as faixas das doses avaliadas. A produtividade mínima estimada nesse regime foi de 8 kg por planta no tratamento controle, enquanto o valor máximo atingiu 15,5 kg na dose 10% do filme de partícula, evidenciando resposta linear crescente sem indicação de saturação dentro do intervalo estudado, ou seja, a lâmina de 100% pode aumentar a dose. Sob regime hídrico de 50% ETc, no modelo quadrático a produtividade variou de 4,7 kg na dose de até um máximo estimada de 7kg na dose 9,5 %. Esses resultados demonstram que a restrição hídrica limita significativamente o potencial produtivo e reduz a eficiência de resposta às doses aplicadas.

O sombreamento artificial promovido pelo filme de partícula reduz a condutância estomática em videiras e como consequência a melhora a eficiência no uso da água pela planta, mesmo em condições de estresse, reduz a transpiração, e melhora a eficiência do aparato fotossintético. (Dinis et al. 2018; Cao et al. 2023).

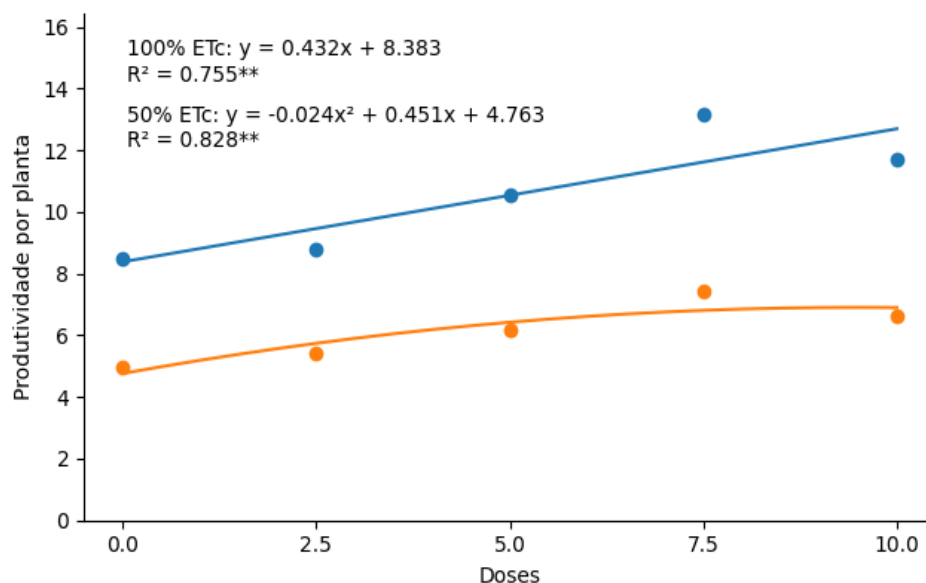


Figura 8-. Produtividade por planta em função das doses aplicadas sob dois regimes hídricos (100% ETc e 50% ETc). Os pontos representam as médias observadas e as linhas indicam os ajustes de regressão linear para 100% ETc e quadrático para 50% ETc, ambos signifi

A redução da disponibilidade de água no solo provoca diminuição do potencial hídrico da planta, levando ao fechamento estomático como mecanismo de defesa para reduzir a perda de água por transpiração. Embora essa resposta seja essencial para a sobrevivência, ela também reduz a entrada de CO₂, limitando a taxa fotossintética e, conseqüentemente, a produção de fotoassimilados. A longo prazo, essa restrição compromete o crescimento vegetativo e reprodutivo (Bandurska et al. 2022).

O estresse hídrico afeta a multiplicação e o alongamento celular das plantas, esses danos na fase de frutificação das videiras reduz significativamente a produtividade, limitada pela redução do número de cachos, número de bagas por cacho e redução no peso das bagas. Benyahia et al. (2026) relata que houve redução de 45% da produtividade de uva devido ao estresse hídrico na fase de frutificação.

5 CONCLUSÃO

A aplicação do filme de partícula à base de óxido de cálcio foi eficiente na atenuação dos efeitos do estresse hídrico em videiras. As doses promoveram aumento nos teores de clorofila, redução da temperatura do dossel e menor intensidade de fluorescência nas fases J, I e P da curva OJIP, indicando maior estabilidade fotoquímica do PSII, especialmente sob regime de 50% ETc.

O filme de partícula à base de CaO foi determinante para o aumento da produtividade por planta, superando o tratamento controle, especialmente sob 100% da ETc. Esse desempenho evidencia a alta eficiência do filme na mitigação dos estresses hídrico e térmico, com resultados positivos na produtividade da videira.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARCANJO, Narciza Maria de Oliveira et al. Optimization of the HS-SPME-GC/MS technique for determining volatile compounds in red wines made from Isabel grapes (*Vitis labrusca*). **Food Science and Technology**, v. 35, p. 676-682, 2015.

ARADHYA, M.; WANG, Y.; WALKER, M. A.; PRINS, B. H. Genetic diversity, structure, and patterns of differentiation in the genus *Vitis*. **Plant Systematics and Evolution**, v. 299, p. 317-330, 2013.

BABA, Yavuz et al. How does water stress affect the bioaccumulation of galanthamine and lycorine, growth performance, phenolic content and defense enzyme activities in summer snowflake (*Leucojum aestivum* L.)? **Physiology and Molecular Biology of Plants**, v. 30, n. 5, p. 775-790, 2024.

BANDURSKA, Hanna. Drought stress responses: coping strategy and resistance. **Plants**, v. 11, n. 7, p. 922, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants11070922>.

BENYAHIA, Fadwa et al. Impact of timing and intensity of water stress on physiological performance and wine quality in two white grapevine cultivars planted in a mountain vineyard. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 32, n. 1, p. 6920071, 2026.

BERNARDO, S. et al. Particle film application reduces oxidative damage and DNA methylation in grapevine (*Vitis vinifera* L.). **Environmental and Experimental Botany**, v. 139, p. 39-47, 2017.

BHAGOOOI, Ranjeet et al. Chlorophyll fluorescence: a tool to assess photosynthetic performance and stress photophysiology in symbiotic marine invertebrates and seaplants. **Marine Pollution Bulletin**, v. 165, p. 112059, 2021.

BILIR EKBIC, Hatice; GECENE, İnci; EKBIC, Ercan. Determination of the tolerance of fox grapes (*Vitis labrusca* L.) to drought stress by PEG application in vitro. **Erwerbs-Obstbau**, v. 64, suppl. 1, p. 87-94, 2022.

CAO, Xiao et al. Effects of kaolin particle film coatings on the water-saving efficiency and fruit quality of Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) grape plants in the Ningxia region of China. **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, v. 64, n. 3, p. 421-435, 2023.

CAMARGO, Umberto Almeida. 'Isabel precoce': alternativa para a vitivinicultura brasileira. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004.

CANDAR, S. et al. Tradition of viticulture in Turkey. **Viticulture Studies (VIS)**, v. 1, p. 39-54, 2021.

COPP, Cody R.; LIAO, Mingchang; BOURANIS, John A. Response of leaf optical properties, temperature and physiology to variable-rate kaolin application. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 76, n. 1, 2025.

DING, Jianing et al. Deciphering molecular transcriptomic mechanisms of carbon ion beams and X-rays in rice seedlings. **BMC Genomics**, v. 26, p. 308, 2025.

DINIS, L.-T. et al. Kaolin-based foliar reflective film protects photosystem II structure and function in grapevine leaves exposed to heat and high solar radiation. **Photosynthetica**, v. 54, p. 47-55, 2016.

DINIS, L.-T. et al. Kaolin modulates ABA and IAA dynamics and physiology in grapevine under Mediterranean summer stress. **Journal of Plant Physiology**, v. 220, p. 181-192, 2018.

FRIONI, Tommaso et al. Understanding kaolin effects on grapevine leaf and canopy physiology during water stress and rehydration. **Journal of Plant Physiology**, v. 242, p. 153020, 2019.

FORTES, Ana M.; PAIS, Maria S. Grapevine (*Vitis* spp.). In: **Nutritional composition of fruit cultivars**. Academic Press, 2016. p. 257-286.

GLENN, D. M. The mechanisms of plant stress mitigation by kaolin-based particle films and applications in horticultural and agricultural crops. **HortScience**, v. 47, n. 6, p. 710-711, 2012.

GOWTHAM, H. G. et al. Insight into recent progress and perspectives in improvement of antioxidant machinery upon PGPR augmentation in plants under drought stress: a review. **Antioxidants**, v. 11, n. 9, p. 1763, 2022.

GUPTA, Aditi; RICO-MEDINA, Andrés; CAÑO-DELGADO, Ana I. The physiology of plant responses to drought. **Science**, v. 368, n. 6488, p. 266-269, 2020.

HAY MELE, Bruno et al. Antioxidant defenses and PARP activity provide radioresilience against ionizing radiation stress in dwarf bean plants. **Antioxidants**, v. 14, n. 3, p. 261, 2025.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola (LSPA)**. 2024. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>. Acesso em: 31 mar. 2025.

IQBAL, Sabir et al. Methyl jasmonate enhances physiological and biochemical indicators and alleviates drought stress in grapevines through activation of genes VvNCED1 and VvABF1. **Journal of Plant Growth Regulation**, p. 1-20, 2026.

KALAJI, H. M. et al. Frequently asked questions about chlorophyll fluorescence, the sequel. **Photosynthesis Research**, v. 132, p. 13-66, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11120-016-0318-y>.

KOPECKÁ, Romana et al. Abiotic stress in agricultural production. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 24, n. 7, p. 6603, 2023.

KURT-CELEBI, Aynur et al. Accumulation of phenolic compounds and antioxidant capacity during berry development in black ‘Isabel’ grape (*Vitis vinifera* L. × *Vitis labrusca* L.). **Molecules**, v. 25, n. 17, p. 3845, 2020.

KHALIL, Uzman et al. Changes in physicochemical quality and antioxidant system of grapes by kaolin applied to reduce bunch compactness. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, p. 1-10, 2024.

LEÃO, P. C. S.; CARVALHO, J. N. Tropical viticulture in Brazil: São Francisco Valley as an important supplier of table grapes to the world market. In: **Latin American Viticulture**. Springer, 2024.

LUCIANI, Elisa et al. Kaolin treatments on Tonda Giffoni hazelnut (*Corylus avellana* L.) for the control of heat stress damages. **Scientia Horticulturae**, v. 263, p. 109097, 2020.

MAIA, João Dimas Garcia; RITSCHER, Patricia; LAZZAROTTO, Joélsio José. A viticultura de mesa no Brasil: produção para o mercado nacional e internacional. **Territoires du Vin**, n. 9, 2018.

MURCHIE, Erik H.; LAWSON, Tracy. Chlorophyll fluorescence analysis: a guide to good practice and understanding some new applications. **Journal of Experimental Botany**, v. 64, n. 13, p. 3983-3998, 2013.

OIV. Organização Internacional da Vinha e do Vinho. **Statistics**. 2023. Disponível em: <https://www.oiv.int/index.php/what-we-do/statistic>. Acesso em: 10 jan. 2026.

OLIVEIRA JUNIOR, L. F. et al. Increased productivity and water use efficiency in grapevines using calcium oxide particle films. **Russian Journal of Plant Physiology**, v. 73, p. 19, 2026. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1021443725605282>.

RASHID, Muhammad; AMJAD, Natasha; SHAH, Kausar Hussain. Chlorophyll a fluorescence kinetics reveals differential PSII response mechanisms and salinity tolerance in pearl millet. **BMC Plant Biology**, 2026.

SATO, Alessandro Jefferson et al. Immobilization and nutrient uptake in ‘early isabella’ grapevines grafted on different rootstocks in organic management. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 3, p. 1201-1208, 2016.

SILVA, Paulo Silas Oliveira et al. Calcium carbonate particle films and water regimes affect acclimation, ecophysiology and reproduction of tomato plants. **Environmental and Experimental Botany**, v. 165, p. 19-29, 2019.

SILVA, Paulo Silas Oliveira et al. Calcium particle films promote artificial shading and photoprotection in leaves of American grapevines (*Vitis labrusca* L.). **Scientia Horticulturae**, v. 252, p. 77-84, 2019.

SINGH, A. et al. Reactive oxygen species-mediated signaling during abiotic stress. **Plant Gene**, v. 18, p. 100173, 2019.

STIRBET, Alexandrina; GOVINDJEE. Chlorophyll a fluorescence induction: a personal perspective of the thermal phase, the J-I-P rise. **Photosynthesis Research**, v. 113, n. 1, p. 15-61, 2012.

TARDIEU, François; SIMONNEAU, Thierry; MULLER, Bertrand. The physiological basis of drought tolerance in crop plants: a scenario-dependent probabilistic approach. **Annual Review of Plant Biology**, v. 69, n. 1, p. 733-759, 2018.

UMAR, Olayinka Bolaji et al. Stresses in plants: biotic and abiotic. In: **Current trends in wheat research**. IntechOpen, 2021.

VANNOZZI, A. et al. Dioecy in flowering plants: from the first observations of Prospero Alpini in the XVI century to the most recent advances in the genomics era. **Agriculture**, v. 12, n. 3, p. 364, 2022.

WARSI, M. K.; HOWLADAR, S. M.; ALSHARIF, M. A. Regulon: an overview of the abiotic stress transcription regulatory system in plants and its role in transgenic plants. **Brazilian Journal of Biology**, v. 83, p. e245379, 2021.

YAMAMOTO, Lilian Yukari et al. Isabel grape treated with abscisic acid in different maturation stages. **JOJ Horticulture & Arboriculture**, v. 1, p. 555554, 2018.

ZHANG, Wei et al. Role of phosphorus supply in maximizing leaf area and photosynthetic rate in coordination with grain yield of summer maize. **Field Crops Research**, v. 219, p. 113-119, 2018.

ZHANG, Dongliang et al. Comprehensive physiological, transcriptomic and metabolomic analyses reveal that putrescine alleviates grape responses to combined salinity and drought stress. **Industrial Crops and Products**, v. 240, p. 122572, 2026.