



**ESCOLA MUNICIPAL DE EDUCAÇÃO EM TEMPO INTEGRAL EMETI PAULO
SARASATE**

**PLANT – UV: DESENVOLVIMENTO DE SOLUÇÃO FOTOPROTETORA COMO
ESTRATÉGIA DE ADAPTAÇÃO AGROCLIMÁTICA PARA PLANTAS DO
SEMIÁRIDO**

BELA CRUZ – CE, BRASIL

2025



ANA JÚLIA VASCONCELOS CARVALHO

MARIA CLARA LOPES

BEATRIZ MARQUES MOURA

**PLANT – UV: DESENVOLVIMENTO DE SOLUÇÃO FOTOPROTETORA COMO
ESTRATÉGIA DE ADAPTAÇÃO AGROCLIMÁTICA PARA PLANTAS DO
SEMIÁRIDO**

Relatório apresentado à 9ª FEMIC - Feira
Mineira de Iniciação Científica.

Orientação do Prof. Beatriz Marques Moura

BELA CRUZ – CE, BRASIL

2025



RESUMO

As mudanças climáticas intensificam a ocorrência de ondas de calor extremo, elevando temperaturas médias e ampliando a incidência de radiação ultravioleta em regiões semiáridas. Esse agravamento compromete processos fisiológicos vitais das plantas, provocando estresse térmico, queimaduras foliares e redução significativa da produtividade agrícola. Este projeto propõe o desenvolvimento de uma formulação fotoprotetora natural e de baixo custo como estratégia de adaptação agroclimática para mitigar os efeitos da radiação UV em cultivos agrícolas. Foram desenvolvidas duas formulações com diferentes ativos principais: a primeira combina extrato aquoso de folhas de *Anacardium occidentale* L. (cajuero) com caulim, unindo os compostos antioxidantes à alta refletância do mineral; a segunda integra extratos de folhas de cajueiro, seriguela (*Spondias purpurea* L.) e cascas de arroz, aproveitando a sinergia antioxidante e fotoprotetora desses componentes. Para isso, a metodologia incluiu: (1) coleta e secagem do material vegetal; (2) extração dos compostos bioativos; (3) preparo da formulação em concentração segura; (4) aplicação foliar por pulverização manual em mudas de bananeira (*Musa spp.*); e (5) monitoramento, sob radiação solar natural, de parâmetros fisiológicos: temperatura foliar, coloração, incidência de queimaduras solares, desidratação e clorose, comparando plantas tratadas e grupo controle. Os resultados demonstraram redução média de 4,1°C na temperatura foliar e diminuição de 75% das lesões por escaldadura solar, sem sinais de fitotoxicidade. A formulação apresentou estabilidade, fácil aplicação e potencial para integrar sistemas agroecológicos, configurando-se como uma tecnologia sustentável e eficaz para minimizar os impactos do estresse térmico sobre a produção agrícola. Sua aplicação contribui para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 2, 12, 13 e 15 da ONU, promovendo a agricultura sustentável, o uso responsável de recursos naturais, a mitigação dos impactos climáticos e a preservação dos ecossistemas terrestres.

Palavras-chave: Mudanças Climáticas; Estresse Térmico; Fotoproteção; Plantas; Semiárido.



SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
2 JUSTIFICATIVA.....	5
3 OBJETIVO GERAL	7
4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	8
5 METODOLOGIA	10
6 RESULTADOS OBTIDOS	12
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	16
8 REFERÊNCIAS.....	17



PLANT – UV: DESENVOLVIMENTO DE SOLUÇÃO FOTOPROTETORA COMO ESTRATÉGIA DE ADAPTAÇÃO AGROCLIMÁTICA PARA PLANTAS DO SEMIÁRIDO

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas têm provocado alterações significativas nos ecossistemas terrestres, afetando diretamente a agricultura e a segurança alimentar. No semiárido nordestino, região caracterizada por baixos índices pluviométricos, elevada insolação e temperaturas extremas, esses efeitos são particularmente severos. De acordo com dados da Organização Meteorológica Mundial (AGÊNCIA GOV, 2025) a temperatura média no planeta aumentou aproximadamente 1,5 °C nos últimos 50 anos, com tendência de crescimento acelerado nas próximas décadas.

No município de Bela Cruz, no estado do Ceará, as condições climáticas seguem esse padrão de severidade ambiental com temperaturas frequentemente acima de 33 °C. A agricultura familiar, base da economia local, enfrenta sérios desafios para garantir a produção de alimentos diante do aumento da radiação solar e do estresse térmico nas plantas cultivadas, uma vez que o excesso de calor afeta diretamente a fotossíntese, a transpiração e a integridade celular, provocando escaldaduras, desidratação, necrose e redução da produtividade.

Frente a esse desafio, o presente projeto propõe a formulação de um protetor foliar baseado em compostos bioativos de espécies vegetais nativas, capaz de reduzir a temperatura foliar sem interferir nos processos fotossintéticos. Fundamentada em princípios de química verde, fisiologia vegetal e adaptação climática, a abordagem apresenta-se como uma alternativa sustentável para aumentar a resiliência da agricultura regional frente aos efeitos adversos das mudanças climáticas.

2. JUSTIFICATIVA E CONTEXTUALIZAÇÃO

As mudanças climáticas constituem um dos maiores desafios da atualidade, afetando de maneira significativa a produção agrícola, especialmente em regiões áridas e semiáridas, onde os ecossistemas são extremamente sensíveis às variações climáticas. De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2021), a temperatura média global já aumentou 1,1 °C em relação



aos níveis pré-industriais, intensificando a frequência de secas, ondas de calor e eventos de precipitação irregular.

No Semiárido Nordeste, essas alterações climáticas tornam-se particularmente críticas devido às condições já naturalmente adversas, como precipitação média anual inferior a 800 mm, alta evapotranspiração e temperaturas médias superiores a 28 °C, características que limitam a produtividade agrícola e aumentam a vulnerabilidade socioeconômica das populações rurais. (SANTOS et al., [s.d.])

O município de Bela Cruz, situado no norte do Ceará, exemplifica essa vulnerabilidade. A região apresenta longos períodos de estiagem, solos com baixa retenção hídrica e alta exposição solar, fatores que intensificam estresses abióticos nas culturas agrícolas.

Dessa forma, o estresse térmico e a radiação solar elevada impactam diretamente os processos fisiológicos das plantas, incluindo fotossíntese, transpiração e balanço hídrico, resultando em redução da produtividade, perda de qualidade dos produtos e, conseqüentemente, comprometendo a renda de pequenos agricultores familiares. Além disso, a insegurança hídrica e a irregularidade das chuvas agravam ainda mais a situação, tornando necessária a adoção de estratégias que promovam resiliência e adaptação às condições extremas do semiárido. (BRASIL, 1998)

Embora técnicas tradicionais de mitigação, como sombreamento parcial, irrigação controlada e barreiras físicas possam oferecer algum alívio, essas soluções frequentemente apresentam limitações práticas. Sistemas de irrigação de alta complexidade ou protetores sintéticos requerem investimentos financeiros significativos e infraestrutura adequada, barreiras difíceis de superar para agricultores familiares com recursos limitados. Além disso, o uso contínuo de protetores químicos pode gerar impactos ambientais, acumulando resíduos no solo e na água, o que reforça a necessidade de alternativas sustentáveis e ecologicamente responsáveis.

Nesse contexto, o desenvolvimento de soluções fotoprotetoras baseadas em ativos naturais da biodiversidade local surge como uma abordagem promissora. O Semiárido é rico em espécies vegetais adaptadas a condições extremas de temperatura e escassez hídrica, muitas das quais apresentam compostos bioativos com propriedades antioxidantes e fotoprotetoras. O aproveitamento desses recursos



permite a criação de tecnologias adaptadas ao território, de baixo custo, ambientalmente sustentáveis e socialmente inclusivas, promovendo simultaneamente a valorização da biodiversidade local e o fortalecimento do conhecimento tradicional associado ao manejo agrícola.

O projeto Plant-UV, portanto, justifica-se pela urgência em desenvolver estratégias que aumentem a resiliência da agricultura familiar em Bela Cruz frente aos impactos das mudanças climáticas. Ao propor a formulação de um protetor solar vegetal utilizando extratos de espécies nativas e minerais abundantes na região, como folhas de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.), seriguela (*Spondias purpurea*), cascas de arroz e caulim, o projeto alia inovação científica à sustentabilidade ambiental. O mecanismo de ação sinérgico, combinando proteção física e bioquímica, permite reduzir o estresse térmico, minimizar a perda hídrica, preservar a fotossíntese e proteger os tecidos vegetais contra danos oxidativos.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Desenvolver uma solução fotoprotetora natural com propriedades antioxidantes, capaz de atenuar os efeitos negativos da radiação ultravioleta (UV) e do estresse térmico em plantas do semiárido, promovendo maior proteção fisiológica, sustentabilidade ambiental e viabilidade econômica para pequenos e médios agricultores.

3.2 Objetivos Específicos

- Investigar os efeitos fisiológicos da radiação UV e do calor excessivo sobre plantas do semiárido nordestino.
- Identificar compostos naturais com potencial fotoprotetor e antioxidante que possam ser utilizados na formulação da solução.
- Desenvolver experimentalmente a solução fotoprotetora e testar sua estabilidade e segurança para uso agrícola.
- Aplicar a solução em plantas-modelo expostas à radiação solar intensa e avaliar sua eficácia na proteção contra escaldaduras e danos fisiológicos.



- Analisar os impactos da solução sobre a produtividade, aparência e resistência das plantas tratadas em comparação com plantas não tratadas.
- Avaliar a viabilidade econômica, ambiental e social da aplicação da solução como tecnologia acessível para pequenos e médios agricultores da região.
- Comparar a eficácia entre diferentes formulações desenvolvidas, identificando a combinação de ativos mais eficiente para a proteção e adaptação das plantas às condições do Semiárido.

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O estresse térmico, intensificado pelas mudanças climáticas, é um dos principais fatores que comprometem a produtividade agrícola no Semiárido. Esse fenômeno ocorre quando a temperatura ultrapassa o limite fisiológico tolerado pelas plantas, geralmente acima de 35°C em espécies tropicais, provocando desequilíbrios metabólicos e danos celulares (DIDONET; VITÓRIA, 2006; MOURA, 2017).

As consequências desse processo são amplas: a transpiração torna-se excessiva, resultando em desidratação; proteínas e membranas celulares sofrem alterações estruturais; e a produção de espécies reativas de oxigênio (ROS) aumenta, desencadeando estresse oxidativo. Paralelamente, a radiação solar elevada pode danificar o DNA celular, inibir a fotossíntese e reduzir o crescimento das plantas, além de causar escaldadura solar em folhas e estruturas reprodutivas (EMBRAPA, 2023; IPCC, 2021). Em conjunto, esses efeitos comprometem a produtividade e a qualidade das culturas, reduzindo a viabilidade econômica da agricultura em regiões semiáridas.

Na cultura da bananeira, por exemplo, o estresse térmico representa um desafio ainda mais expressivo, uma vez que essa espécie apresenta elevada sensibilidade a temperaturas extremas. Quando exposta a valores acima de 34–35 °C, podem ocorrer distúrbios fisiológicos como redução da área foliar, atraso no desenvolvimento do cacho, má formação dos frutos e maior suscetibilidade a doenças (QUEIROGA et al., 2023).

Para enfrentar esse cenário, a adaptação climática na agricultura tem sido compreendida, segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2021), como o conjunto de estratégias destinadas a reduzir vulnerabilidades e mitigar os impactos decorrentes das alterações no clima. Nesse contexto,



tecnologias de baixo custo têm recebido destaque, pois podem ser incorporadas diretamente em sistemas de produção familiar, sem a necessidade de investimentos onerosos. Assim, o desenvolvimento de formulações naturais e biodegradáveis surge como uma alternativa promissora, combinando acessibilidade econômica, segurança ambiental e eficiência fotoprotetora, promovendo a adaptação climática e proteção das plantas, sem comprometer a saúde do solo, da água ou dos ecossistemas locais.

É nesse ponto que o projeto Plant-UV se insere, propondo o uso combinado de ativos naturais e minerais abundantes no Semiárido. Para isso, foi desenvolvido duas formulações distintas, que exploram o potencial de compostos bioativos de origem vegetal e de minerais de fácil acesso.

A primeira formulação utiliza compostos, como as folhas de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.), a qual justifica-se pelo elevado teor de compostos fenólicos, flavonoides e taninos, reconhecidos por suas propriedades antioxidantes e fotoprotetoras (BAPTISTA, 2018; SILVA, 2016) e do caulim, um silicato de alumínio amplamente empregado na agricultura, que atua como barreira física, formando uma película refletora que reduz a temperatura foliar, minimiza a transpiração e protege contra a escaldadura solar (SANTOS, 2019; RODA et al., 2020).

Além dessa combinação inicial, a segunda formulação amplia o potencial do Plant-UV ao incorporar folhas de seriguela (*Spondias purpurea*) e cascas de arroz, que se somam ao cajueiro. As folhas de seriguela são ricas em compostos bioativos, como polifenóis e flavonoides, que contribuem para a atividade antioxidante e fotoprotetora, sendo compostos já utilizados em formulações de protetores solares (SILVA, 2015). Já as cascas de arroz, por sua vez, são fontes abundantes de sílica e compostos fenólicos, capazes de atuar como reforço estrutural e protetor, formando uma barreira adicional contra a radiação e favorecendo a resistência da planta ao estresse térmico; a sílica presente é também um ativo comumente utilizado em protetores solares (FERNANDES, 2015).

O mecanismo de ação do Plant-UV baseia-se em um efeito sinérgico entre a proteção externa e interna. A barreira física, a partir do caulim e das cascas de arroz, reflete parte da radiação ultravioleta e visível, reduzindo a absorção de energia pela planta e, conseqüentemente, a temperatura do tecido. Simultaneamente, os compostos bioativos das folhas de cajueiro e da seriguela exercem ação antioxidante, neutralizando espécies reativas de oxigênio geradas pelo estresse



térmico e pela radiação solar intensa (BAPTISTA, 2018; MOURA, 2020; SILVA, 2016). Essa proteção interna preserva a integridade das membranas celulares, enzimas e DNA, mantendo a fotossíntese ativa e favorecendo o crescimento e a saúde geral da planta.

5. METODOLOGIA

A metodologia adotada no projeto Plant-UV foi estruturada como uma pesquisa bibliográfica-experimental, de caráter exploratório e abordagem quantiquantitativa. O foco central consistiu em compreender os impactos da radiação ultravioleta (UV) sobre plantas cultivadas no semiárido e desenvolver uma solução fotoprotetora natural capaz de mitigar tais efeitos.

Inicialmente, realizou-se uma análise diagnóstica do problema por meio de observações diretas em cultivos locais, identificando sinais de estresse térmico em plantas, como queimaduras solares, clorose, murchamento e desidratação. Em paralelo, foram conduzidas entrevistas semiestruturadas com agricultores, a fim de compreender tanto os impactos percebidos da radiação solar intensa sobre a produtividade agrícola quanto as estratégias empíricas já utilizadas para mitigar o problema.

Na sequência, buscou-se um embasamento técnico-científico para identificar compostos naturais com propriedades antioxidantes e fotoprotetoras, priorizando espécies vegetais nativas do semiárido. Nesse processo, destacaram-se os flavonoides e antocianinas, moléculas bioativas presentes nas folhas de cajueiro e na seriguela, reconhecidas por sua capacidade de absorção da radiação UV e atuação como barreira química, bem como os compostos minerais do caulim micronizado e da sílica presente nas cascas de arroz, responsáveis por formar uma barreira física refletora.

A partir desse levantamento, foi definida a primeira formulação experimental da solução, composta pela associação de extrato aquoso de folhas e cascas de cajueiro (*Anacardium occidentale*) e caulim micronizado. Para a obtenção da calda, foram coletadas e higienizadas 100 gramas de folhas saudáveis e cascas de cajueiro, submetidas à extração aquosa em 1000 mililitros (1 litro) de água, obtendo-se uma solução a 10% (m/v). Em seguida, adicionaram-se 100 gramas de caulim com granulometria <5 µm sob agitação contínua, garantindo assim, a homogeneidade da



mistura. A solução final foi diluída em 1 litro de água, resultando em 2 litros de calda a 5% (m/v). O pH foi aferido e ajustado para valores neutros, sendo o produto armazenado em frascos âmbar, visando proteção contra a luz.

A aplicação foi realizada em mudas de bananeira (*Musa spp.*), escolhidas por sua elevada sensibilidade ao estresse térmico. O tratamento consistiu em pulverizações manuais a cada quatro dias, durante 30 dias consecutivos, sob condições de radiação solar natural. O experimento contemplou dois grupos na mesma planta: um controle (quatro folhas sem aplicação da solução) e um tratado (quatro folhas pulverizadas com a formulação 1).

A segunda formulação consistiu em um preparo em pó desenvolvido para proporcionar maior praticidade e durabilidade na reaplicação nos diferentes sistemas de cultivo. Essa formulação utilizou a casca de arroz (*Oryza sativa* L.), um subproduto agrícola abundante e de baixo custo, com elevado teor de sílica, funcionando como substituto do caulim e proporcionando efeito físico refletor contra a radiação ultravioleta.

Foram associadas a essa formulação, as folhas de cajueiro, já presentes na primeira formulação e reconhecidas por seu potencial antioxidante, e a seriguela (*Spondias purpurea* L.), fruta típica do semiárido rica em polifenóis e flavonoides, capazes de absorverem a radiação UV e neutralizarem espécies reativas de oxigênio.

O processo de preparo consistiu inicialmente na coleta, higienização e secagem das cascas de arroz, das folhas de cajueiro e da polpa de seriguela. A secagem foi realizada a 40 °C até obtenção de massa constante, assegurando a preservação dos compostos bioativos. Em seguida, todo o material seco foi triturado e peneirado em malha fina, resultando em pós homogêneos com granulometria inferior a 200 µm.

Durante a aplicação, esse pó foi reconstituído em solução aquosa a 5% (m/v) e aplicado por pulverização em mudas de bananeira (*Musa spp.*), sob as condições de radiação solar natural. As reaplicações foram realizadas a cada quatro dias, durante um período de 10 dias consecutivos, contemplando um grupo controle (sem aplicação) e um grupo tratado (com aplicação da formulação em pó).

O monitoramento dos dados nas duas formulações incluiu parâmetros fisiológicos e visuais, tais como a temperatura foliar, a incidência de escaldaduras solares, alterações de coloração, manchas e sinais de desidratação. Os dados foram



obtidos por medições objetivas (temperatura foliar) e registros qualitativos (fotografias e observações dos sintomas).

Após a rodada experimental, prevê-se a replicação dos testes em triplicata nos meses de setembro a dezembro, quando as temperaturas são mais elevadas na região. Atualmente, o projeto encontra-se na fase de reaplicação da Formulação 1 (folhas de cajueiro e caulim) para validar os resultados obtidos, além de estar na etapa de aplicação da Formulação 2 (folhas de cajueiro, seriguela e cascas de arroz) para a coleta dos dados referentes à primeira aplicação.

6. RESULTADOS OBTIDOS

Os experimentos demonstraram que ambas as formulações da solução fotoprotetora apresentaram efeito positivo na mitigação do estresse térmico em folhas de Bananeira submetidas à radiação solar intensa.

Além disso, os dados coletados junto aos agricultores locais também dialogam com esses achados, evidenciando que as culturas mais afetadas pelo estresse térmico são, em ordem de frequência, a bananeira, a mangueira, o mamoeiro e a goiabeira, conforme mostra o Gráfico 1. Os agricultores também avaliaram o impacto econômico desse estresse nas plantas, indicando que 80% consideram o efeito elevado e 20% moderado.

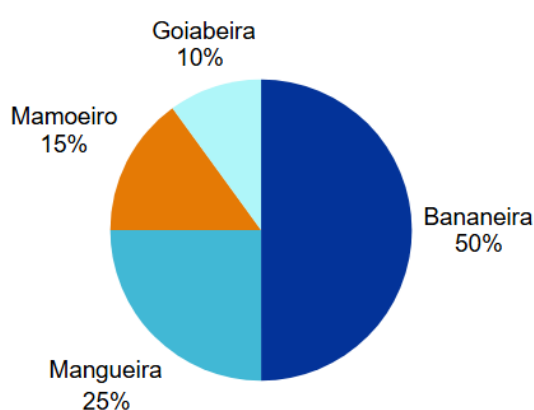


Gráfico 1: Distribuição das culturas mais afetadas pelo estresse térmico segundo agricultores locais.
Fonte: Autoras do Projeto (2025)

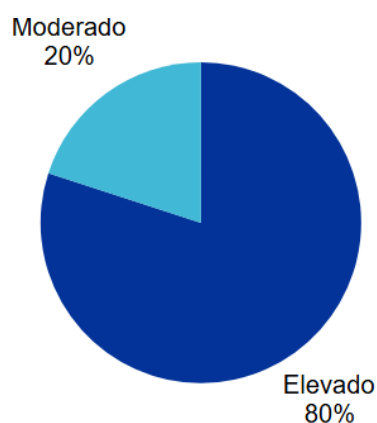


Gráfico 2: Como os agricultores avaliam o impacto econômico do estresse térmico nas plantas?
Fonte: Autoras do Projeto (2025)

Essa percepção reforça a relevância da pesquisa não apenas em termos científicos, mas também no enfrentamento de problemas reais vivenciados no campo.



Quanto aos dados experimentais, na Formulação 1, composta por folhas de cajueiro e caulim, observou-se uma redução média de 4,1 °C na temperatura foliar em comparação ao grupo controle, juntamente com uma diminuição de aproximadamente 75% na ocorrência de lesões por escaldadura solar, indicando uma proteção significativa contra queimaduras.

Não foram observados sinais de fitotoxicidade, visto que as folhas tratadas mantiveram coloração estável, integridade estrutural e ausência de necrose, o que confirma a segurança da formulação para aplicação agrícola. Adicionalmente, a calda apresentou pH neutro e boa estabilidade em campo, facilitando sua utilização prática.

Na análise comparativa, constatou-se que o grupo controle apresentou alta incidência de escaldaduras, clorose acentuada, manchas foliares e desidratação, enquanto o grupo tratado exibiu apenas sintomas leves e restritos, com escaldaduras leves, pequenas manchas, folhas com maior turgidez e leve amarelamento (Tabela 1).

EFEITO DA SOLUÇÃO FOTOPROTETORA (Folhas de cajueiro e Caulim) SOBRE FOLHAS DE BANANEIRA: COMPARAÇÃO ENTRE GRUPO CONTROLE E GRUPO TRATADO		
Parâmetros Analisados	Grupo Controle	Grupo Tratado
Escalduras Solares	Presença em várias folhas	Folhas com escalduras leves e restritas a poucas áreas
Manchas Foliares	Incidência de manchas escuras	Presença de pequenas manchas
Desidratação	Folhas murchas e enroladas	Folhas mantiveram maior turgidez e integridade
Clorose	Amarelamento acentuado	Amarelamento leve e restrito

Tabela 1: Comparação dos efeitos da solução fotoprotetora (Folhas de Cajueiro e Caulim) em folhas de bananeira (controle e tratado).

Fonte: Autoras do Projeto (2025)

No que se refere à temperatura foliar, verificou-se que as folhas tratadas apresentaram valores médios próximos às condições ambientais, mantendo-se de forma consistente inferiores aos registrados no grupo controle. Essa diferença indica que a formulação exerceu efeito de regulação térmica, reduzindo a absorção direta da radiação solar e favorecendo o equilíbrio térmico das folhas (Gráfico 3).



Monitoramento da Temperatura Foliar em Plantas Controle e Tratadas com solução fotoprotetora (Folhas de Cajueiro e Caulim) durante 30 Dias (Ensaio em Duplicata).

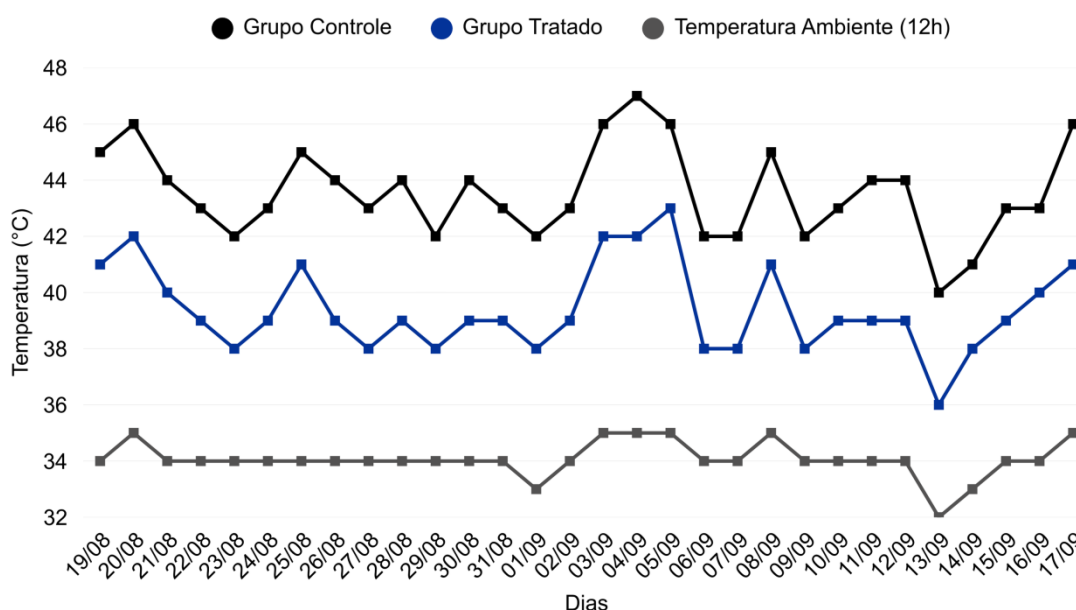


Gráfico 3: Temperatura Foliar em Plantas Controle e Tratadas com solução fotoprotetora (Folhas de Cajueiro e Caulim) durante 30 Dias (Ensaio em Duplicata).

Fonte: Autoras do Projeto (2025)

Considerando o Gráfico 3, a análise das temperaturas foliares mostrou uma diferença entre os grupos avaliados. As folhas do grupo controle apresentaram média de 43,5 °C, bem acima da temperatura ambiente (34 °C). Já o grupo tratado manteve média de 39,4 °C, mais próxima dos valores ambientais e cerca de 4,1 °C mais baixa que o controle.

Esse resultado indica que a solução fotoprotetora ajudou a reduzir o aquecimento excessivo das folhas, funcionando como uma barreira contra a radiação solar direta. Com isso, as folhas tratadas conseguiram se manter em condições mais equilibradas, o que pode contribuir para menor perda de água e melhor eficiência fotossintética.

Do ponto de vista ambiental, a solução destacou-se por seu caráter sustentável, sendo composta por extratos naturais, como o cajueiro e minerais como o caulim, materiais biodegradáveis e não agressivos ao solo, à água ou à fauna, possibilitando aplicação em sistemas agroecológicos.

Quanto aos resultados obtidos com a segunda formulação, preparada a partir do extrato das folhas de cajueiro e da seriguela, associados à casca de arroz em substituição ao caulim, estes mostraram-se bastante positivos ao longo dos 10 dias



de monitoramento. Embora os dados ainda estejam em fase de coleta e análise, observa-se uma tendência de desempenho superior em relação à formulação anterior, especialmente pela redução mais estável e consistente da temperatura foliar (Gráfico 4).

Monitoramento da Temperatura Foliar em Plantas Controle e Tratadas com solução fotoprotetora (Folhas de Cajueiro, Seriguela e Cascas de Arroz) durante 10 Dias (Aplicação).

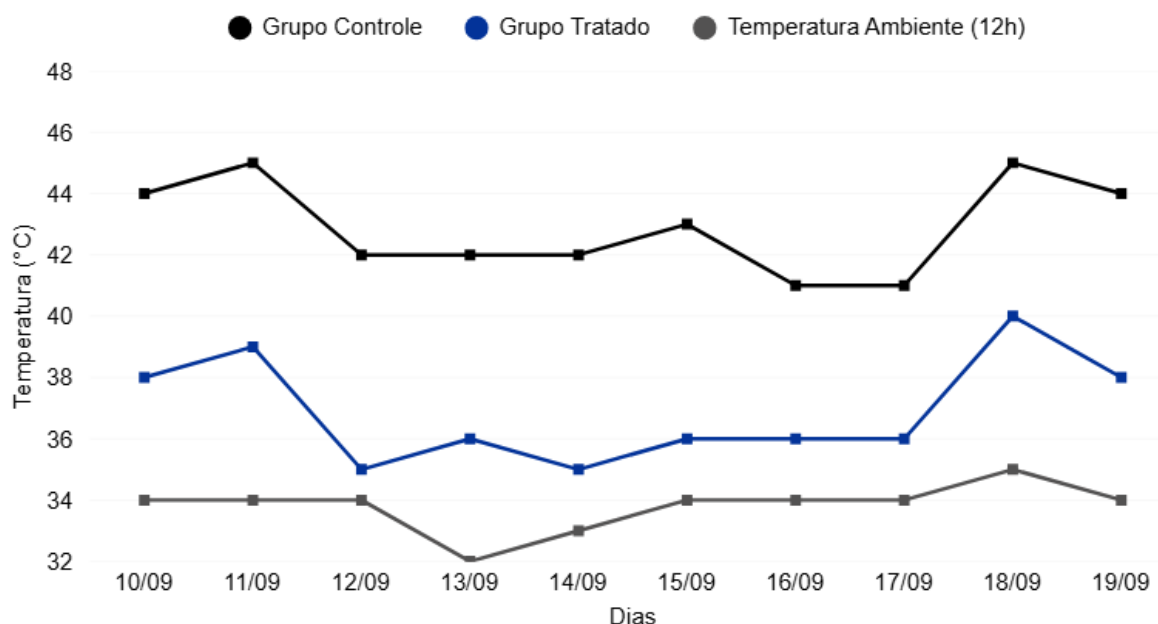


Gráfico 4: Temperatura Foliar em Plantas Controle e Tratadas com solução fotoprotetora (Folhas de Cajueiro, Seriguela e Cascas de Arroz) durante 10 Dias (Aplicação).

Fonte: Autoras do Projeto (2025)

A análise das temperaturas foliares na segunda formulação evidenciou uma diferença expressiva entre os grupos. O grupo controle registrou média de 42,9 °C, valor consideravelmente acima da temperatura ambiente (33,8°C). Já o grupo tratado apresentou média de 36,9 °C, mais próxima dos valores ambientais e aproximadamente 6 °C inferior ao controle.

Esses indícios sugerem que a interação entre os compostos bioativos presentes nos extratos vegetais e a cobertura promovida pela casca de arroz pode representar uma estratégia mais eficaz de proteção contra o estresse térmico, se comparado aos resultados obtidos na primeira formulação, o que reforça o potencial dessa abordagem para aplicações futuras.

A continuidade da coleta e da análise dos dados será fundamental para confirmar as tendências já observadas e dar mais segurança aos resultados. Esse acompanhamento permitirá avaliar com clareza a eficácia das formulações e, assim,



consolidar o projeto como uma alternativa viável para reduzir os impactos do estresse térmico nas plantas do semiárido.

Sob a ótica social e econômica, embora a análise ainda esteja em andamento, já se observa potencial para reduzir perdas na produtividade agrícola e aumentar a rentabilidade das colheitas. O baixo custo e a simplicidade de preparo tornam a solução acessível, fortalecendo a segurança alimentar das comunidades locais.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que as formulações da solução fotoprotetora desenvolvida pelo Plant-UV representam uma tecnologia socialmente relevante, sustentável, eficiente e de baixo custo, com capacidade de atenuar os efeitos do estresse térmico em plantas cultivadas no semiárido. Além disso, a proposta mostra potencial para integração em sistemas agroecológicos, configurando-se como uma estratégia prática e cientificamente embasada para enfrentar os desafios impostos pela alta radiação solar e pelas temperaturas extremas.

O uso de ativos naturais provenientes da biodiversidade do semiárido reforça o compromisso com práticas agrícolas ambientalmente responsáveis e baseadas em recursos locais. Ao valorizar espécies nativas adaptadas às condições climáticas da região, o Plant-UV demonstra que a biodiversidade local pode ser fonte de inovação científica e tecnológica, promovendo eficiência, baixo custo e alinhamento aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 2, 12, 13 e 15 da ONU, relacionados à produção responsável, ação climática e preservação da vida terrestre.

Os próximos passos da pesquisa incluem a otimização da formulação, a avaliação da estabilidade físico-química da solução, a ampliação dos testes para diferentes culturas e ambientes de cultivo. Além disso, estudos complementares devem considerar a análise do ciclo de vida do produto, os impactos socioeconômicos sobre comunidades rurais e os efeitos ambientais em escala regional.

Dessa forma, ao integrar ciência, inovação tecnológica e valorização da biodiversidade, este projeto apresenta elevado potencial de transformar desafios climáticos em oportunidades de desenvolvimento regional, promovendo soberania



alimentar, inclusão produtiva e adaptação resiliente frente às mudanças climáticas globais.

8. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA GOV. Temperatura média do planeta rompe limite de 1,5°C em 2024, apontam centros meteorológicos. Agência Brasil, 10 jan. 2025. Disponível em: <https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202501/temperatura-media-do-planeta-rompe-limite-de-1-5degc-em-2024-apontam-centros-meteorologicos>. Acesso em: 24 jul. 2025.

AGÊNCIA UFC. Pesquisas da UFC geram cosméticos para pele com extrato de seriguela e ácido da castanha-de-caju. Agência UFC, 25 abr. 2023. Disponível em: <https://agencia.ufc.br/pesquisas-da-ufc-geram-cosmeticos-para-pele-com-extrato-de-seriguela-e-acido-da-castanha-de-caju/>. Acesso em: 23 ago. 2025.

ANGELOTTI, Francisilene; FERNANDES JÚNIOR, Paulo Ivan; SÁ, Iêdo Bezerra de. Mudanças climáticas no Semiárido brasileiro: medidas de mitigação e adaptação. Revista Brasileira de Geografia Física, Recife, v. 6, p. 1097-1111, 2011. Disponível em: <http://www.ufpe.br/rbgfe>. Acesso em: 10 mai. 2025.

BAPTISTA, Anderson Barbosa. Extrato de folhas de caju (*Anacardium occidentale* L.) e de cajuí (*Anacardium microcarpum* D.): prospecção fitoquímica, atividade antioxidante, antimicrobiana e anti-inflamatória, in vitro e in vivo [recurso eletrônico]. 100 f. Tese (Doutorado em Ciência da Nutrição) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2018. Acesso em: 11 jun. 2025.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial. Residência de Fortaleza. Programa de Recenseamento de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea no Estado do Ceará: Diagnóstico do Município de Bela Cruz. Fortaleza: CPRM, 1998.

CANAL RURAL. Casca do arroz é matéria-prima para negócios inovadores no Sul do Brasil. Canal Rural, 25 jul. 2011. Disponível em: <https://www.canalrural.com.br/agricultura/arroz/casca-arroz-materia-prima-para-negocios-inovadores-sul-brasil-12314/>. Acesso em: 04 set. 2025.



CASTRO, César Nunes de. Capacidade adaptativa às mudanças climáticas de agricultores familiares no semiárido brasileiro. Rio de Janeiro : Ipea, maio 2024. 50 p. : il. (Texto para Discussão, n. 2999). DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/td2999-port>

DIDONET, Agostinho Dirceu; VITÓRIA, Tiago Barbosa. Resposta do feijoeiro comum ao estresse térmico aplicado em diferentes estágios fenológicos. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 36, n. 3, p. 199–204, set./dez. 2006. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/205490>. Acesso em: 15 mai. 2025.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Pesquisa recomenda ações para reduzir efeitos do excesso de calor nas plantas. Agência Embrapa de Notícias, 28 nov. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/85220729/pesquisa-recomenda-acoes-para-reduzir-efeitos-do-excesso-de-calor-nas-plantas>. Acesso em: 14 mai. 2025.

FERNANDES, Iara J. et al. Caracterização do resíduo industrial casca de arroz com vistas a sua utilização como biomassa. In: FÓRUM INTERNACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 6., 2015, São José dos Campos. Anais [...]. São José dos Campos: [s.n.], 2015.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Climate change widespread, rapid, and intensifying – IPCC. GENEVA, 9 ago. 2021. Disponível em: https://www.ipcc.ch/2021/08/09/ar6-wg1-20210809-pr/?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 25 jul. 2025.

MACHADO, Jane K. de F. B.; MARÇAL, Alex L.; LIMA, Omar J. de; CIUFFI, Katia J.; NASSAR, Eduardo J.; CALEFI, Paulo S. Materiais híbridos orgânico-inorgânicos (Ormosil) obtidos por sol-gel com potencial uso como filtro solar. *Química Nova*, v. 34, n. 6, p. 945-949, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/xyz>. Acesso em: 05 set. 2025.

MARINHO, Jhade. Cientistas criam protetor solar ecológico de cascas de caju. *Rádio Rio de Janeiro*, 24 ago. 2019. Disponível em: <https://radioriodejaneiro.digital/blog/cientistas-criam-protetor-solar-ecologico/>. Acesso em: 09 jun. 2025.



MOURA, Diogo da Silva. Aspectos fisiológicos e morfométricos de genótipos de arroz em resposta ao estresse térmico [recurso eletrônico]. 101 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1094492/1/GiovaniTeseDIOGODASILVAMOURA.pdf>. Acesso em: 04 set. 2025.

MOURA, Merianne Mitamara Vasconcelos de. Atividade fotoprotetora de extratos vegetais: uma revisão da literatura. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências da Saúde, Departamento de Ciências Farmacêuticas, Curso de Farmácia, 2020. 45 f.: il. Monografia (Graduação em Farmácia). Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/17763/1/MMVM06042020.pdf>. Acesso em: 02 jun. 2025.

NASCIMENTO, Maria Rosa Figueiredo; SOUZA, Valéria França de; OLIVEIRA, Katia Cansanção Correa de; ASCHERI, José Luis Ramirez; MARINHO, Angelson Figueira. Capacidade antioxidante de farinha de caroço de seriguela (*Spondias purpurea* L.). DOI: 10.37423/200601522. Acesso em: 15 ago. 2025.

QUEIROGA, V. de P.; GOMES, J. P.; QUEIROZ, A. J. de M.; LIMA, D. C.; MENDES, N. V. B.; FIGUEIRÊDO NETO, A.; GIRÃO, Ê. G.; MELO, B. A. de; ALBUQUERQUE, E. M. B. de. Sistema produtivo da bananeira (*Musa acuminata*). In: EMBRAPA. *Sistema produtivo da bananeira*. Fortaleza: Embrapa, 2023.

RODA, Newton de Matos; PONTIN, João Carlos; BRANCHI, Bruna Angela; LONGO, Regina Marcia; FERREIRA, Denise Helena Lombardo; ABREU, Deivisson Pelegrino de. Uso de caulinita processada como técnica sustentável de mitigação dos efeitos das mudanças climáticas na produção agrícola. In: SUSTENTARE – SEMINÁRIO DE SUSTENTABILIDADE DA PUC-CAMPINAS, 2020.

SANTOS, Ana Paula Silva dos; PEREZ-MARIN, Aldrin Martin; FORERO, Luis Felipe Ulloa; MOREIRA, João Macedo; MEDEIROS, Anderson Maciel Lima de; LIMA, Rosilene Cassiano Silva Alves de; BEZERRA, Hallyson Alves; BEZERRA, Bergson Guedes; SILVA, Lindenberg Lucena da. O semiárido brasileiro: riquezas, diversidades e saberes. Campina Grande: INSA, [s.d.].



SANTOS, Diego Pereira. Efeito da aplicação de filme de partículas à base de caulim na fisiologia de plantas de eucalipto. 56 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente) – Centro de Estudos Superiores de Balsas, Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Balsas, MA, 2019.

ATHLER, Filipe; SAGRILLO, Viviana Possamai Della; SILVA, Sidney Nicodemos da. Extração da sílica existente na casca de arroz através de lixiviação ácida e tratamento térmico. In: VI Jornada de Iniciação Científica, Desenvolvimento Tecnológico e Inovação, 24 a 25 de novembro de 2011, Vitória – ES. Anais [...]. Vitória: Instituto Federal do Espírito Santo, 2011. Acesso em: 07 set. 2025.

SILVA, A. F. da. Eficiência fotossintética e proteção oxidativa em mudas de cajueiro anão submetidas ao estresse salino. 2016. 93f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - PPGCA)- Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2016.

SILVA, Renata Vieira. Extrato dos frutos de *Spondias purpurea* L. como princípio ativo para formulação fitocosmética fotoprotetora. 2015. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, BA, 2015.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 – FICHA DE OBSERVAÇÃO EM CAMPO DOS EFEITOS DO ESTRESSE TÉRMICO EM PLANTAS CULTIVADAS PELOS AGRICULTORES LOCAIS

FICHA DE OBSERVAÇÃO EM CAMPO DOS EFEITOS DO ESTRESSE TÉRMICO EM PLANTAS CULTIVADAS PELOS AGRICULTORES LOCAIS			
1. CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE OBSERVAÇÃO	Local da observação		
	Data		
	Idade da plantação/ Fase de desenvolvimento		
	Área avaliada (m² ou ha):		
2. CONDIÇÕES AMBIENTAIS NO MOMENTO DA AVALIAÇÃO	Temperatura ambiente (°C):		
	Horário da observação		
	Intensidade solar (ex.: forte, moderada, baixa)		
3. INDICADORES VISUAIS DE ESTRESSE TÉRMICO AVALIADOS			
ITEM	DESCRIÇÃO	INTENSIDADE (0 = ausente, 1 = leve, 2 = moderado, 3 = intenso)	OBSERVAÇÕES ADICIONAIS
Folhas amareladas (Clorose foliar)	Descoloração iniciando nas bordas ou em toda a folha	0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐	
Folhas queimadas/pardas	Queimaduras de radiação solar	0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐	
Murchamento	Folhas pendentes, perda de turgor	0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐	
Quedas de folhas	Número de folhas caídas por planta	0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐	
Frutos queimados / com manchas	Presença de queimaduras solares ou manchas de origem fisiológica.	0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐	
Crescimento atrofiado	Plantas menores que a média da lavoura	0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐	
Presença de fitotóxicos	Resíduos visíveis de defensivos ou fertilizantes	0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐	
Déficit hídrico aparente	Sinais de baixa disponibilidade de água no solo ou nos tecidos vegetais.	0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐	
Outros sintomas	Ex.: necrose, pontas secas, deformações ou sintomas atípicos	0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐	
4. REGISTRO FOTOGRÁFICO DA AVALIAÇÃO			

**APÊNDICE 2 – QUESTIONÁRIO SEMIESTRUTURADO APLICADO A AGRICULTORES
LOCAIS: PERCEPÇÕES E IMPACTOS DO ESTRESSE TÉRMICO NA PRODUÇÃO AGRÍCOLA**

Questionário aplicado com agricultores locais
1- Há quanto tempo você trabalha com agricultura? () Menos de 5 anos () Entre 5 e 10 anos () Mais de 10 anos
2- Que tipo de plantações você tem hoje? (Dissertativa)
3- Qual é a época do ano que você mais sofre com o sol forte? () Início do ano (janeiro a março) () Metade do ano (abril a agosto) () Fim do ano (setembro a dezembro)
4- Você já percebeu que o sol muito forte causa algum problema nas suas plantas? () Sim () Não
5- As folhas já ficaram queimadas ou secas demais por causa do calor? () Sim () Não
6- Isso acontece com frequência? () Raramente () Às vezes () Frequentemente
7- Em quais culturas isso aparece mais? (Dissertativa)
8- Quando o sol está muito forte, você sente que perde parte da produção? () Sim, de forma elevada () Sim, de forma moderada () Não
9- Já teve que colher menos ou perdeu plantas por causa do calor excessivo? () Sim () Não
10- Isso afeta a sua renda no fim da colheita? () Sim () Não
11- Se sim, aproximadamente quanto você perde em cada colheita? () Menos de 10% () Entre 10% e 25% () Entre 25% e 50% () Mais de 50%
12- Você percebe o impacto do calor excessivo na disponibilidade de alimentos para consumo próprio ou para a comunidade? () Sim () Não () Parcialmente
13- Você já tentou proteger suas plantas do sol de alguma forma? () Sim () Não
14- Se sim, quais métodos de proteção você já utilizou ou conhece? (ex: sombreamento, irrigação, produtos químicos, barreiras físicas, outros) (Dissertativa)
15- Se sim, é caro ou difícil manter esse tipo de proteção? () Muito caro () Caro () Acessível () Barato
16- Você acha que seria bom ter uma solução mais barata e natural para proteger as plantas do sol? () Sim () Não
17- Você já ouviu falar em produtos protetores para plantas? () Sim () Não
18- Se sim, você já usou algum produto desse tipo? () Sim () Não
19- Que tipo de apoio você considera mais importante para proteger suas plantas do calor no futuro? () Treinamento/Orientação técnica () Acesso a produtos/protetores agrícolas () Incentivos financeiros ou subsídios () Informação sobre técnicas naturais e sustentáveis () Outros: _____
20- Você estaria disposto a testar soluções naturais e de baixo custo desenvolvidas em pesquisas? () Sim () Não () Talvez



APÊNDICE 3 – FICHA DE AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL

RESPONSÁVEL	
PLANTA / DATA DE AVALIAÇÃO	
CONDIÇÕES AMBIENTAIS OBSERVADAS	Aplicação: ____h ____min. () Não foi aplicado. () Última aplicação: ____/____/____ Temperatura ambiente: _____ °C Umidade: _____ Índice UV: _____
PARÂMETROS ANALISADOS	Temperatura Foliar (Medida com termômetro infravermelho apontado diretamente para a folha (sem contato). Grupo Controle: () Reduziu $\geq 2^{\circ}\text{C}$ () Reduziu $< 2^{\circ}\text{C}$ () Manteve () Aumentou Média da Temperatura Foliar: _____ °C Grupo Experimental: () Reduziu $\geq 2^{\circ}\text{C}$ () Reduziu $< 2^{\circ}\text{C}$ () Manteve () Aumentou Média da Temperatura Foliar: _____ °C Presença de Escaldaduras Solares (Avaliação visual da folha exposta, observando manchas necróticas ou desidratação intensa). Grupo Controle: () Alta ($>70\%$ da área foliar) () Moderada (30–70%) () Leve ($<30\%$) () Ausente Grupo Experimental: () Alta ($>70\%$ da área foliar) () Moderada (30–70%) () Leve ($<30\%$) () Ausente Manchas Foliares (Incidência de manchas escuras indicativas de dano foto-oxidativo) Grupo Controle: () Alta ($>50\%$ da área foliar) () Moderada (10–50%) () Baixa ($<10\%$) () Ausente Grupo Experimental: () Alta ($>50\%$ da área foliar) () Moderada (10–50%) () Baixa ($<10\%$) () Ausente Cor e Integridade dos tecidos vegetais (Observação da coloração e textura das folhas (amarelamento, necrose, rompimento da epiderme). Grupo Controle: () Verde intensa (normal) () Amarelada () Amarronzada () Necrose parcial ou total. Grupo Experimental: () Verde intensa (normal) () Amarelada () Amarronzada () Necrose parcial ou total Alterações visuais percebidas (Observações gerais não previstas, como opacidade, enrolamento foliar, ou murcha precoce). Grupo Controle:



	() Nenhuma () Discretas () Evidentes Grupo Experimental: () Nenhuma () Discretas () Evidentes Desidratação Foliar (Avaliação visual de murchamento, perda de turgor e enrolamento das folhas) Grupo Controle: () Intensa () Moderada () Leve () Ausente Grupo Experimental: () Intensa () Moderada () Leve () Ausente Sinais de Fitotoxicidade (Presença de manchas incomuns, deformações ou crescimento atrofiado após a aplicação da solução). Grupo Experimental: () Ausente () Leve () Moderada () Grave
OUTRAS OBSERVAÇÕES	

APÊNDICE 4 – TEMPERATURA FOLIAR MÉDIA DIÁRIA REGISTRADA COM TERMÔMETRO INFRAVERMELHO DIGITAL DURANTE O EXPERIMENTO COM A FORMULAÇÃO FOTOPROTETORA À BASE DE *ANACARDIUM OCCIDENTALE* L. E CAULIM, AO LONGO DE 30 DIAS.

DATA	TEMPERATURA AMBIENTE (°C)	TEMPERATURA FOLIAR DO GRUPO CONTROLE (°C)	TEMPERATURA FOLIAR DO GRUPO EXPERIMENTAL (°C)
19/08/2025	45	41	34
20/08/2025	46	42	35
21/08/2025	44	40	34
22/08/2025	43	39	34
23/08/2025	42	38	34
24/08/2025	43	39	34
25/08/2025	45	41	34
26/08/2025	44	39	34
27/08/2025	43	38	34
28/08/2025	44	39	34
29/08/2025	42	38	34
30/08/2025	44	39	34
31/08/2025	43	39	34
01/09/2025	42	38	33
02/09/2025	43	39	34
03/09/2025	46	42	35
04/09/2025	47	42	35
05/09/2025	46	43	35
06/09/2025	42	38	34
07/09/2025	42	38	34
08/09/2025	45	41	35
09/09/2025	42	38	34
10/09/2025	43	39	34
11/09/2025	44	39	34
12/09/2025	44	39	34
13/09/2025	40	36	32
14/09/2025	41	38	33
15/09/2025	43	39	34
16/09/2025	43	40	34
17/09/2025	46	41	35
MÉDIA	34 °C	43,5 °C	39,4 °C

APÊNDICE 5 – TEMPERATURA FOLIAR MÉDIA DIÁRIA REGISTRADA COM TERMÔMETRO INFRAVERMELHO DIGITAL DURANTE O EXPERIMENTO COM A FORMULAÇÃO FOTOPROTETORA À BASE DE *ANACARDIUM OCCIDENTALE L.*, *SPONDIAS PURPUREA* E CASCAS DE ARROZ, AO LONGO DE 10 DIAS.

DATA	GRUPO CONTROLE	GRUPO TRATADO	TEMPERATURA AMBIENTE (12H)
10/set	44	38	34
11/set	45	39	35
12/set	42	35	34
13/set	42	36	32
14/set	42	35	33
15/set	43	36	34
16/set	41	36	34
17/set	41	36	34
18/set	45	40	35
19/set	44	38	34
MÉDIA	42,9 °C	36,9 °C	33,8 °C

APÊNDICE 6 – ANÁLISE GRÁFICA DOS RESULTADOS OBTIDOS NA ETAPA EXPERIMENTAL DO PLANT – UV

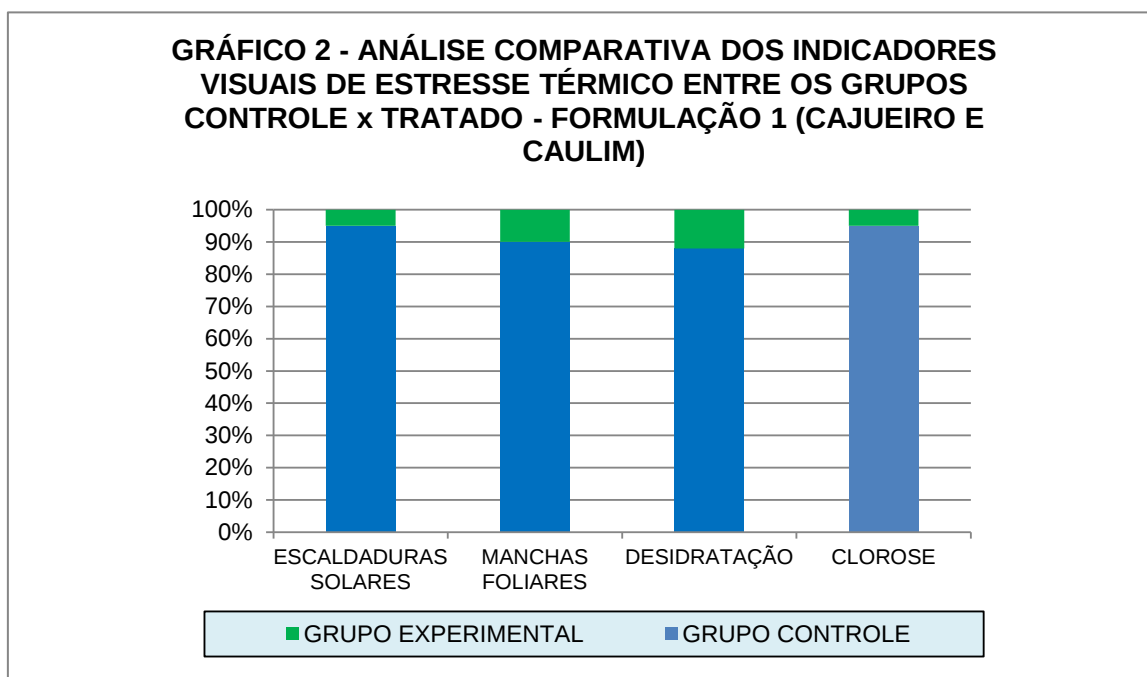
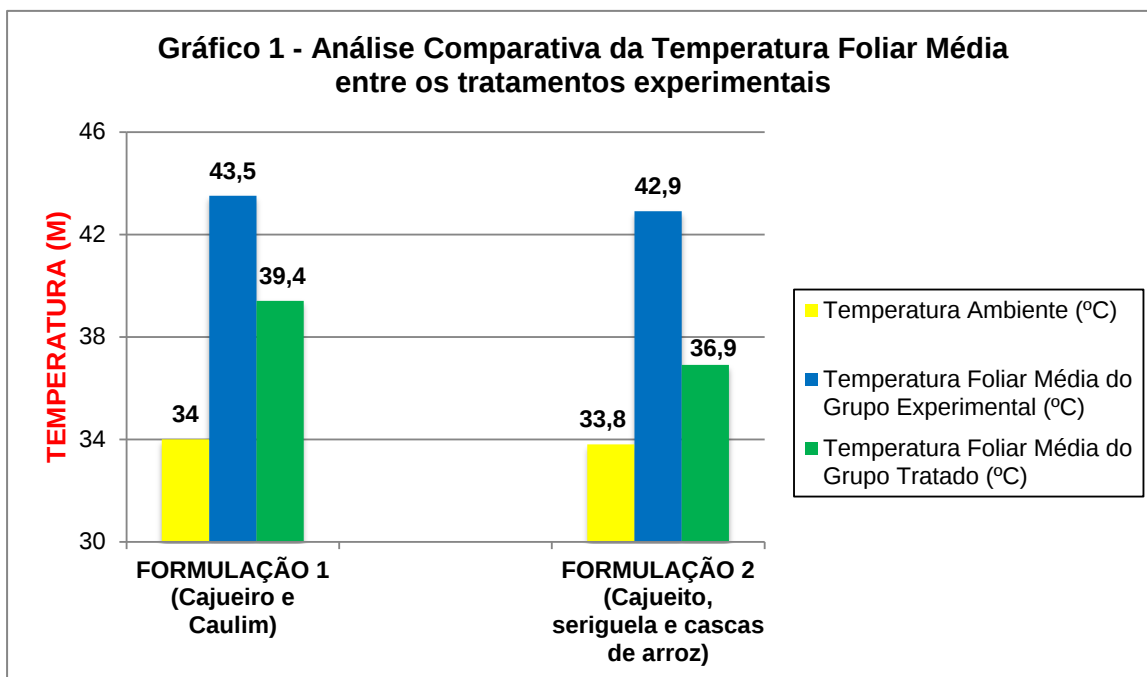


GRÁFICO 3 - MONITORAMENTO DA TEMPERATURA FOLIAR NOS GRUPOS CONTROLE E EXPERIMENTAL AO LONGO DE 30 DIAS COM A FORMULAÇÃO 1 (CAJUEIRO E CAULIM)

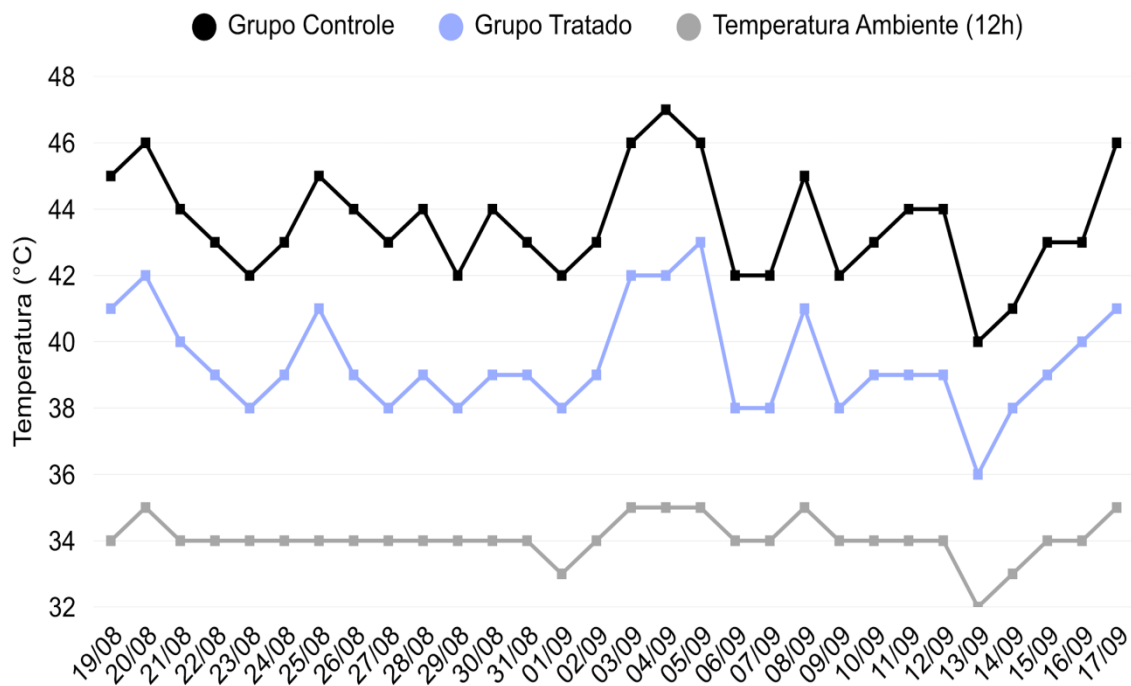


GRÁFICO 4 - MONITORAMENTO DA TEMPERATURA FOLIAR NOS GRUPOS CONTROLE E EXPERIMENTAL AO LONGO DE 10 DIAS COM A FORMULAÇÃO 2 (CAJUEIRO, SERIGUELA E CASCAS DE ARROZ)

