



THALITA MACIEL PEREIRA

USO DE HIDROGEL EM SIMULAÇÃO TRANSPLANTIO DE
Schinus terebinthifolia

LAVRAS - MG
2021

THALITA MACIEL PEREIRA

USO DE HIDROGEL EM SIMULAÇÃO TRANSPLANTIO DE *Schinus terebinthifolia*

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Profa. Dra. Michele Valquíria dos Reis
Orientadora

**LAVRAS - MG
2021**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Pereira, Thalita Maciel.

Uso de hidrogel em simulação transplântio de *shinus terebinthifolia* / Thalita Maciel Pereira. - 2021.

63 p. : il.

Orientador(a): Michele Valquíria dos Reis.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2021.

Bibliografia.

1. Arborização Viária. 2. Polímeros hidroretentores. 3. Pimenta Rosa. I. dos Reis, Michele Valquíria. II. Título.

THALITA MACIEL PEREIRA

USO DE HIDROGEL EM SIMULAÇÃO TRANSPLANTIO DE *Schinus terebinthifolia*

HYDROGEL USES IN TRANSPLANT SIMULATION OF *Schinus terebinthifolia*

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 12 de abril de 2021.

Dra. Patrícia Duarte de Oliveira Paiva UFLA

Dra. Marília Mércia Lima Carvalho Carneiro IF BAIANO

Profa. Dra. Michele Valquíria dos Reis
Orientadora

**LAVRAS – MG
2021**

*Minha eterna Lú, minha mãe.
Professora de muitos e educadora da minha vida,
Dedico*

AGRADECIMENTOS

À frente de todos, agradeço a Deus e à Nossa Senhora, por todas as bênçãos concedidas e por me dar forças para superar os obstáculos e realizar meus objetivos.

Agradeço ao meu maior amor, que sempre acreditou em mim e agora virou anjo, minha mãe Luciaelena.

À minha família, por todo apoio, ao meu amado pai José Amilton, à minha tia Lêda, às minhas irmãs Hélida e Jéssica, e às minhas sobrinhas lindas, Helena e Maria, que são a fonte de alegria nos meus momentos mais difíceis.

Agradeço a minha orientadora Profa. Doutora Michele Valquíria dos Reis, pelo exemplo em como ser uma boa profissional, por todos os ensinamentos, pela paciência e confiança, colaborando para meu crescimento pessoal e profissional.

Aos professores, por todo conhecimento transmitido durante o meu mestrado. Em especial aos professores Dra. Patrícia Duarte Paiva, Dr. Lucas Amaral de Melo, Dra. Heloísa Oliveira dos Santos e Dr. Adriano Diotto, por toda a atenção quando precisei.

À minha equipe do Horto Botânico da UFLA, o NEPAFLOR, e aos pesquisadores do Laboratório de Cultura de Tecido de Plantas, obrigada por todos os trabalhos que realizamos juntos, foi um privilégio poder contar com vocês.

Ao funcionário do Horto Botânico da UFLA, Márcio Teixeira, por toda a ajuda e boa vontade demonstrada durante todo o tempo de convívio.

Ao Núcleo de estudos e pesquisa em automação residencial (NEPAR), por toda a ajuda prestada.

A vocês, meus amigos, alguns que se tornaram irmãos... vocês fizeram os meus dias mais fáceis, em todo esse tempo.

Ao meu companheiro de todos os dias e todas as horas, obrigada por existir!

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), ao Departamento de Agricultura, e ao programa de Pós-Graduação em Agronomia / Fitotecnia, pela oportunidade de realização do curso e por toda a formação.

À secretária da Pós-Graduação Marli dos Santos Túlio, por toda a orientação e aconselhamento durante o curso.

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Enfim, a todos que contribuíram de alguma forma para a concretização de mais essa conquista.

Muito obrigada!

RESUMO

Florestas urbanas compreendem a cobertura vegetal de médio e grande porte nas áreas urbanas. O plantio de árvores nativas nas calçadas é uma alternativa viável para diminuir danos causados pela urbanização desordenada. O uso de hidrogel surge como uma ferramenta para aumentar o sucesso do transplântio de mudas no ambiente urbano. Dessa forma, objetivou-se avaliar a eficiência do uso de hidrogel em mudas de *Schinus terebinthifolia*, após transplântio em simulação de arborização urbana viária. Para isso, mudas de *Schinus terebinthifolia* foram cultivadas até atingirem o padrão de mudas para arborização urbana. Essas foram transplântadas em vasos contendo 12 litros de substrato comercial e incorporadas ao mesmo, concentrações diferentes do hidrogel, simulando assim, um transplântio em calçadas. As concentrações utilizadas do hidrogel comercial FORTH[®] foram (0,75; 1,5; 3,0; 6,0 gramas/litro) e foi conduzido também com mais dois controles: um tratamento controle sem irrigação e sem adição de polímero e; um controle com irrigação diária e sem adição de polímero. A avaliação ocorreu durante 14 dias e os parâmetros analisados foram a temperatura e a umidade do solo, por meio de sensores, o conteúdo relativo de água (CRA), extravasamento de eletrólitos, teor de clorofila e avaliações bioquímicas. As temperaturas observadas no ambiente não demonstraram diferenças acentuadas de máxima e mínima. A umidade do ambiente apresentou média de 62% e a umidade do solo variou de acordo com os tratamentos, apresentando menores variações nos tratamentos com maiores concentrações de hidrogel. O CRA apresentou média superior a 80%. Os valores de ETR variaram entre os tratamentos. As plantas, nos diferentes tratamentos, apresentaram diferenças relacionadas à bioquímica: prolina, peróxido e peroxidação lipídica e enzimas antioxidante. Foi possível concluir que *S. terebinthifolia* pode ser uma boa escolha para a arborização urbana, devido a tolerância apresentada após transplântio, além disso, a utilização do hidrogel é uma alternativa para melhorar a eficiência do transplântio de mudas para o ambiente urbano.

Palavras-chave: Arborização Viária. Espécies Nativas. Hidroretenção. Pimenta rosa.

ABSTRACT

Urban forests comprise medium and large vegetation cover in urban areas. Planting native trees on sidewalks is a viable alternative to reduce the damage caused by disordered urbanization. Hydrogel can be used to increase the success of transplanting seedlings in the urban environment. Therefore, the objective was to evaluate the efficiency of the use of hydrogel in *Schinus terebinthifolia* seedlings, after transplanting them in a simulation of urban road afforestation. To achieve this, *Schinus terebinthifolia* seedlings were cultivated until they reached the standard height for urban afforestation. These plants were transplanted into pots with 12 liters of commercial substrate and different hydrogel quantities, thus simulating a sidewalk transplant. The amounts of commercial FORTH® hydrogel applied were 0.75; 1.5; 3.0; 6.0 grams / liter, and they were also conducted with two procedures: a control treatment without irrigation and without addition of polymer and a control with daily irrigation and without addition of polymer. The evaluation took place for 14 days and the analyzed parameters were the soil temperature and humidity, by using sensors, the relative water content (CRA), electrolyte leakage, chlorophyll content and biochemical evaluations. The temperatures observed in the environment did not show significant differences in maximum and minimum. The environment's humidity had an average of 62% and the soil's humidity varied according to the adjustments, having smaller variations in the adjustments with higher amounts of hydrogel. The CRA showed an average higher than 80%. ETR values varied between treatments. In the different adjustments, the plants showed differences related to biochemistry: proline, peroxide and lipid peroxidation and antioxidant enzymes. It was possible to conclude that *S. terebinthifolia* may be a good choice for urban afforestation, due to the tolerance showed after transplanting. In addition, the use of hydrogel is an alternative to improve the efficiency of transplanting seedlings to the urban environment.

Keywords: Road afforestation. Native species. Hydro-retention. Pink pepper.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
2	REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1	Florestas urbanas.....	11
2.2	Silvicultura urbana.....	12
2.3	Estresse em plantas.....	13
2.4	Polímeros hidrotentores.....	16
2.5	Espécies nativas em florestas urbanas	17
2.6	Sistema de leitura de dados.....	19
3	MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1	Locais de experimentação	24
3.2	Análise do substrato	24
3.3	Produção de mudas.....	26
3.4	Calibração dos sensores	27
3.5	Transplante	29
3.5.1	Análises fisiológicas	30
3.5.2	Determinação da concentração de clorofila A e B.....	31
3.5.3	Análises bioquímicas (folha e raiz).....	32
3.5.4	Metabolismo antioxidante.....	33
3.6	Delineamento estatístico	33
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4.1	Temperatura e umidade do solo.....	36
4.2	Conteúdo relativo de água	40
4.3	Determinação Clorofila A e B e Extravasamento de Elétrons	41
4.4	Análises bioquímicas	43
4.4.1	Quantificação de prolina nas folhas e raízes	43
4.4.2	Peróxido de hidrogênio e Peroxidação das folhas e raízes.....	46
4.4.3	Enzimas antioxidantes.....	50
5	CONCLUSÃO	54
	REFERÊNCIAS.....	55

1 INTRODUÇÃO

A população mundial tornou-se majoritariamente urbana. Segundo dados do IBGE (2015), mais de 50% das pessoas no mundo vivem nas cidades, e o cenário brasileiro acompanha esse aumento com 86% da população urbana. Esse crescimento dos centros urbanos ocorreu de forma exponencial, trazendo consequências que alteraram a configuração das zonas urbanas. Alguns dos efeitos mais impactantes da urbanização desenfreada são o aumento da temperatura, a diminuição drástica da presença de vegetação nas áreas urbanas e, com isso, a redução das áreas permeáveis (TEGEGNE *et al.*, 2018)

Situações estas que desencadearam fenômenos como ilhas de calor, déficit de áreas verdes urbanas, associado ao aumento da impermeabilidade alterados solos urbanos, podendo o padrão de fluxo pluvial, aumentar a concentração de poluentes e contaminantes (CLÉBIO; SOUZA, 2017). Esse aumento de áreas impermeáveis agrava os problemas estruturais do sistema de drenagem e aumenta o potencial de inundação. Sendo assim, o cultivo de árvores no ambiente urbano, além de diminuir as chances de inundação, proporciona sombra, reduz a quantidade de poluentes e contaminantes por adsorção, reduz a lixiviação e a erosão do solo (DUARTE *et al.*, 2017; ALVES *et al.*, 2018; JONES; MCDERMOTT, 2018).

Dentre as cidades com uma população de densidade média à alta, observa-se uma maior urgência em planejar de forma eficiente como inserir o verde na área urbana. Essa necessidade ocorre devido a expansão socioeconômica e a necessidade de melhorar a qualidade de vida (DUARTE *et al.*, 2017).

De acordo com a Agenda 2030 das Nações Unidas, a sustentabilidade das cidades e o bem-estar dos cidadãos estão intimamente ligados ao papel que os espaços públicos e verdes desempenham, uma vez que promovem a ligação entre o ser humano e a natureza, trazendo benefícios tanto para o ambiente, quanto para a saúde humana (ONU, 2015). Isso implica na necessidade de inserir e preservar as florestas urbanas, com a finalidade de proporcionar os serviços recreativos, ecossistêmicos, aumento da permeabilidade do solo e funções estéticas e paisagísticas (JONES; MCDERMOTT, 2018).

Floresta urbana pode ser definida como “o conjunto de toda a vegetação arbórea e suas associações dentro e ao redor das cidades, desde pequenos núcleos urbanos até as grandes regiões metropolitanas” (MILLER, 1997). Inclui as árvores de ruas, avenidas, praças, parques, unidades de conservação, áreas de preservação, áreas públicas ou privadas, remanescentes de ecossistemas naturais ou plantadas. Inserida no conceito de florestas urbanas, há a arborização urbana viária, que compreende toda a cobertura vegetal arbórea de pequeno a grande porte em

vias de trânsito, rotatórias e calçadas (DUARTE *et al.*, 2017).

Ainda que representem a maior porcentagem de espaços livres urbanos para o plantio de árvores, as calçadas também apresentam dificuldades para a implantação de mudas, uma vez que o espaço útil para o desenvolvimento das raízes das árvores é extremamente reduzido. Em alguns casos, a possibilidade de instaurar estas áreas existe, mas, devido às dificuldades sofridas pelo aumento da população, as cidades foram perdendo as áreas verdes viárias.

Sabe-se que a inserção de árvores no ambiente urbano oferece vários benefícios, porém, existem diversos fatores que dificultam esse processo, principalmente em nível de calçada. Como exemplo tem-se as elevadas temperatura, poluição do ar, sombreamento causado pelas construções, redução de espaço para desenvolvimento das raízes e da copa, podas drásticas, vandalismo, dificuldade de obtenção das mudas sadias e solo alterado ou compactado, com deficiência de nutrientes e água (ARAUJO; ARAUJO, 2017).

A redução da água disponível para a planta é o principal fator de estresse. Como a água é necessária em todas as reações metodológicas, isso também reduz a transpiração, o que é interessante à planta, que economiza energia. Contudo a redução da fotossíntese também ocorre, resultando em menor área foliar e, assim, reduzindo o crescimento (TAIZ; ZEIGER, 2004)

Portanto, há necessidade do uso de técnicas para beneficiar a implantação das florestas urbanas e melhorar o desenvolvimento das árvores no meio urbano. A utilização de polímeros hidroretentores, os quais viveristas já utilizam misturados com substrato, são uma alternativa a fim de intensificar o sucesso de implantação das florestas urbanas, auxiliando no transplante dessas mudas para calçadas e leitos carroçáveis.

Tais polímeros são capazes de absorver e reter água e/ou material biológico, ou seja, armazenam água e nutrientes para posterior consumo das plantas, promovendo assim, maior porosidade no solo com essa liberação do líquido. Isso ajuda a diminuir a necessidade de irrigações, visto que o hidrogel é uma ferramenta muito utilizada em locais com baixa disponibilidade hídrica, com sazonalidade de chuvas, a qual é agravada pelas mudanças climáticas e locais com restrição de rega, como calçadas.

Diante do exposto, considerando a importância da arborização no meio urbano, a baixa disponibilidade de água para o transplante dessas mudas e, baseado nas características dos polímeros, o objetivo com este trabalho é melhorar o desempenho das plantas inseridas na arborização urbana, com a utilização de hidrogel.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Florestas urbanas

As cidades e regiões metropolitanas retratam crescimento desordenado e, com isso, a arborização urbana foi perdendo seu espaço para as construções, regiões pavimentadas e industriais. Assim, as cidades se desenvolveram e alguns problemas de infraestrutura começaram a aparecer, transformando na maioria das vezes, em uma relação hostil do urbano com o ambiente natural (BORGES, 2019).

Uma das principais ferramentas para amenizar os problemas das cidades e torná-las mais resilientes e sustentáveis são as florestas urbanas. Segundo Milano (1992), arborização urbana é todo conjunto de vegetação arbórea, inseridos no ambiente urbano incluindo as árvores de ruas e avenidas, principalmente inseridas nas calçadas. Alguns autores, no entanto, sugerem a utilização do termo ‘floresta urbana’, também com o mesmo conteúdo (GONÇALVES, 2000).

As florestas urbanas são a representação de toda a vegetação no meio urbano. Engloba as áreas verdes, arborização urbana viária e áreas de vegetação urbana particulares, sejam elas parques, jardins, hortas, pomares e fachadas (BORTOLO *et al.*, 2018). As florestas urbanas têm grande importância na qualidade de vida das pessoas. Proporcionam diversas benfeitorias como bem estar psicológico, melhoram a estética do ambiente, proporcionam sombra, quebra ventos, diminuição da poluição, melhoram a qualidade do ar e redução da temperatura (PIVETTA; SILVA FILHO, 2002).

A vegetação forma um microclima nos centros urbanos, que chega a ter 3 °C a menos em horários de temperatura elevada (SILVA, 2018). Essas áreas carregam também grande importância social, tornando o ambiente favorável para o lazer e realização de atividades físicas ao ar livre, além de proporcionarem uma conservação da biodiversidade da flora e da fauna (MARTINI; BIONDI, 2015). Na hidrologia, os espaços verdes têm grande representatividade, são responsáveis pela diminuição do escoamento de água, fazendo com que a água tenha melhor infiltração, contribuindo para o controle de deslizamentos em encostas e enchentes (BICA *et al.*, 2019).

Além de todos os benefícios que as florestas urbanas propiciam ao meio ambiente, elas oferecem a função paisagística e estética. A harmonia da paisagem com os seres humanos propicia uma melhora no bem-estar da população (SCHALLENBERGER; MACHADO, 2019).

É incontestável que a inserção da vegetação em áreas urbanas melhora a qualidade de vida, todavia, não se trata de um procedimento simples. O ambiente urbano em que essas plantas

são inseridas geralmente não é o mais adequado. Sendo assim, para arborizar uma cidade é necessário um bom planejamento das espécies utilizadas e dos supostos entraves, que podem vir a ocorrer (POSSEBON *et al.*, 1999).

2.2 Silvicultura urbana

A implementação da arborização urbana requer planejamento. Quando não há orientação na realização desses projetos urbanos, ocorrem mais prejuízos do que benefícios. O mau estabelecimento de espécies e mudas em ambientes urbanos, pode acarretar em danos estruturais nas construções e vias de acesso, como também danos a redes elétricas e rede hidráulica (DA SILVA; SOUSA, 2018).

Há muitos entraves no plantio de mudas em centros urbanos, vários são os fatores que podem limitar o sucesso da inserção de árvores nas cidades. Sombreamento, poluição, temperaturas altas, radiação solar, umidade relativa do ar, precipitação e circulação do ar diminuída, impermeabilização e compactação do solo e a falta de manutenção, que limitam o desenvolvimento das espécies no meio urbano e muitas das vezes levam até a senescência destas (CABRAL *et al.*, 2018).

Nos centros urbanos tem-se grandes edificações que causam sombreamento nas mudas, que limitam a captação de luz, diminuindo assim, a absorção essencial para a realização da fotossíntese. Também há presença de poluentes e contaminantes, oriundos de poluição atmosférica ou contaminantes no solo. A poluição é um dos fatores que alteram o metabolismo das plantas. Faz com que ocorra um declínio na taxa fotossintética, levando a distorções na estrutura dos cloroplastos, ocasionada pela ação de radicais livres e inibição ou degradação na síntese dos pigmentos cloroplastídicos. As altas temperaturas atingidas nos ambientes urbanos causam o aumento da taxa respiratória das plantas, fazendo com que percam água em maior quantidade (JONES; MCDERMOTT, 2018).

Dentre os aspectos que influenciam o cultivo de espécies arbóreas nas cidades, o solo e a água são os fatores mais limitantes. O solo é o segundo componente de maior relevância no ambiente urbano, pois geralmente ocorre alta impermeabilidade devido à compactação e camadas adensadas. Frequentemente o solo urbano é exógeno e artificial, podendo ter a estrutura física decadente, com baixa matéria orgânica e baixo teor de nutrientes (DUARTE *et al.*, 2013). O principal fator que dificulta o estabelecimento de florestas urbanas é a água.

A água corresponde a 90% da constituição química da planta, sendo um componente extremamente importante para a manutenção de todas as atividades fisiológicas e metabólicas

da mesma. Funciona como solvente para assimilação dos nutrientes e é de muita importância na fotossíntese e respiração. Na fotossíntese, atua na abertura dos estômatos, onde as células guardas recebem o sinal para manter ou não os estômatos abertos para absorção de CO₂, dando início a conversão de CO₂ e água em carboidratos. Também atua na refrigeração da planta devido ao sistema Solo – Planta – Atmosfera, onde a planta absorve a água pelas raízes, utiliza em processos metabólicos e manda para atmosfera de forma gasosa, através da transpiração (ALVES *et al.*, 2018).

Sabendo da importância da água, a irrigação no implante das mudas é eminente e deve ser equilibrada. Água em excesso acarreta em lixiviação dos nutrientes e diminuição das taxas respiratórias, entretanto, sabe-se que na maioria dos casos de implantação de mudas em calçadas, a irrigação é escassa ou inexistente. À medida que os recursos hídricos são desfavoráveis, as espécies implantadas começam a sofrer por estresse, diminuindo o crescimento e chegando muitas vezes à senescência, gerando assim, aumento do custo final aos municípios, visto que haverá necessidade de replantio dessas espécies (CARVALHO *et al.*, 2013).

2.3 Estresse em plantas

Estresse é todo fator que afeta o desempenho das plantas, podendo alterar a sua eficiência biológica e o seu potencial produtivo (BORÉM; RAMALHO, 2011). Em condições adversas podem sofrer alterações fisiológicas e/ou bioquímicas, refletindo em alguns parâmetros como crescimento, expansão foliar, fotossíntese, abertura e fechamento estomático, estresse oxidativo, mudanças nas propriedades de membrana, aumento da taxa de respiração, matéria seca reduzida, senescência acelerada e produção reduzida (DUARTE *et al.*, 2017). Diversos fatores que divergem das condições ótimas, as quais normalmente as plantas estão adaptadas, contribuem para desencadear tais alterações como temperatura do ar, disponibilidade hídrica, sais, dentre outros (BROETTO *et al.*, 2017).

Fatores climáticos, como temperaturas excessivamente baixas ou altas, são fontes significativas de estresse. Atuam potencializando ou limitando o desenvolvimento de uma espécie, bem como alterando sua capacidade fotossintética, acúmulo de biomassa e até mesmo aumento da taxa de senescência (SILVA *et al.*, 2015).

Estresse causado pelo frio afeta o crescimento, desenvolvimento, reprodução e distribuição das espécies, reduzindo sua taxa metabólica, uma vez que baixas temperaturas causam danos ao aparelho fotossintético e à molécula de clorofila (RODRIGUES *et al.*, 2014).

Na fase vegetativa, o crescimento e a expansão celular estão diretamente ligados ao teor de umidade na célula. A redução da temperatura ambiente pode promover a redução do gradiente de potencial hídrico entre o espaço intracelular e a atmosfera, limitando a absorção de água pelo sistema radicular e, por consequência, proporcionando o fechamento dos estômatos e a redução da transpiração, taxa fotossintética e crescimento (LIMA *et al.*, 2016).

A elevação da temperatura do ar e do solo, pode afetar negativamente o desenvolvimento de mudas transplantadas, principalmente ao longo dos leitos viários e nas calçadas. Esse tipo de estresse afeta diretamente o metabolismo das mudas, alterando a velocidade das reações químicas e a atividade das enzimas que participam desses processos, além de aumentar a temperatura do solo, o que pode comprometer o desenvolvimento das plantas (COSTA *et al.*, 2015). A temperatura do solo tem um efeito significativo no crescimento e desenvolvimento de muitas espécies, uma vez que as funções metabólicas das plantas podem ser alteradas pelos nutrientes disponíveis no solo e pela taxa de absorção de água (CARNEIRO *et al.*, 2014).

O estresse salino é um dos estresses abióticos que limitam a produção de culturas agrônomicas e florestais, pois levam a mudanças morfológicas, fisiológicas e bioquímicas nas plantas (PEREIRA *et al.*, 2020). O acúmulo de sais no solo pode torná-lo improdutivo e, dessa forma, afetar o desenvolvimento vegetal. Em níveis elevados de sais, a água encontrada no solo fica cada vez menos acessível ao vegetal. Isso ocorre devido ao elevado potencial osmótico no solo, fazendo com que esse potencial seja superior ao presente na planta e, desta forma, o sistema radicular não consegue absorver a água disponível no solo. Tal condição reduz a velocidade de emergência de sementes, desenvolvimento das mudas, e afeta o número de folhas por planta (PEREIRA *et al.*, 2020).

A forma como a planta responde ao excesso de sal envolve alterações na sua fisiologia, morfologia, anatomia e metabolismo. Causa alterações na composição de aminoácidos, afeta a dinâmica estomática, e reduz severamente a quantidade de água transpirada pelas plantas (LACERDA, 2003). Muitas espécies possuem mecanismos de ajuste osmótico, como o fechamento do estômato quando a planta entra em condições estressantes, reduzindo a fotossíntese e a translocação de nutrientes pela planta (SILVA, 2002). Plantas que se desenvolveram ao longo dos séculos em regiões salinas, aperfeiçoaram estratégias de adaptação a esses ambientes, como o acúmulo de sal em estruturas como o vacúolo, compensando os baixos potenciais osmóticos dos solos salinos (PARIDA; DAS, 2005).

Assim, em condições de estresse salino tem-se também o estresse hídrico. A água é o fator mais restritivo para a produtividade agrícola devido a sua importância em distintos

processos metabólicos das plantas, sobretudo no período inicial de desenvolvimento (FERNANDES *et al.*, 2015). A baixa disponibilidade de água pode desencadear diversos distúrbios nas plantas, como redução do crescimento, clorose, abscisão prematura das folhas, diminuição do potencial hídrico e expansão foliar, entre outros efeitos os quais alteram a fisiologia da planta (ROCHA, 2018).

Como a água é necessária em todas as reações metodológicas, deve-se entender que essa disponibilidade necessita de equilíbrio. O excesso de água pode levar a dificuldade da respiração pelas raízes e a escassez de água também pode contribuir com a redução da transpiração, economizando energia, contudo, induz à redução da fotossíntese, resultando na diminuição do desenvolvimento dos tecidos, e assim, reduzindo o crescimento e muitas vezes à senescência (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Outros fatores fisiológicos, referem-se a uma desidratação celular, causando reduções do turgor celular (Ψ_p) e do volume celular, associado também com o potencial de água (Ψ_w) do apoplasto tornar-se mais negativo que o do simplasto, o que poderia causar uma desidratação celular ocasionando altos níveis de concentração de íons, sendo eles citotóxicos (OLIVEIRA *et al.*, 2013). Algumas plantas respondem de maneiras distintas a deficiência hídrica. Existem as tolerantes, que através de modificações nas características morfofisiológicas e bioquímicas superam o estresse e as suscetíveis que desenvolvem sintomas, acarretando queda na produção (CHAKRABORTY *et al.*, 2015).

A fotossíntese torna-se um dos parâmetros mais prejudicados com o processo de estresse hídrico. A existência de alguns cofatores como as mudanças qualitativas e quantitativas no conjunto de pigmentos fotossintéticos, as taxas de assimilação deficiente em folhas, decorrente da redução do metabolismo fotossintético e das atividades das enzimas, e da baixa eficiência de carboxilação e redução na absorção de CO_2 devido ao fechamento e resistência estomática (LISAR, 2012).

A compreensão das respostas fisiológicas das plantas, utilizando de testes de tolerância ao déficit hídrico, propicia o êxito em projetos de recuperação florestal e florestas urbanas, visto que esses resultados demonstram condições estressantes para a implementação de mudas. Uma alternativa para reduzir o estresse hídrico sofrido pelas plantas são os polímeros hidroretentores ou hidrogel. Tratam-se de uma tecnologia que consegue absorver a água e alguns nutrientes, fornecendo-os para a planta gradativamente, além de promoverem uma melhoria nas características físicas do solo (MONTEIRO NETO *et al.*, 2017).

2.4 Polímeros hidroretentores

O polímero de hidroretenção, popularmente conhecidos como hidrogel, é um material constituído por uma cadeia de redes poliméricas formada por um ou mais constituintes hidrofílicos, unidos por ligações covalentes e/ou eletrostáticas, dispostas em uma ou mais redes tridimensionalmente estruturadas envoltas por moléculas de um determinado solvente, geralmente a água (MONTEIRO NETO *et al.*, 2017).

Os hidrogéis podem ser formados por componentes naturais ou sintéticos, sendo que os mais utilizados são compostos sintéticos, chamados de polímeros de poli(acrilamida). São compostos essencialmente formados por monômeros derivados do ácido acrílico, denominados de acrilamida. Porém, tem-se despertado muito interesse em hidrogéis à base de argilominerais, como vermiculita, argila, caulim e montmorilonita, que são oriundos de fontes naturais, possuem um baixo custo e apresentam diminuição dos riscos de contaminação ambiental (LANDIS; HAASE, 2012).

Esses compostos têm grande importância nas atividades agrícolas e florestais. São capazes de absorver e reter água e/ou material biológico em uma quantidade de 100 a 400 vezes maior que seu peso. Deste modo, armazenam água e nutrientes para consumo das plantas e promovem maior porosidade no solo, visto que não perdem a água absorvida. Isso faz com que o número de irrigações seja diminuído, a planta consiga absorver mais nutrientes e o custo da produção possa ser minimizado. Esses polímeros são indicados para regiões com baixa disponibilidade hídrica e/ou longo tempo de estiagem (NOMURA *et al.*, 2019).

Os polímeros são comercializados em forma de grânulos, de diferentes tamanhos. Cada hidrogel tem sua recomendação de uso de acordo com os fabricantes. A utilização pode ser via sulco de plantio ou covas com polímero não hidratado misturado ao substrato, onde será umedecido posteriormente, ou com o polímero já hidratado, com aplicação direta antes do plantio das mudas (MONTEIRO NETO *et al.*, 2017). Das vantagens da utilização dos hidrogéis, destacam-se a redução da evapotranspiração de água no solo, a diminuição da perda de nutrientes por lixiviação, aeração do solo, aumento da taxa de pegamento das mudas, redução na irrigação, diminuição de ponto de murcha e menores custos. (GUILHERME *et al.*, 2015).

Alguns trabalhos realizados com polímeros hidroretentores apresentaram resultados satisfatórios, uma vez que a cultura estabelecida mostrou ter sido beneficiada pelo seu uso em relação às plantas que sofreram com o déficit hídrico. Em espécies florestais, observou-se melhora nas características químicas e físicas do substrato e armazenamento de água, com adição do hidrogel (BENIWAL *et al.*, 2011; NAVROSKI *et al.*, 2016; FELIPPE *et al.*, 2021).

Na cultura de mamão papaia, quando utilizado o hidrogel na concentração de 3g/L^{-1} obteve-se um maior desenvolvimento das plantas. Porém, em concentrações superiores a esta, as mudas sofrem efeitos negativos como a redução dos parâmetros de crescimento: número de folhas, altura da planta e diâmetro do caule (NAMURA *et al.*, 2019). No estudo de algumas culturas, cereais, oleaginosas, ornamentais etc., foi verificado que a utilização de hidrogel aumentou a produtividade e rendimento dessas culturas em relação a tratamentos sem o uso de hidrogel (KALHAPURE *et al.*, 2016).

Em referência ao uso de polímeros hidroretentores em espécies do Cerrado, foi constatado que, com o uso de hidrogel, o estabelecimento de mudas nativas deste bioma obteve desempenho superior a plantas sem a utilização do mesmo. Também foi detectado que o custo com a utilização desses polímeros é mais viável sobre os custos de produção destas mudas quando não há utilização desses polímeros. A comprovação do baixo custo utilizando os polímeros é importante tanto quanto a utilização de espécies nativas nos espaços onde serão implementadas as florestas urbanas (FONSECA *et al.*, 2018).

2.5 Espécies nativas em florestas urbanas

As espécies exóticas ainda são de maior abundância na arborização urbana. É comum encontrar em canteiros, praças, parques, espécies como *Eucalyptus ssp.* (Eucalipto), *Ficus benjamina* (Ficus), *Pinus ssp.* (Pinheiro), *Mangifera indica* (Mangueira), *Delonix regia* (Flamboyant), *Azadirachta indica* (Nim), *Lagerstroemia indica* (Resedá), *Tipuana tipu* (Tipuana), *Jacaranda mimosifolia* (Jacarandá mimoso), dentre outras. No entanto, algumas dessas espécies são plantadas em grandes quantidades e, com isso, quando sofrem com doenças e/ou pragas, são muito acometidas. Porém, hoje busca-se mudar essa situação com a inserção de plantas nativas no meio urbano.

As espécies nativas têm sua importância no ambiente urbano, já que mesmo em minoria, contribuem consideravelmente com a fauna regional. Estas espécies geralmente são mais adaptadas ao clima de sua região, fazem parte da identidade local e são fonte de alimento para insetos e aves, que acabam disseminando-as, trazendo uma maior estabilidade para ecologia, o que muitas vezes não ocorre com espécies exóticas (KERN; SCHIMITZ, 2019).

Posto isso, espécies nativas são cada vez mais indicadas para inserção no ambiente urbano. Deve-se levar em conta a espécie e o porte de acordo com o local de implementação, pois podem competir com redes elétricas, rede hidráulica e atrapalhar local de passagem de pedestres. Outro fator importante na escolha da espécie a ser utilizada, é o tamanho de sua copa,

observando se a mesma dará um bom sombreamento e não competirá com as construções urbanas. Os frutos também devem ser estudados, visto que frutos grandes em alguns locais como estacionamento, são prejudiciais. Dentre a diversidade de espécies ideais para o reflorestamento urbano algumas se destacam pela popularidade, potencial ornamental e condimentar (PREFEITURA MUNICIPAL DE SALVADOR, 2018).

Das espécies nativas que podem ser utilizadas para a arborização urbana viária, a *Schinus terebinthifolia* se resalta. Trata-se de uma espécie popularmente conhecida, de fácil acesso a população, já utilizada em alguns ambientes urbanos, contudo, pouco explorada em plantio nas calçadas. Além disso, essa espécie tem um valor econômico em razão de seus frutos serem utilizados como condimento (LACERDA *et al.*, 2019).

A *Schinus terebinthifolia*, com os nomes populares de aroeirinha, aroeira-mansa, aguará, aroeira do sertão, aroeira-brasileira, aroeira-da-praia, aroeira-do-brejo, aroeira-do-paraná, aroeira-pimenteira, aroeira-vermelha, bálsamo, cambuí, corneíba, fruto-de-sabiá, pimenta-rosa, possui algumas variedades. *Schinus terebinthifolia* Raddi, *Schinus terebinthifolia* var. *Acutifolius*, *Schinus terebinthifolium* var. *Acutifolia*, *Schinus terebinthifolia* var. *Pohlianus*, *Schinus terebinthifolium* var. *Pohliana*, *Schinus terebinthifolium* var. *Raddianus*, *Schinus terebinthifolia* var. *Raddiana*, *Schinus terebinthifolium* var. *rhoifolius* (Mart.) Engl., *Schinus terebinthifolia* var. *rhoifolia* (Mart.) Engl. *Schinus rhoifolia* Mart. podem ser citadas como exemplos (REFLORA, 2020).

Pertencente à família anacardiaceae, é utilizada como árvore ornamental, condimentar e medicinal. Trata-se de uma espécie de pequeno a médio porte, capaz de alcançar de 5 a 9 metros de altura. Seu caule é levemente tortuoso e sua casca escura e fissurada. As folhas são imparipinadas, com 8 a 12 centímetros de comprimento e 7 a 13 folíolos verdes, elípticos a obovados, com nervuras claras (SALES *et al.*, 2017).

Apresenta característica dióica, suas flores são pequenas, branco-esverdeadas, dispostas em inflorescências axilares e terminais, do tipo racemo. São muito atrativas para abelhas e insetos em geral. Os frutos são pequenas drupas, esféricas, rosadas a avermelhadas, que servem como alimento para aves silvestres. O florescimento ocorre na primavera e no outono e o pólen abundante pode provocar reações alérgicas e irritações em pessoas sensíveis. Sua distribuição ocorre nos diversos biomas nacionais, com exceção de alguns estados do norte. Trata-se de uma espécie muito utilizada em reflorestamento, por se tratar de uma espécie pioneira e de fácil adaptação (SARACHO *et al.*, 2021).

Figura 1 – *Schinus terebinthifolia* sp. inserida ao longo do leito carroçável (A). Detalhe do seu fruto (B) conhecido como Pimenta-Rosa.



Fonte: Pereira (2021).

2.6 Sistema de leitura de dados

Como consequência dos avanços tecnológicos e da extensa melhoria no processamento de dados, os equipamentos agrícolas vêm se adequando às novas possibilidades de conexão, com intuito de utilizar sistemas e dispositivos que facilitem e otimizem as atividades e o monitoramento no campo. Isso garante um acompanhamento constante, com uso eficiente de energia e de recursos hídricos, proporcionando resultados mais precisos das condições ambientais e da cultura, além de reduzirem gastos econômicos e temporais (ROBLES *et al.*, 2020).

A introdução de processos automatizados é uma realidade, tanto para técnicos quanto para produtores, indiferente do conhecimento sobre eletrônicos e programações (BERNARDI *et al.*, 2014). Aquisições tecnológicas que compreendem o conceito *Internet of things* (*IoT* - Internet das coisas), ou seja, permitem a conexão e o controle de programas que não necessitam da internet para funcionamento (EVANS *et al.*, 2011). Assim, tornou-se possível, a partir de sistemas operacionais e plataformas de programações, a construção de projetos e protótipos para o cotidiano agrícola (BHAKTA *et al.*, 2019).

Dentre as plataformas significativas em *IoT*, está a plataforma Arduino, que consiste em um microcontrolador simples e de baixo custo, que desenvolve aplicações de controle, automação e interatividade. Por meio dessa placa, é possível conectá-la em dispositivos e

programar as entradas e saídas de informações entre a placa de arduíno e os componentes conectados a ele. Esse sistema é compatível com vários sistemas operacionais, por isso, pode ser integrado a: WiFi, ZigBee, sensores, estruturas de energia, bombas, led's, motores e GPS (MCROBERTS, 2018; ROBLES *et al.*, 2020).

O sistema Arduíno é constituído por uma parte física, a placa (hardware), e por um Ambiente de Desenvolvimento Integrado - IDE (software). A parte física é a que se utiliza para conexão entre os dispositivos, e o IDE, que tem a base para o programa acessado pelo computador que possui um código de interpretação específico. Basicamente, para o seu funcionamento é feito um upload de instruções do IDE para a placa, e a instrução dada será executada interagindo com o que estiver conectado a ele como, por exemplo, um sensor de umidade (MCROBERTS, 2018).

Existem vários modelos de placas para esse sistema, mas de forma geral, as placas possuem: pinos conectores (digitais e analógicos), entrada USB, plug de alimentação, microprocessador, regulador de tensão e um botão reset. Os pinos são os locais de entrada e saída de informações entre os dispositivos conectados, a entrada USB permite a passagem de informações programadas (computador), e o plug de alimentação é responsável por disponibilizar a energia necessária para o funcionamento da placa. As informações ficam gravadas no microprocessador, o regulador de tensões controla a voltagem, e, por fim, o reset reinicia a operação em andamento (CUNHA; ROCHA, 2015).

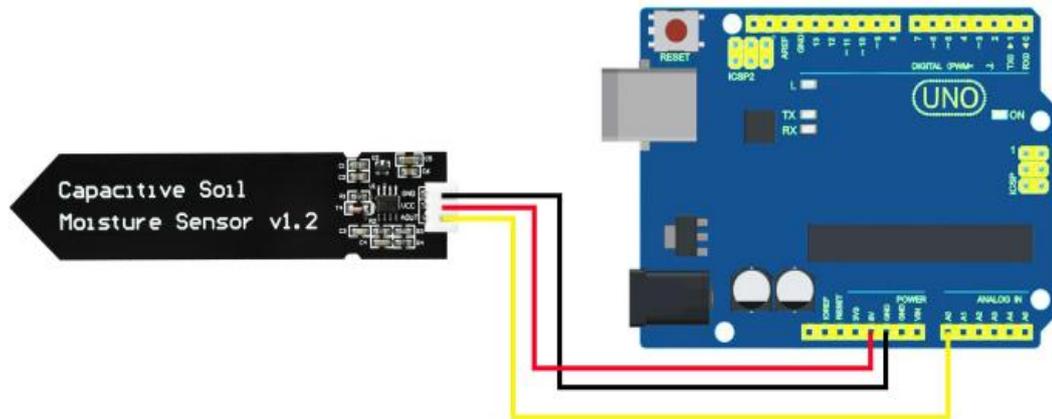
Dentre os modelos disponíveis de Arduino estão o Duemilanove, Mega, Nano e Uno. A diferença entre eles está na quantidade de pinos, na presença de outros conectores em algumas placas e, principalmente, na capacidade como microcontrolador. Em relação ao IDE, este é composto por um editor, compilador, vinculador e depurador em um só lugar, associados a ferramentas de gerenciamento de projetos para elevar a produtividade do programador (GAIER, 2011).

Para adquirir dados da umidade do solo, o sensor se baseia na alteração da capacitância do meio que o sensor está inserido. Um capacitor é constituído por dois condutores separados por um meio isolante que, através desses, passa uma corrente por meio do solo. Logo em seguida, obtém-se a resistência do nível de umidade. Quanto maior a quantidade de água no solo, menor é a resistência, em contrapartida, um solo mais seco tem necessidade de conduzir eletricidade, o que ocasiona maior resistência (DE ALMEIDA *et al.*, 2019).

O sensor de umidade do tipo capacitivo de solo tem a tensão de operação de 3.3 volts a 5.5 volts, possuindo três fios: um fio vermelho (vcc), um fio preto (gnd) e um fio de operação (analógico). A programação desse sensor não depende de nenhuma biblioteca tendo em vista

que basta conectá-lo na entrada analógica do microcontrolador, que a variação de tensão já é reconhecida pelo Arduino (DE ALMEIDA *et al.*, 2019). A Figura 2 representa esse sistema.

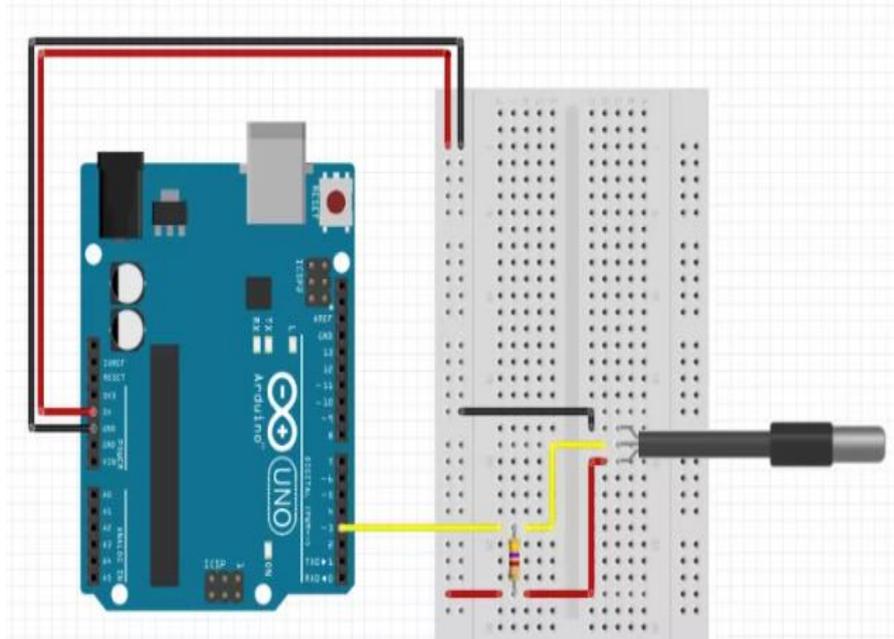
Figura 2 – Circuito de um sensor de umidade capacitivo com arduíno UNO.



Fonte: Dos Santos (2020).

Para as medições de temperatura, o sensor digital DS18B20 é capaz de medir em graus Celsius, com resolução de 9 a 12 bits (configurável) e possui uma função de alarme programável em memória não volátil para valores abaixo ou acima das temperaturas desejadas. A comunicação é feita por 1-Wire, ou seja, precisa apenas de 1 pino do microcontrolador para transferir os dados. Pode operar entre - 55 °C até + 125 °C e com precisão de ± 0.5 °C se estiver operando dentro da faixa de - 10 °C até + 85 °C. Cada DS18B20 possui um número serial único de 64-bit, o que permite que vários DS18B20 funcionem no mesmo barramento 1-Wire, possibilitando a conexão de vários sensores a um microcontrolador. A Figura 3 demonstra um sistema onde o arduíno UNO é representado como microcontrolador.

Figura 3 – Circuito de um sensor de temperatura DS18B20 com arduíno UNO.



Fonte: Dos Santos (2020).

Uma característica adicional é que o DS18B20 pode derivar energia diretamente da linha de dados, eliminando a necessidade de uma fonte de alimentação externa. As principais vantagens do emprego deste sensor são a sua facilidade de operação, possibilidade de múltiplos sensores utilizarem o mesmo circuito lógico de entrada de dados no arduíno e a capacidade de operar com a presença de água, uma vez que será enterrado no solo (PRETTO, 2018).

Outro sensor utilizado para determinação de umidade é o 5TE (FIGURA 4), que usa um campo eletromagnético para medir a permissividade dielétrica do meio circundante. O sensor emite uma onda oscilando a 70 MHz para os pinos, que carregam em função do material dielétrico. A umidade é resultante da carga armazenada. No mesmo suporte há um termistor, que mensura a temperatura do solo, devido ao contato térmico com os pinos do sensor. Esse equipamento é muito encontrado no mercado, com um custo oneroso, e pode ser utilizado junto ao leitor Pro-check, portátil e de fácil manuseio, o que facilita o trabalho no campo.

Figura 4 – Sensor 5TE da Decagon®, Volumetric Water Content (VWC), Temperature, and Electrical Conductivity (EC) sensor from METER Group.



Fonte: Pereira (2021).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Locais de experimentação

O experimento foi conduzido em estufa no Setor do Horto Botânico, localizado no Departamento de Agricultura (DAG), Escola de Ciências Agrárias de Lavras (ESAL), da Universidade Federal de Lavras, na cidade de Lavras, Minas Gerais. Altitude de 919 m e coordenadas geográficas de 21°22'S, 45°1'W, com a média da temperatura mínima de 14,8 °C e máxima de 26,5 °C, e pluviosidade anual de 1408 mm. Segundo o comportamento da temperatura e das chuvas monitorados ao longo de uma série de dados de 30 anos observados (CLIMATEMPO, 2020).

As análises bioquímicas enzimáticas e não enzimáticas foram realizadas no Laboratório de Cultura de Tecido de Plantas e Laboratório de Bioquímica e fisiologia molecular de plantas, ambos localizados no do Setor de Fisiologia Vegetal, Departamento de Biologia, da mesma universidade.

3.2 Análise do substrato

Utilizou-se um substrato comercial, Basaplant[®], para realização do estudo. Suas características físico-químicas foram analisadas no Laboratório de Substratos do Departamento de Horticultura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, respeitando a 17ª instrução normativa do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (BRASIL, 2007), seguindo a metodologia de Fermino (2003).

Das propriedades físicas encontradas no substrato Basaplant[®] (TABELA 1), formulado para produção de mudas hortícolas, descreve-se a média de três repetições por amostra, e as grandezas expressas como: densidade úmida - DU (kg m⁻³); densidade seca - DS (kg m⁻³); e a porcentagem de umidade atual - UA (%). Para determinar o espaço de aeração e água disponível, de acordo com a metodologia de Fermino (2003), usou-se funis de pressão de 0, -10, -50 e -100 hPa, o que possibilitou o cálculo da porosidade total (PT); água facilmente disponível (AFD); espaço de aeração (EA); AT = água tamponante; AR = água remanescente e AD = água disponível, que pode ser obtida pela soma de AFD + AT.

Tabela 1 - Análise de substrato Hortícola, amostra n° 3239, UFRGS - Faculdade de Agronomia/Departamento de Horticultura e Silvicultura.

Parâmetros	Unidade	Valores
pH	H ⁺	4,08
CE	mS cm ⁻¹	1,45
DU	kg m ⁻³	468,39
DS	kg m ⁻³	462,21
UA	%	22,67
PT	%	74,44
EA	%	25,93
AFD	%	18,57
AT	%	4,2
AR	%	25,73
CRA(10)	%	48,51
CRA(50)	%	29,93
CRA(100)	%	25,73

Fonte: Da autora (2021).

Na obtenção das propriedades químicas, a condutividade elétrica (CE mS cm⁻¹) e o pH (H₂O), foram analisados por meio de um condutivímetro e um potenciômetro (pHmetro), respectivamente. Uma diluição de 1:5 (v/v) com água deionizada foi aplicada em ambos os casos.

De acordo com informação fornecida pelo fabricante no rótulo do produto e no site, o substrato comercial utilizado é composto por turfa, carvão vegetal, vermiculita e também nutrientes para adubação inicial, contendo NPK e micronutrientes. As quantidades dos nutrientes foram expressas de acordo com resultado da análise realizada pelo Laboratório de Recursos Hídricos do Campos de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal do Espírito Santos (UFES), seguindo a metodologia descrita no Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes, EMBRAPA, 2009, em pesquisa de Erlacher *et al.*, (2017) (TABELA 2).

Tabela 2 – Valores dos atributos químicos do substrato utilizado, Basaplant[®], CCA/UFES – Alegre/ES, 2014.

Parâmetros	Unidade	Valores
N	g kg ⁻¹ mg	5,03
P	g kg ⁻¹ mg	1,42
K	g kg ⁻¹ mg	1,04
Ca	g kg ⁻¹ mg	1,46
Mg	g kg ⁻¹ mg	4,01
Mn	mg kg ⁻¹	31,81
Zn	mg kg ⁻¹	30,40

Fonte: Da autora (2021).

3.3 Produção de mudas

As sementes de *Schinus terebinthifolia* foram coletadas no terceiro trimestre do ano de 2018 e beneficiadas de acordo com a proposta para sementes florestais (BRASIL, 2009). Logo após o beneficiamento, iniciou-se a semeadura.

Foram utilizados tubetes de 120 cm³ inseridos em bandejas de sustentação. Os tubetes foram preenchidos com substrato comercial + Osmocote[®] (de formulação 15-10-10 de NPK acrescido de 3,5% de Ca, 1,5% de Mg, 3,0% de S, 0,02% de B, 0,05% de Cu, 0,5% de Fe, 0,1% de Mn, 0,004% de Mo e 0,05% de Zn). Em cada tubete foram semeadas três sementes e aos 25 dias após a semeadura, foi realizado o desbaste com a finalidade de individualizar as mudas. As mudas individualizadas foram mantidas em bancadas no viveiro de mudas florestais, na Universidade Federal de Lavras, com sistema de irrigação diário, nos horários de 9; 12 e 14 horas.

Após o estabelecimento das mudas, selecionou-se as que estavam com tamanho médio de 13 cm de altura e, em seguida, foi realizado o transplante para saquinhos de polipropileno de dimensão igual a 20 cm X 26 cm X 0,16 cm, com substrato na proporção 3:2:1 (terra peneirada, esterco e substrato comercial), foram conduzidas em teste único até atingirem tamanho de 100 cm. Em seguida as mudas foram transplantadas para tubetes de volume 3.800 cm³ e conduzidas até atingirem o padrão de arborização urbana, mudas com altura superior da 180 cm, teste único e DAP (diâmetro da altura no peito) de 3 cm. Ressalta-se ainda que, durante todo o desenvolvimento das mudas, elas foram regadas diariamente, até início da instalação do experimento.

Figura 5 – Mudanças de *Schinus terebinthifolia* com 13 meses (A), e mudas no padrão arborização urbana com 19 meses (B).



Fonte: (Pereira, 2020).

3.4 Calibração dos sensores

A instalação do teste inicial para a calibração dos sensores foi realizada em casa de vegetação, sem irrigação, e com monitoramento constante da temperatura e umidade relativa do ar, utilizando o termo higrômetro Extech Rht10 Logger.

O teste para averiguar o ponto de murcha permanente, foi efetuado com o emprego de uma muda da espécie *Schinus terebinthifolia*, nos padrões para a arborização urbana (aproximadamente 2,00 metros de altura e DAP 3 centímetros), alocada em tubete de 3.800 mm³, contendo substrato e água na capacidade de campo. A planta foi mantida em casa de vegetação, sem irrigação com o intuito de determinar quanto tempo resistiria a restrição hídrica.

O sistema de sensoriamento dos dados era formado por dois arduínos MEGA, dois cabos de USB para arduíno, uma placa Protoboard 400 furos, 24 sensores de umidade capacitivo e 24 sensores de temperatura DS18B20. Definiu-se como microcontrolador o arduíno MEGA 2560, pois os sensores se dividem em 24 sensores analógicos (umidade) e 24 sensores digitais (temperatura).

Instalou-se um circuito de sistema de sensoriamento, onde a placa Protoboard nº1 possuía 12 sensores de temperatura DS18B20 e 12 sensores de umidade capacitivo, enquanto a placa nº 2, possuía 12 sensores de temperatura DS18B20 e 12 sensores de umidade capacitivos. Cada placa transmitiu os dados para o microcontrolador Arduíno MEGA que, por meio de um cabo específico, transferiu-os ao computador com a programação de leitura.

A programação do Sensor de Temperatura DS18B20 seguiu o método One-Wire que consiste em um protocolo de comunicação baseado na forma de barramento, cada dispositivo

possuía seu próprio endereço. O sensor de umidade capacitivo foi do tipo analógico. Usando o *Processing* (programa de dados), pôde-se exportar dados para o arquivo (.txt) comunicando diretamente com as portas seriais que estavam associadas aos microcontroladores conectados a elas.

Para a determinação da temperatura e umidade do solo, foram instalados 24 sensores de umidade capacitivos e 24 sensores de temperatura DS18B20. Os sensores foram inseridos em 24 vasos, contendo 12 litros de substrato comercial em cada, irrigados na capacidade de campo. A umidade e a temperatura do solo foram monitoradas diariamente, durante 10 dias pelos sensores que estavam ligados a um arduíno MEGA. Os dados foram registrados em intervalos de 1 minuto e através deles se fez a calibração dos sensores. Dividiu-se um dia, 24 horas, em três intervalos, manhã das 4 às 12 horas; tarde das 12 às 20 horas e noite das 20 às 4 horas.

Obtido os dados de umidade e temperatura do solo pelo sistema, um novo teste foi instalado com as mesmas características do teste inicial, porém, com a incorporação de concentrações diferentes do hidrogel comercial, FORTH[®] gel para plantio e com substrato irrigado na capacidade de campo. As concentrações utilizadas foram de 0; 0,75; 1,5; 3,0; 6,0 gramas/litro e foi avaliado o tempo de liberação da água pelo polímero constantemente. Esses dados foram coletados pelos sensores que foram armazenados por meio do sistema descrito acima e os dados apresentados em gráficos.

Utilizou-se outro dispositivo para verificação da umidade e temperatura do solo. O sensor de capacitância 5TE, que é um sensor analógico e digital portátil, e tem como dispositivo de leitura o Procheck, um calibrador de processo para ler as saídas de tensão dos sensores. O sensor 5TE foi inserido ao solo a uma profundidade de 2cm abaixo da extremidade da haste do sensor e com raio mínimo de solo de 10 cm em torno do sensor (COBOS, 2008). As medições foram realizadas nos dias 01, 07 e 14, após montagem do experimento.

Figura 6 – Calibração de sensores com utilização do sistema arduino.



Fonte: Pereira (2020).

3.5 Transplântio

O experimento foi instalado com as mesmas condições locais descritas nos pré-testes. A fim de simular um cova em ambientes urbanos, utilizou-se vasos de 25 litros com 12 litros de substrato comercial, onde foram incorporados seis concentrações diferentes de hidrogel comercial FORTH[®], sendo os tratamentos: sem irrigação e sem adição de polímero; com irrigação diária e sem adição de polímero; os demais tratamentos sem irrigação e com adição de 0,75; 1,5; 3,0; 6,0 gramas/ litros, respectivamente. Todos foram irrigados com água, até a capacidade de campo no ato da montagem. Para cada tratamento, havia 9 repetições com uma muda de *Schinus terebinthifolia* no padrão arborização urbana.

Figura 7 – Experimento com mudas de *Schinus terebinthifolia* no padrão arborização urbana inseridas em vasos nos diferentes tratamentos.



Fonte: Pereira (2020).

3.5.1 Análises fisiológicas

Para o cálculo do Conteúdo Relativo de Água (CRA), foram coletados 10 folíolos de cada repetição no dia 0 e dia 14, pesados imediatamente (massa fresca) em balança de precisão de 4 dígitos. Em seguida, foram acondicionados em placas de Petri contendo água destilada por um período de 24 horas. Após esse período, retirou-se o excesso de água com folhas de papel toalha e as amostras foram pesadas novamente (massa túrgida). As amostras foram acondicionadas em sacos de papel Kraft e levadas para estufa de circulação forçada na temperatura de 60 °C no período de 24 horas, sendo novamente pesadas para a obtenção da massa seca.

O cálculo do CRA é determinado pela Equação 1.

$$CRA = \frac{MF - MS}{MT - MS} \times 100 \quad (1)$$

Em que MF= massa fresca; MS= massa seca e MT= massa túrgida (KRAMER, 1983). Os resultados gerados são expressos em porcentagem.

Para a análise do extravasamento de eletrólitos, utilizou-se um cortador circular, a fim de se obter, por unidade experimental, cinco discos foliares de área 1,13 cm² cada, os quais foram lavados e acondicionados em placas de Petri contendo 20 mL de água deionizada. As placas foram mantidas à temperatura de 25 °C, por 90 minutos, em seguida, foi medida a condutividade inicial do meio (Xi) utilizando o condutivímetro de bancada, Digimed DM31. Posteriormente as placas de Petri foram submetidas à temperatura de 80 °C, por 90 minutos, em estufa de secagem, modelo Dubesser SSD 11L. Após resfriamento do conteúdo das mesmas, aferiu-se a condutividade final (Xf).

O extravasamento de eletrólitos é expresso como a porcentagem de condutividade em relação à condutividade total que se representa pela seguinte fórmula:

$$\% \text{ Condutividade} = \frac{Xi}{Xf} \times 100$$

Fonte: (CAMPOS; THUPHAM, 1997).

3.5.2 Determinação da concentração de clorofila A e B

Foram coletadas amostras de aproximadamente 1g de folíolos das folhas retiradas da parte mediana da muda. Imediatamente o material foi macerado em acetona (80%). Os extratos obtidos foram filtrados por meio de papel de filtragem rápida e transferidos para balões volumétricos de 10mL, completando-se o volume, ao final da filtragem, com acetona (80%), segundo a metodologia descrita por Campos e Thupham (1997). A densidade óptica dos filtrados foi lida em espectrofotômetro nos comprimentos de ondas (λ) de 645 e 663nm, utilizando o método de Elisa. A partir dessas leituras, foram determinadas as concentrações (mg.cm⁻³) de clorofilas A e B e carotenóides por meio de fórmulas propostas por Arnon (1949).

3.5.3 Análises bioquímicas (folha e raiz)

Amostras para as análises bioquímicas foram coletadas após o 1, 7 e 14 dias, nas condições experimentais de cada tratamento. Foram selecionados, aleatoriamente, 3 repetições de cada tratamento e coletado os folíolos de 3 folhas, no terço mediano da planta. As raízes foram lavadas e cortadas com tesoura de poda. O material foi colocado em sacos de papel alumínio, individualizados e identificados, submersos em nitrogênio líquido (-196 °C), a fim de paralisar todas as reações. As amostras foram armazenadas em Ultrafreezer – 80 °C, até o momento das análises.

Para a quantificação de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e peroxidação lipídica foram utilizados 0,2 g de matéria fresca (folha e raízes), maceradas em nitrogênio líquido contendo 2% de polivinil polipirrolidona (PVPP), homogeneizadas em 1,5 mL de ácido tricloroacético a 0,1% (m/v). As amostras foram centrifugadas, na velocidade de 12.000 giros por 15 minutos, na temperatura de 4° C e, após o término, foi coletado o sobrenadante.

O peróxido de hidrogênio (H₂O₂) foi determinado medindo-se a absorbância a 390 nm em um meio de reação, contendo 45 µL de tampão fosfato de potássio 10 mM, pH 7,0, 45 µL do extrato sobrenadante retirado e 90 µL de iodeto de potássio 1M (VELIKOVA *et al.*, 2000).

A quantificação da peroxidação lipídica foi determinada com uso de 125 µL do sobrenadante adicionado ao meio de reação, contendo 0,5% (m/v) de ácido tiobarbitúrico (TBA) e 10% (m/v) de TCA, logo, foram aquecidas a 95 °C, por 30 minutos. A reação foi paralisada por resfriamento rápido em gelo e as leituras foram determinadas em espectrofotômetro, de 535 nm e 600 nm. O TBA forma complexos de cor avermelhada com aldeídos de baixa massa molecular, como o malondialdeído (MDA), produto secundário do processo de peroxidação (BUEGE; AUST, 1973).

Para quantificação de prolina, as amostras foram coletadas seguindo o mesmo padrão das análises bioquímicas. O método utilizado foi adaptado de Bates *et al.* (1973). Pesou-se 100 mg de matéria fresca, que foram maceradas com 10 mL de ácido sulfosalicílico e transferidas para tubos de 15 ml para centrifugação. As amostras foram agitadas por 60 min e centrifugadas por 10 minutos a 500 rpm e o sobrenadante coletado. Utilizando-se 2 mL do extrato e adicionando-se 2 mL de ácido acético + 2 mL de solução de ninidrina ácida, deixou-se em banho-maria por 60 minutos a temperatura de 100 °C. Após mudança na coloração, as amostras foram resfriadas em gelo. Desprezando-se a fração incolor, a leitura das amostras da fração corada e dos padrões foi realizada a leitura a 520 nm.

3.5.4 Metabolismo antioxidante

O extrato enzimático foi obtido pela maceração de 0,2 g do material fresco em nitrogênio líquido em 5% de PVPP. Foram adicionados 1,5 ml do tampão de extração contendo: 375 μL de tampão fosfato de potássio 400 mM com pH 7,8; 15 μL de EDTA 10 mM e pH 7,0; 75 μL ácido ascórbico 200 mM e 1,035 ml de H_2O . O extrato foi centrifugado a 13.000 rpm por 10 minutos a temperatura de 4°C e o sobrenadante foi coletado e armazenado a -80°C até as análises enzimáticas da dismutase do superóxido (SOD), catalase (CAT) e peroxidase do ascorbato (APX) (BIEMELT *et al.*, 1998). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

A atividade da superóxido dismutase (SOD) foi determinada pela capacidade da enzima inibir a redução fotoquímica do nitro blue tetrazolium (NBT), proposta por Giannopolitis e Ries (1977). Os tubos contendo o tampão juntamente com a amostra, e o controle (meio de incubação sem a amostra), foram iluminados com lâmpada fluorescente de 20 W por 7 minutos e as leituras realizadas a 560 nm. Uma unidade de SOD é definida pela quantidade de enzima que inibe 50% da taxa de redução do NBT. A leitura foi feita a 560 nm em espectrofotômetro.

A atividade da catalase (CAT) foi determinada pelo decréscimo na absorbância a 240 nm, a cada 15 segundos, por 3 minutos, monitorado pelo consumo de peróxido de hidrogênio (HAVIR; MCHALE, 1987). A reação é iniciada pela adição do H_2O_2 ($\epsilon = 36 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$). Uma unidade de CAT é definida pela quantidade de enzima necessária para decompor 1 $\mu\text{mol min}^{-1}$ de H_2O_2 .

A atividade da ascorbato peroxidase (APX) foi determinada pela diminuição da absorbância do ascorbato ($\epsilon = 2,8 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) a 290 nm a cada 15 segundos durante 3 minutos, segundo Nakano e Asada (1981). Uma unidade de APX é definida pela quantidade de enzima que oxida 1 $\mu\text{mol min}^{-1}$ de ácido ascórbico.

3.6 Delineamento estatístico

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, composto por 6 tratamentos com 9 repetições em cada. Os tratamentos foram identificados como: testemunha, com a concentração de polímero 0 e sem irrigação; concentração 0 + água, onde a planta foi irrigada todos os dias, com 500ml de água, conforme necessidade da planta observada por 24 horas; concentração 0,75 g/L, sem irrigação; concentração 1,5 g/L, sem irrigação; concentração 3,0 g/L, sem irrigação e concentração 6,0 g/L de hidrogel, também sem irrigação.

Utilizou-se o software Sisvar[®] (FERREIRA, 2014) para análise dos dados. As médias da

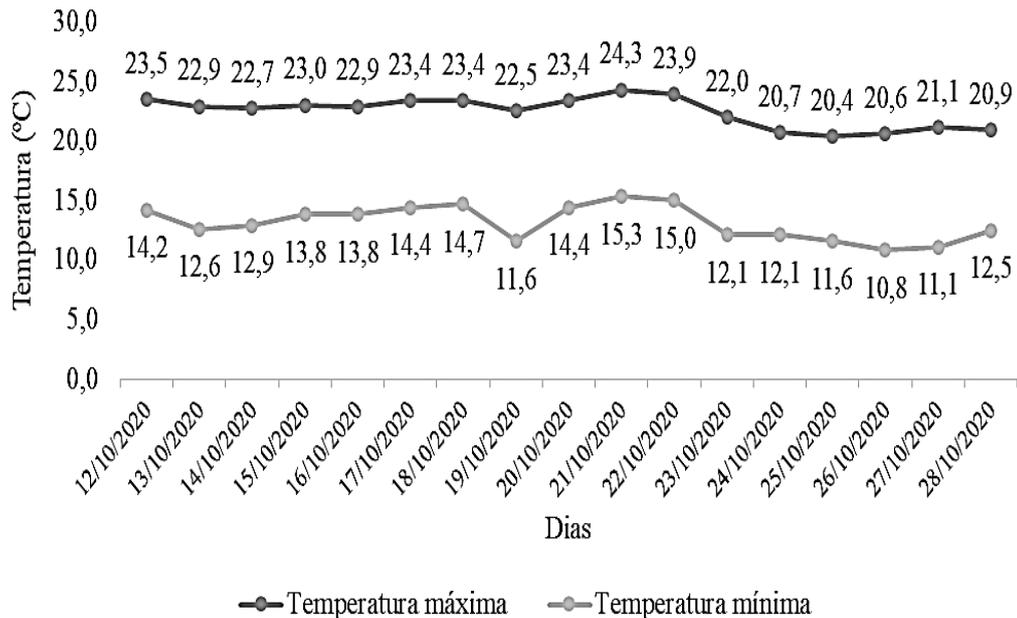
caracterização dos tratamentos foram submetidas à análise de variância e as médias das análises e os resultados analisados por comparação de média, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente foi necessário estabelecer o ponto de murcha permanente da espécie estudada e constatou-se que as mudas de *Schinus terebinthifolia*, atingiram o ponto de murcha permanente aos 14 dias submetidas a restrição hídrica e entraram no processo de senescência após 15 dias.

Foi monitorado o ambiente onde realizou-se o experimento e sua temperatura permaneceu estável como apresentado na Figura 8. A temperatura máxima durante todo experimento não ultrapassou de 24,3 °C e a temperatura mínima registrada não foi menor que 10,8 °C. Sugere-se que foi uma temperatura constante desde o início até a finalização do experimento.

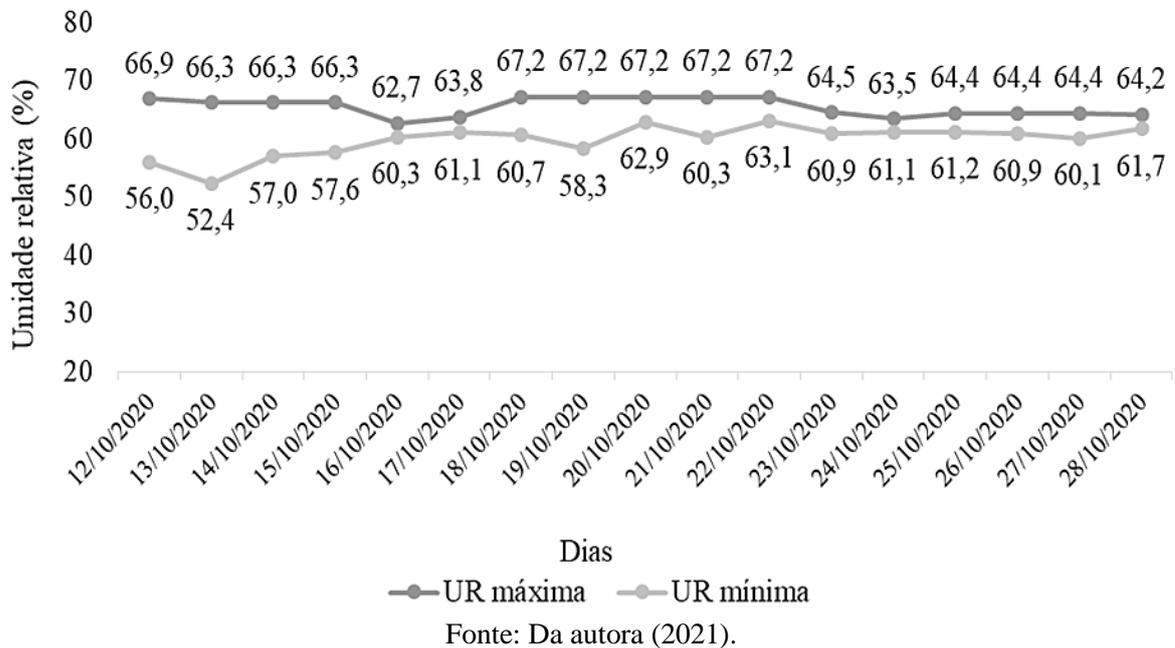
Figura 8 – Temperatura no ambiente em que foi realizado o experimento, obtida através do termohigrômetro Extech Rht10 Logger, ao decorrer de 14 dias.



Fonte: Da autora (2021).

A umidade do ar é um fator importante do ambiente em que se cultiva uma planta. Representada na Figura 9, pode-se observar a variação sofrida da umidade relativa do ar durante a realização do experimento, mantendo a média de 62,91%. A oscilação da umidade do ambiente foi moderada, com máxima registrada de 67,2% e mínima de 52,4%, fato já esperado, pois o local mensurado é uma casa de vegetação.

Figura 9 – Umidade relativa do ambiente em que foi realizado o experimento, obtida através do Termohigrômetro Extech Rht10 Logger, ao decorrer de 14 dias.

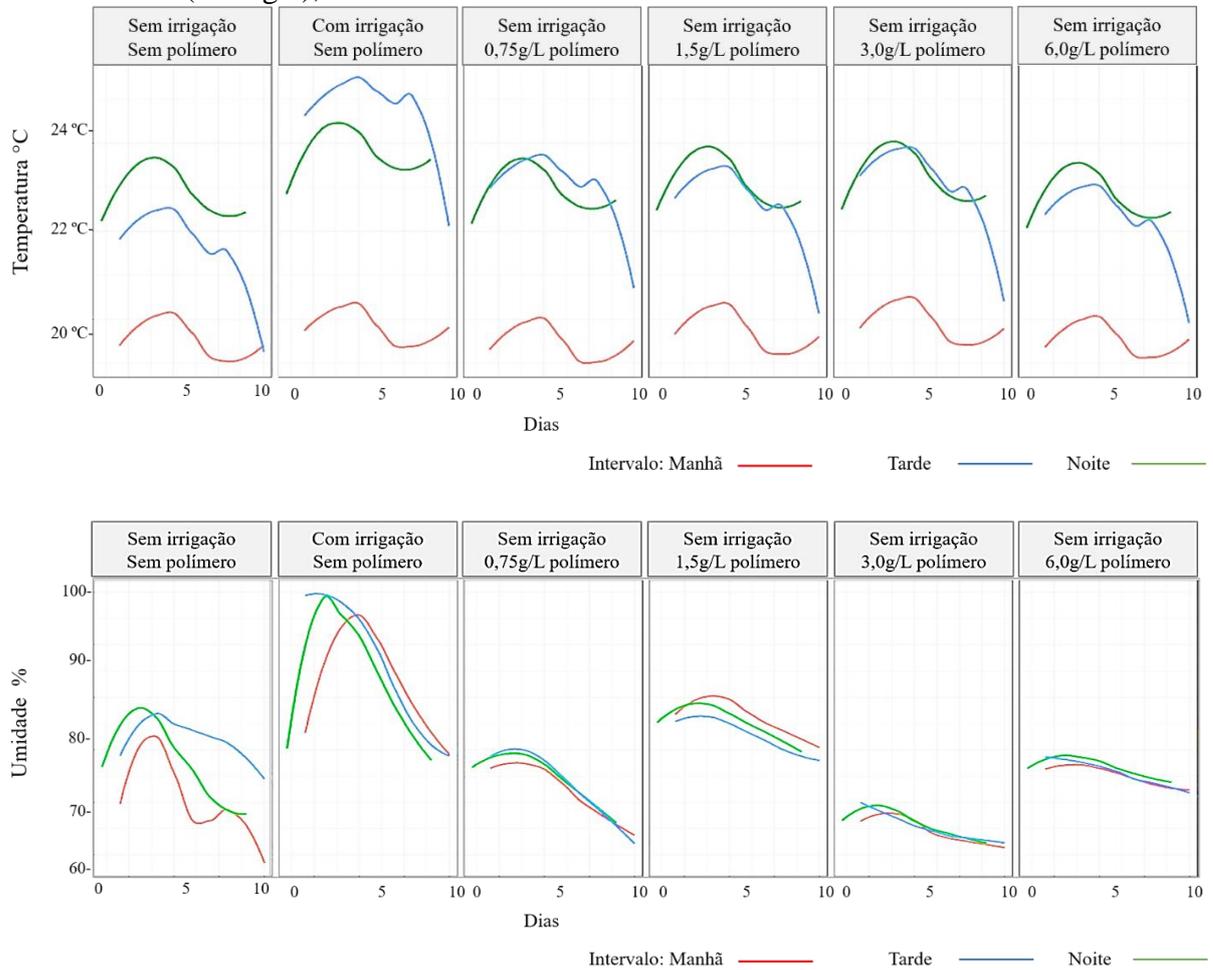


4.1 Temperatura e umidade do solo

A calibração do sistema arduíno realizada (FIGURA 10), gerou um padrão no valor observado da temperatura durante o teste. No período da manhã, a temperatura se mantém mais amena, abaixo de 21 °C. No período da tarde e da noite a temperatura dos vasos se eleva, variando de 22 °C a 24 °C, ao longo dos dias de leitura.

No mesmo ensaio, a umidade do solo foi monitorada constantemente. E observa-se que, no tratamento sem irrigação e sem polímero, ocorreram mais oscilações que foram diminuindo ao longo do tempo. Isso pode ser justificado pela presença de muitos poros no substrato, que não foram preenchidos por hidrogel nem por água, e segundo análise, a porosidade encontrada no substrato foi de 74%. Divergindo dos resultados dos tratamentos sem polímeros, os vasos que receberam hidrogel apresentaram dados constantes ao longo do dia e quanto maior as concentrações menores eram as variações ocorridas.

Figura 10 – Temperatura (A) e Umidade (B) do substrato na capacidade de campo, sem presença de mudas, com diferentes concentrações de polímero de poliácridamida (hidrogel), ao decorrer de 10 dias de monitoramento.



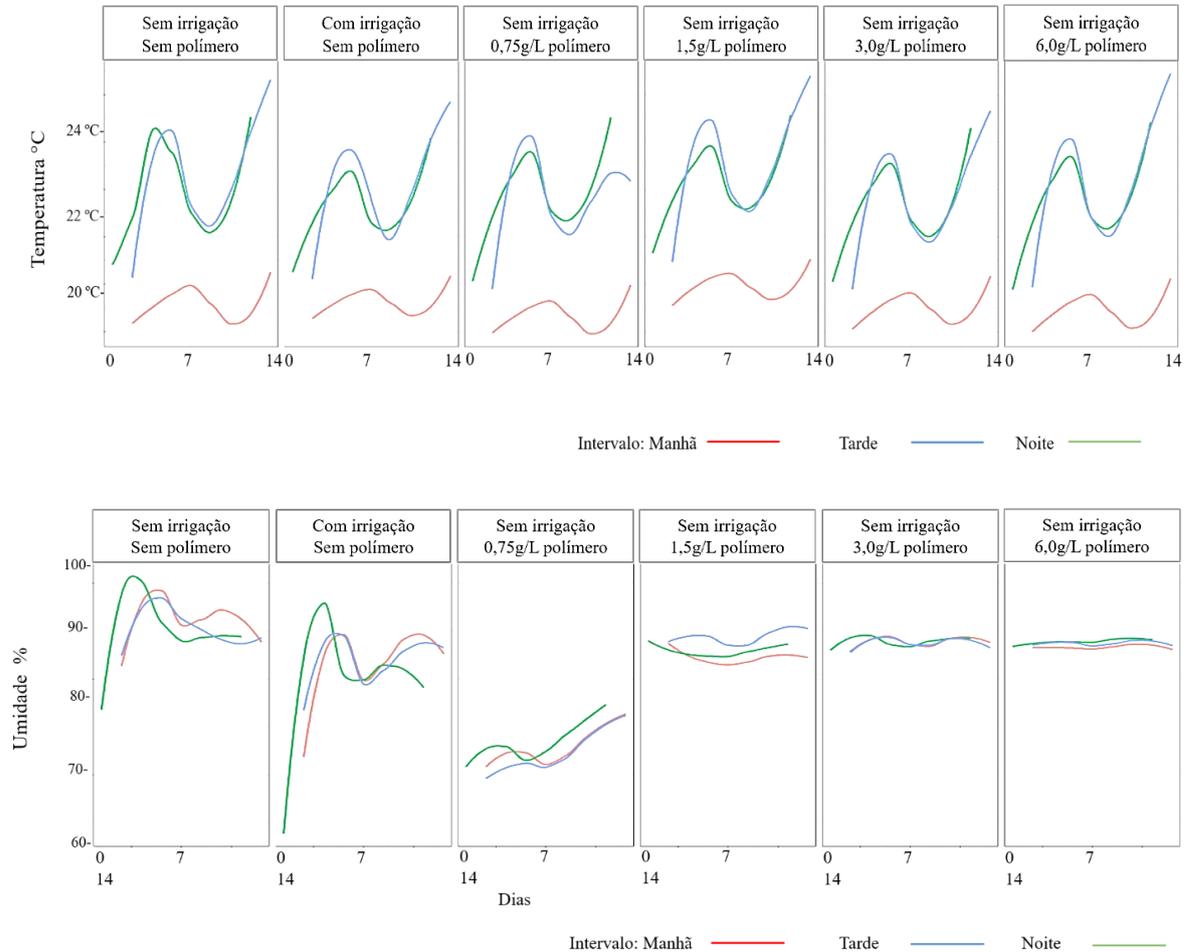
Fonte: Da autora (2021).

Posterior ao teste realizado, foi executado um novo experimento com a presença das mudas de *Schinus terebinthifolia* no padrão de arborização urbana, fuste único e altura superior a 1,80 m. Registrada na Figura 11, a temperatura do solo mensurada durante os 14 dias de experimentação, variou ao longo do dia, com temperatura matinal mais amena na parte da manhã e aumento da mesma na parte da tarde e noite. Aos 8 dias de experimentação, ocorreu uma baixa na temperatura registrada, decorrente a fatores externos ao solo, contudo, a máxima registrada durante todo o experimento não ultrapassou de 24 °C e a mínima registrada foi de 18,5 °C.

A umidade do solo variou nos tratamentos sem utilização do polímero, essa variação pode estar relacionada também a interferência da porosidade do substrato na constância de reconhecimento do sensor, visto que o mesmo utiliza como padrão de leitura, a diferença de resistência de tensão. Contudo, nos tratamentos que receberam hidrogel nas maiores

concentrações, a umidade permaneceu constante durante todo o experimento.

Figura 11 – Temperatura (A) e Umidade (B) do solo na capacidade de campo, após o transplante das mudas de *Schinus terebinthifolia*, em das diferentes concentrações de polímero de poliácridamida (hidrogel), ao decorrer de 14 dias de leitura do sistema arduíno.



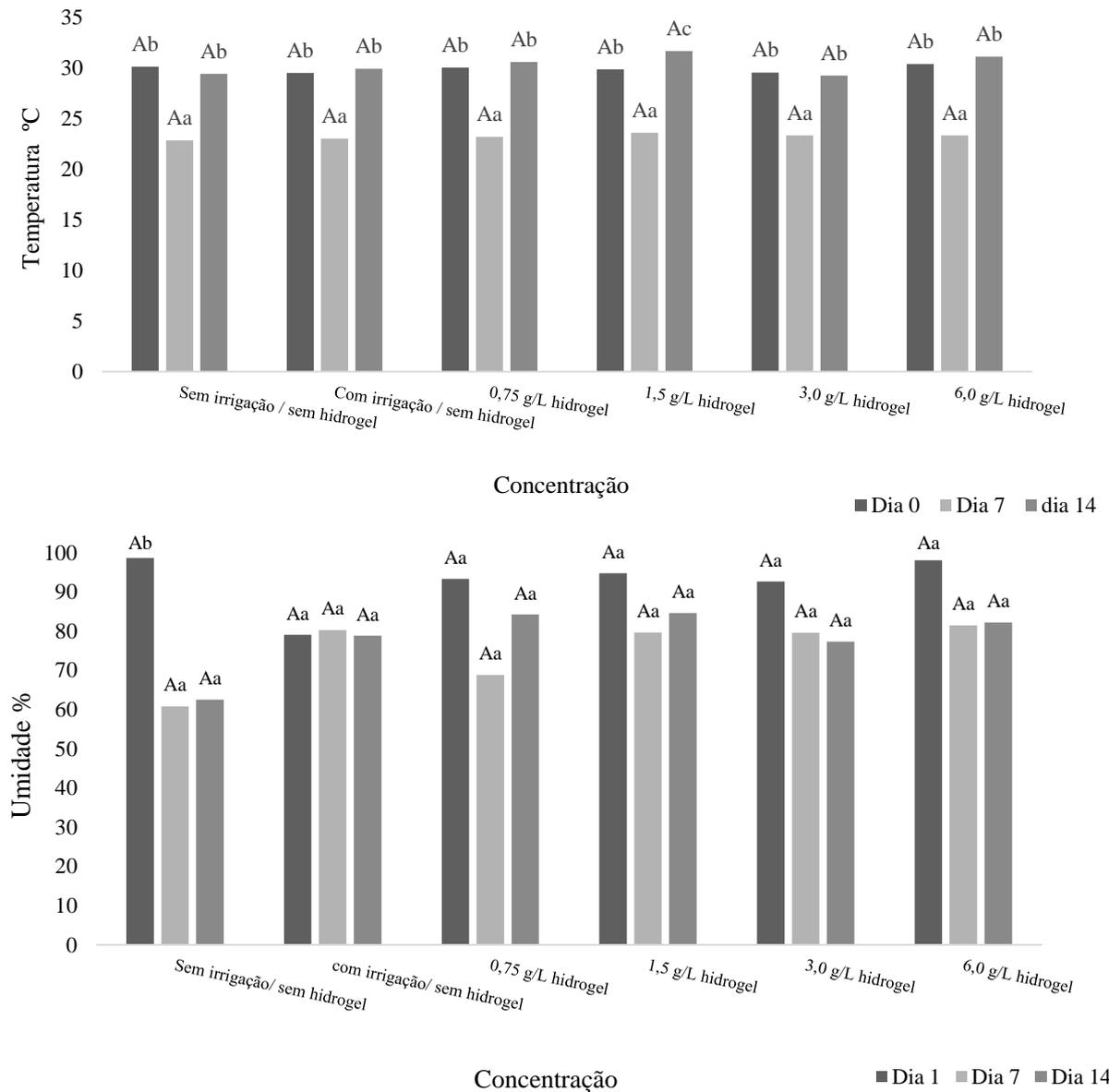
Fonte: Da autora (2021).

Outra ferramenta de avaliação da temperatura e umidade do solo foi a utilização do sensor 5TE com Pro-check. Com essas leituras foi possível observar na Figura 12, que a temperatura do solo nos dias 0 e 14, foi maior que a temperatura registrada para todos os tratamentos no dia 7. Esse fato pode estar relacionado à temperatura do ambiente externo, pois nos dados apresentados de temperatura com os sensores do sistema arduíno, ocorreu uma queda da temperatura entre os dias 7 e 8 de leitura.

A umidade do solo se modificou ao longo dos dias e tratamentos. No dia 1, após implantação do experimento, todos os tratamentos mantiveram a umidade acima de 80%. Nas avaliações subsequentes, nos vasos controle sem irrigação e sem hidrogel, o teor de água no solo reduziu para aproximadamente 60%, sendo assim, foi tratamento que teve maior

decréscimo do teor de água do solo. Os demais tratamentos não se diferenciaram estatisticamente.

Figura 12 – Temperatura (A) e Umidade (B) do solo na capacidade de campo, com a presença das mudas de *Schinus terebinthifolia*, em função das diferentes concentrações de polímero de poliacrilamida (hidrogel), ao decorrer de 14 dias de leitura mensurada pelo equipamento Pro-Check.



*Médias acompanhadas de letras maiúsculas (tratamentos) e minúsculas (dias) não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott

Fonte: Da autora (2021).

4.2 Conteúdo relativo de água

O conteúdo relativo de água (CRA), observado nas folhas *S. terebinthifolia*, não apresentou diferença entre as mudas nas diferentes condições experimentais, após os 14 dias do transplântio. As plantas apresentaram um CRA superior a 80%, podendo-se inferir que esta espécie toleraria um maior período sem reposição de água, divergindo do teste inicial em que a planta chegou ao ponto de murcha permanente aos 14 dias.

As mudas estudadas apresentaram tolerância à restrição hídrica submetida. Sabe-se que sob condições de restrição da irrigação ao longo do tempo, o declínio do potencial hídrico foliar é favorecido, ocorrendo assim, a perda de turgescência celular seguido da redução da expansão e divisão celular, síntese de proteínas, condutância estomática e fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2013). Tal tolerância pode ser também explicada pelo fato de algumas espécies possuírem um mecanismo de fechamento mais rápido dos estômatos, estratégia essa que evita a perda de água para o ambiente, aumentando sua resistência a seca.

A turgescência mantida durante as alterações na disponibilidade de água para as plantas pode garantir a sobrevivência das mesmas, mediante a continuidade dos processos metabólicos. O gradiente de potencial garante o movimento da água na planta. Para ocorrer o fluxo de água, o potencial hídrico do solo deve ser maior que o da planta. Sendo assim, sob condições de déficit hídrico, para que as raízes absorvam a água, as plantas reduzem o seu potencial hídrico para continuar a absorção.

Uma explicação para o qual mudas *S. terebinthifolia* não apresentaram diferença significativa do conteúdo relativo de água após o transplântio sob restrição hídrica, seria a relação direta do ajuste osmótico, devido à acumulação de solutos orgânicos de baixo peso molecular das plantas em condições de menor disponibilidade hídrica. Resultados semelhantes foram descritos por Silva *et al.* (2008). De acordo com a autora, a Aroeira é moderadamente tolerante ao déficit hídrico na fase inicial do desenvolvimento, plantas jovens com suprimento hídrico de 75% da capacidade de campo, não apresentando alterações significativas em termos de sua fisiologia e morfologia. Esse resultado também foi observado em trabalho realizado com *Hymenaea courbaril*, no qual as plantas mantiveram o CRA alto e adaptaram suas concentrações foliares em condições de estresse hídrico (NASCIMENTO *et al.*, 2015).

4.3 Determinação Clorofila A e B e Extravasamento de Elétrons

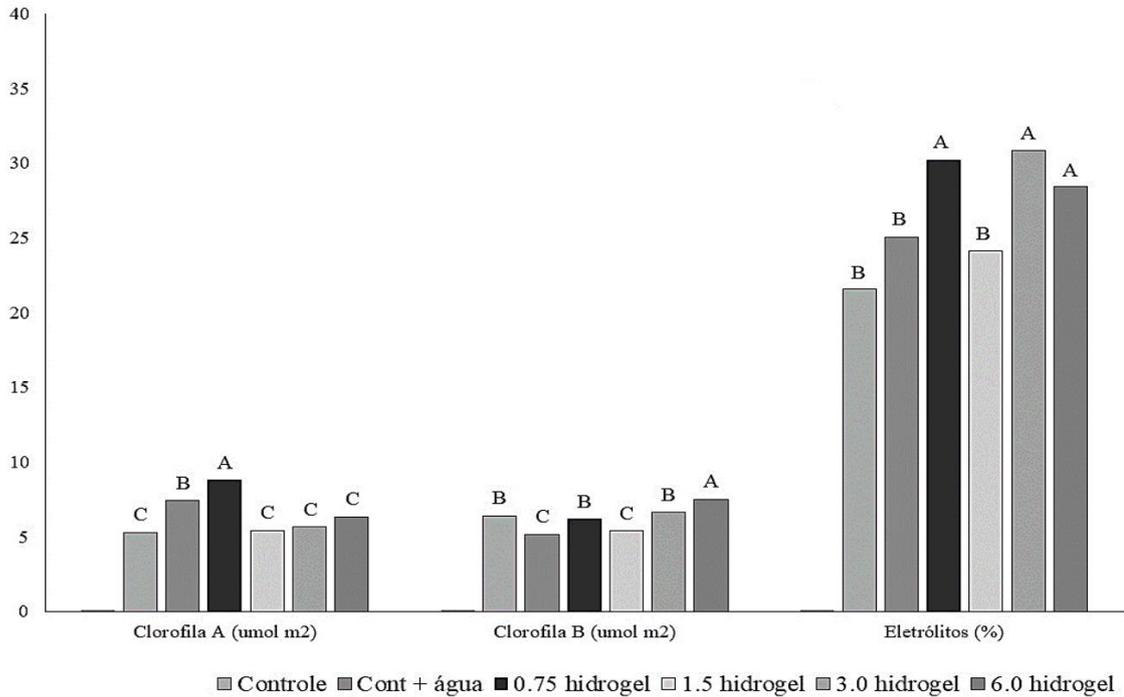
Quando quantificada a clorofila A, observou-se que o tratamento com 0,75 g/L teve a maior concentração, seguido pelo tratamento sem adição de polímero e irrigação constante. Os demais tratamentos não diferenciaram entre si estatisticamente nos resultados da clorofila A.

Sabe-se que a planta produz clorofila B e carotenoide sob condições de estresse, pois são pigmentos fotoprotetores que previnem a foto-oxidação da clorofila no processo da fotossíntese (SILVA, 2011). O teor de clorofila B nas mudas cultivada com a 6,0 g/L de hidrogel, apresentou a maior média em relação aos demais tratamentos. Os tratamentos com irrigação constante e com 1,5 g/L de hidrogel, tiveram os menores teores de clorofila B, o que pode ser compreendido como tratamentos com menos condições estressantes comparado aos demais. O resultado obtido dos carotenoides não apontou diferenças estatísticas significativas e teve a média geral de 1,32 ($\mu\text{mol m}^2$).

Plantas em condições de deficiência hídrica sofreram alterações nos processos fisiológicos, bioquímicos, moleculares e morfológicos, resultando em modificações nas rotas de biossíntese dos pigmentos fotossintéticos (SILVA *et al.*, 2017). Além disso, os efeitos dessas variações de disponibilidade da água comprometeram a capacidade de estabelecimento da maioria das plantas cultivadas (SILVA *et al.*, 2012). Nesse sentido, o teor de clorofila está diretamente relacionado ao nível de stress da planta ou déficit hídrico das condições de cultivo, podendo ser maior ou menor de acordo com a degradação sofrida (LUÍS, 2009).

Os valores de extravasamento de eletrólitos (ETR), também estão representados na Figura 10. Para o parâmetro ETR, os tratamentos com 0,75, com 3,0 e 6,0 g/L de hidrogel não diferem entre si estatisticamente, apresentando os maiores teores de extravasamento de eletrólitos. Os demais tratamentos, tiveram os menores teores, porém não diferem entre si.

Figura 13 – Teor de clorofila A e B e Extravasamento de elétrons, em mudas de *Schinus terebinthifolia*, antes do transplantio e após 14 dias do transplantio nas diferentes condições experimentais.



Fonte: Da autora (2021).

Essas concentrações baixas nos tratamentos sem hidrogel e o tratamento de 1,5 g/L de hidrogel, podem estar relacionadas ao fechamento dos estômatos, ocorrido durante a suspensão da irrigação. Isso pode levar a uma diminuição da concentração intercelular de CO₂ e redução da incorporação desse gás, resultando, conseqüentemente, em uma redução do fluxo de elétrons não cíclico. Esse modelo é de extrema relevância, pois facilita a identificação se a fotossíntese está limitada devido às restrições estomáticas. Com isso, pode-se identificar se há menor disponibilidade de gás carbono no ambiente, o que ocorre na limitação bioquímica da fotossíntese (JACINTO JUNIOR *et al.*, 2019). Contudo, o tratamento com irrigação diariamente, mantendo-se em condições ótimas, apresentou também níveis baixos de extravasamento de elétrons e não se aplica a este justificativa decorrente de fechamento dos estômatos.

O aumento do vazamento de eletrólitos em tratamentos com 0,75; 3,0 e 6,0 g/L de hidrogel, pode ser atribuído à consequência da limitação da fotossíntese imposta pela menor disponibilidade hídrica, que resulta na ruptura da integridade da membrana desencadeada pela superprodução de EROS, espécies reativas de oxigênio (SHARMA *et al.*, 2012). Contudo, a espécie estudada é considerada uma pioneira que, por características, tem suas raízes pivotantes e possuem características que tolerariam uma maior mudança ambiental, se adaptando às

condições adversas (GOMES *et al.*, 2013).

As plantas jovens desta espécie, submetidas a diversificados manejos com diferentes condições edafoclimáticas, podem apresentar plasticidade fenotípica ou respostas negativas, a condições diversas criadas por estressores abióticos, como teor de água reduzido ou em excesso no solo, ao qual pode limitar a sobrevivência e desenvolvimento das plantas (SARACHO *et al.*, 2020).

Em trabalho realizado com aroeiras do sertão jovens (*Myracrodruon urundeuva*), sob estresse hídrico, as plantas apresentam atividade fotossintética reduzida mais em função da limitação na condutância estomática do que a danos irreversíveis ao fotossistema II. Ainda que tenham sido detectados níveis elevados de peroxidação lipídica, revertidos logo após a reidratação, esse fato evidenciou a perda de eletrólitos pela célula (QUEIROZ *et al.*, 2002).

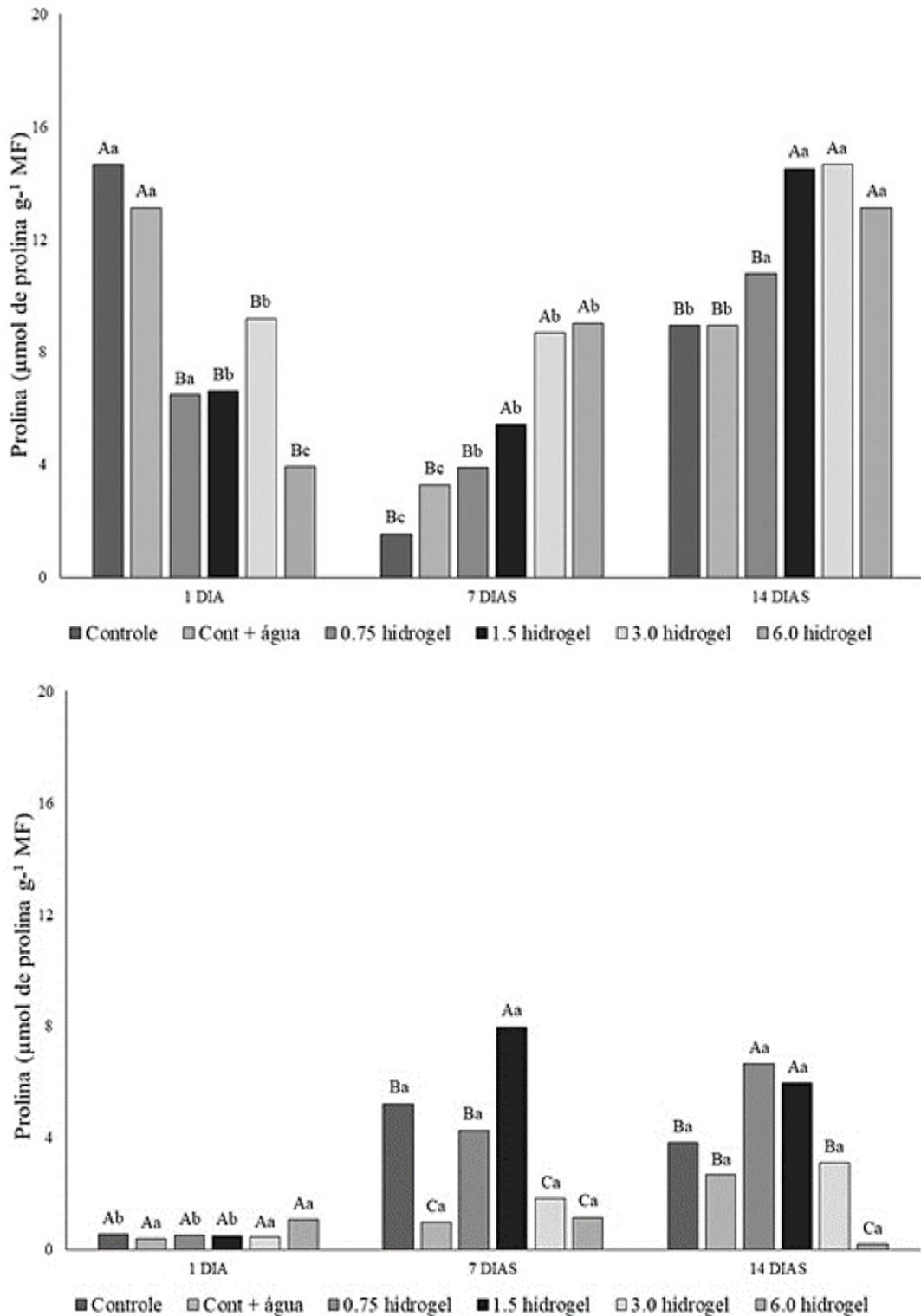
Pensando em plantios nas áreas urbanas, torna-se de extrema importância seu planejamento, devido a mudanças climáticas e alguns efeitos abióticos, como limitação da água, que pode ser revertido com a utilização de polímeros que absorvem água e liberam lentamente para a planta. Esses plantios em cidades têm janelas curtas para sua realização e a utilização de produtos que melhore esse processo é de grande importância, como o uso de hidrogéis.

4.4 Análises bioquímicas

4.4.1 Quantificação de prolina nas folhas e raízes

Com base nos resultados obtidos da quantificação de prolina nas folhas, ocorreram diferenças estatísticas significativas entre as mudas transplantadas nos diferentes tratamentos e nos 3 dias de avaliação, onde mudas que foram transplantadas em substrato sem polímeros (sem e com irrigação), apresentaram os maiores teores de prolina após 1 dia de restrição hídrica (FIGURA 14), os demais não diferenciaram entre si. Aos 7 dias, as maiores concentrações de hidrogel apresentaram níveis de prolina mais elevados, e aos 14 dias após sob restrição hídrica, os mesmos tratamentos com maiores concentrações de hidrogel, apresentaram também níveis mais elevados de prolina. Em relação aos dias de avaliação, no dia 1, os tratamentos controle (com e sem irrigação), apresentaram os maiores níveis de prolina. As avaliações do dia 7 e 14, tiveram nos tratamentos com concentrações maiores de hidrogel, os níveis de prolina mais elevados, diferindo assim, do primeiro dia de avaliação.

Figura 14 – Quantificação de prolina nas folhas (A) e nas raízes (B) de *Schinus terebinthifolia*, após transplântio nos três tempos (1, 7 e 14 dias), nas diferentes concentrações de hidrogel.



*Médias acompanhadas de letras maiúsculas (tratamentos) e minúsculas (dias) não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott

Fonte: Da autora (2021).

O teor de prolina encontrado nas raízes (FIGURA 14), não teve diferença significativa no primeiro dia após transplântio. Aos 7 dias após o transplântio e sob restrição hídrica, o tratamento com 1,5g/L de hidrogel teve maior concentração de prolina, seguido do tratamento 0,75 g/L e tratamento controle sem irrigação. Os demais tratamentos não diferiram entre si estatisticamente. Aos 14 dias sob restrição hídrica, as plantas com concentrações 0,75 e 1,5 g/L, evidenciaram níveis de prolina mais elevados. Nos tratamentos controles (com e sem irrigação) e tratamento com 3,0 g/L, os níveis da prolina não diferiram entre si e no tratamento com 6,0 g/L, o nível de prolina foi mínimo diferenciando dos demais estatisticamente.

Comparando-se os resultados das raízes por dias de avaliação, o tratamento controle com irrigação e os tratamentos com maiores concentrações de hidrogel 3,0 e 6,0 g/L, não diferenciaram estatisticamente nos três dias avaliados. Os tratamentos controle sem irrigação, 0,75 e 1,5 g/L, se diferenciaram da avaliação do dia 1, onde os níveis eram menores que nas duas avaliações seguintes.

Em diferentes condições de crescimento, a planta consegue produzir vários mecanismos com o intuito de protegê-la. Sob restrições hídricas, a planta consegue realizar um ajuste osmótico a fim de manter a turgescência celular (MARIJUAN; BOSCH, 2013). Desta forma, a planta consegue se proteger em períodos curtos sob condições de estresse. Esse processo existe devido a acúmulos de solutos no vacúolo ou citosol, como: prolina, betaína, glicina, sacarose, dentre outros, que levam a uma manutenção do equilíbrio hídrico celular e conservação enzimas, proteínas e da membrana celular (ASHRAF *et al.*, 2011; MARIJUAN; BOSCH, 2013). Além disso, alguns desses solutos carregam a função de proteger o metabolismo de acúmulo de subprodutos danosos ao metabolismo, oriundos de estresse hídrico.

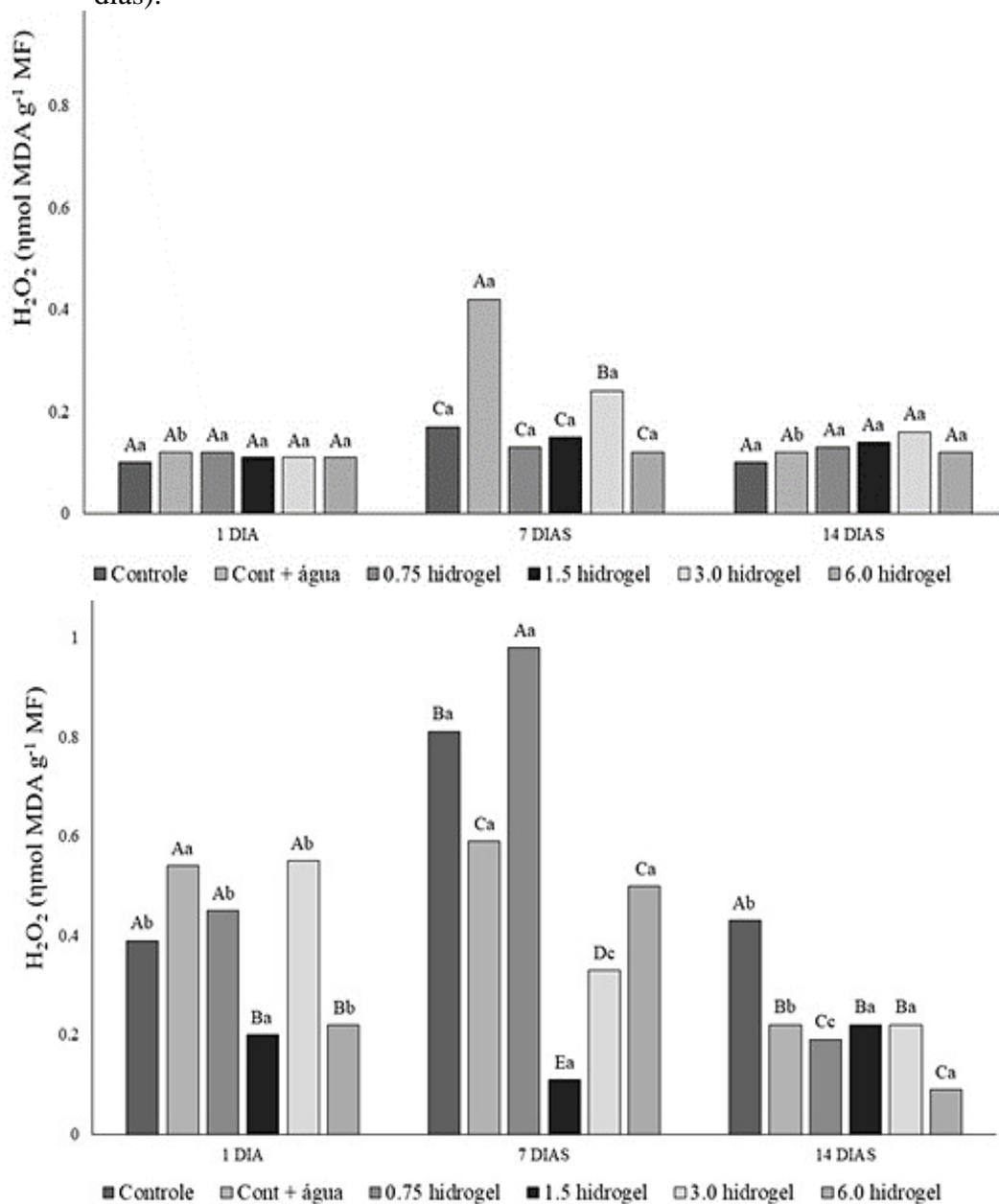
A prolina é um dos aminoácidos mais estudados em plantas, pois tem resposta mais rápida em condições de estresse (ASHRAF *et al.*, 2011). Plantas em condições de estresse, chegam a ter seu conteúdo de prolina aumentado até 100 vezes comparado a plantas não estressadas, e esse fator pode ser um grande aliado quando se busca por plantas mais resistentes (VERBRUGGEN; HERMANS, 2008).

Em alguns trabalhos, já se constatou que o acúmulo de prolina, acentuou os efeitos negativos do estresse hídrico (CVIKROVÁ *et al.*, 2013; DI FILIPPOU *et al.*, 2014). Sendo assim, por mais que na literatura o teor de prolina esteja associado a níveis de estresse em plantas, ainda não é certo que sempre ocorrerá o aumento desse aminoácido em todas espécies sob condições de estresse (SZÁBADOS *et al.*, 2011).

4.4.2 Peróxido de hidrogênio e Peroxidação das folhas e raízes

A quantificação da espécie reativa peróxido de hidrogênio nas folhas não apresentou diferença estatística no primeiro dia de avaliação nem aos 14 dias sob restrição hídrica. Aos 7 dias após transplante, maiores valores de peróxido foram encontrados no tratamento controle irrigado, seguido pelo tratamento com 3g de hidrogel (FIGURA 15).

Figura 15 - Quantificação de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) em folhas (A) e raízes (B) de *Schinus terebinthifolia*, nos diferentes tratamentos, nos três tempos (1, 7 e 14 dias).



*Médias acompanhadas de letras maiúsculas (tratamentos) e minúsculas (dias) não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott

Fonte: Da autora (2021).

As mudas cultivadas após transplântio com irrigação constante também se diferiram significativamente nas concentrações de peróxido nas folhas entre os dias de avaliação, apresentando maior conteúdo de peróxido de hidrogênio após 7 dias do transplântio. As mudas cultivadas nos demais tratamentos não apresentaram diferenças estatística entre os dias avaliados.

A quantificação de peróxido de hidrogênio nas raízes, traz diferenças significativas entre os tratamentos. No primeiro dia de avaliação, as mudas que receberam tratamentos controle (com e sem irrigação), e concentrações de 0,75 e 3,0 g/L, apresentaram os maiores níveis de H₂O₂, e concentrações de 1,5 e 6,0 g/L, apresentaram os teores de peróxido de hidrogênio mais baixos. Aos 7 dias de restrição, segundo dia de avaliação, a maior quantidade de peróxido de hidrogênio foi encontrada no tratamento com a menor quantidade de hidrogel (0,75g/L), seguida pelo tratamento controle sem irrigação, controle com irrigação constante e o tratamento com 6,0 g/L de hidrogel. Os menores valores foram observados nas concentrações de com 3,0 e 1,5 g/L de hidrogel respectivamente. Aos 14 dias de restrição hídrica, o tratamento controle sem irrigação teve os teores mais elevados de peróxido. Os demais tratamentos apresentaram os menores teores de peróxido.

Ocorreu diferença na quantificação do peróxido de hidrogênio ao longo dos três dias avaliados. No tratamento sem irrigação e sem adição de polímero, aos 7 dias de restrição, teve seu teor de peróxido mais elevado que nas demais avaliações, assim como ocorrido com o tratamento com 0,75 g/L. As mudas que não receberam hidrogel e tiveram irrigação constante, apresentaram níveis de peróxido elevados nas duas primeiras avaliações reduzindo assim seus teores na terceira avaliação. Mudas com 1,5 g/L não se diferenciaram ao longo das avaliações, e tratamento com 3,0 g/L de polímero demonstrou o maior valor de peróxido na avaliação inicial oscilando ao longo dos dias avaliados, assim como o tratamento com 6,0 g/L que oscilou também ao longo das avaliações.

O peróxido de hidrogênio (H₂O₂), é uma espécie reativa de oxigênio (ERO). Trata-se de um produto do metabolismo vegetal, que em situações adversas, como o estresse hídrico, que geralmente é imposto a mudas transplantadas em calçadas, pode ocorrer um desequilíbrio entre a formação de EROs e o metabolismo de defesa antioxidante, aumentando os níveis de EROS, em detrimento desse desequilíbrio, o que pode causar danos às plantas (RODRIGUES; BRANDÃO, 2016).

Os resultados obtidos com baixo H₂O₂, esses EROS podem estar atuando como moléculas sinalizadoras na expressão de genes ligados à defesa e respostas adaptativas, como síntese de lignina enquanto que em altas concentrações danificam o sistema de membranas,

levando à peroxidação lipídica, culminando na morte celular (BHATTACHARJEE, 2012; BARBOSA *et al.*, 2014). A eliminação ou detoxificação das EROs em excesso é obtida por um complexo mecanismo de defesa das plantas, que envolve diversas enzimas e produção de substâncias sequestrantes desses radicais (SHARMA *et al.*, 2012).

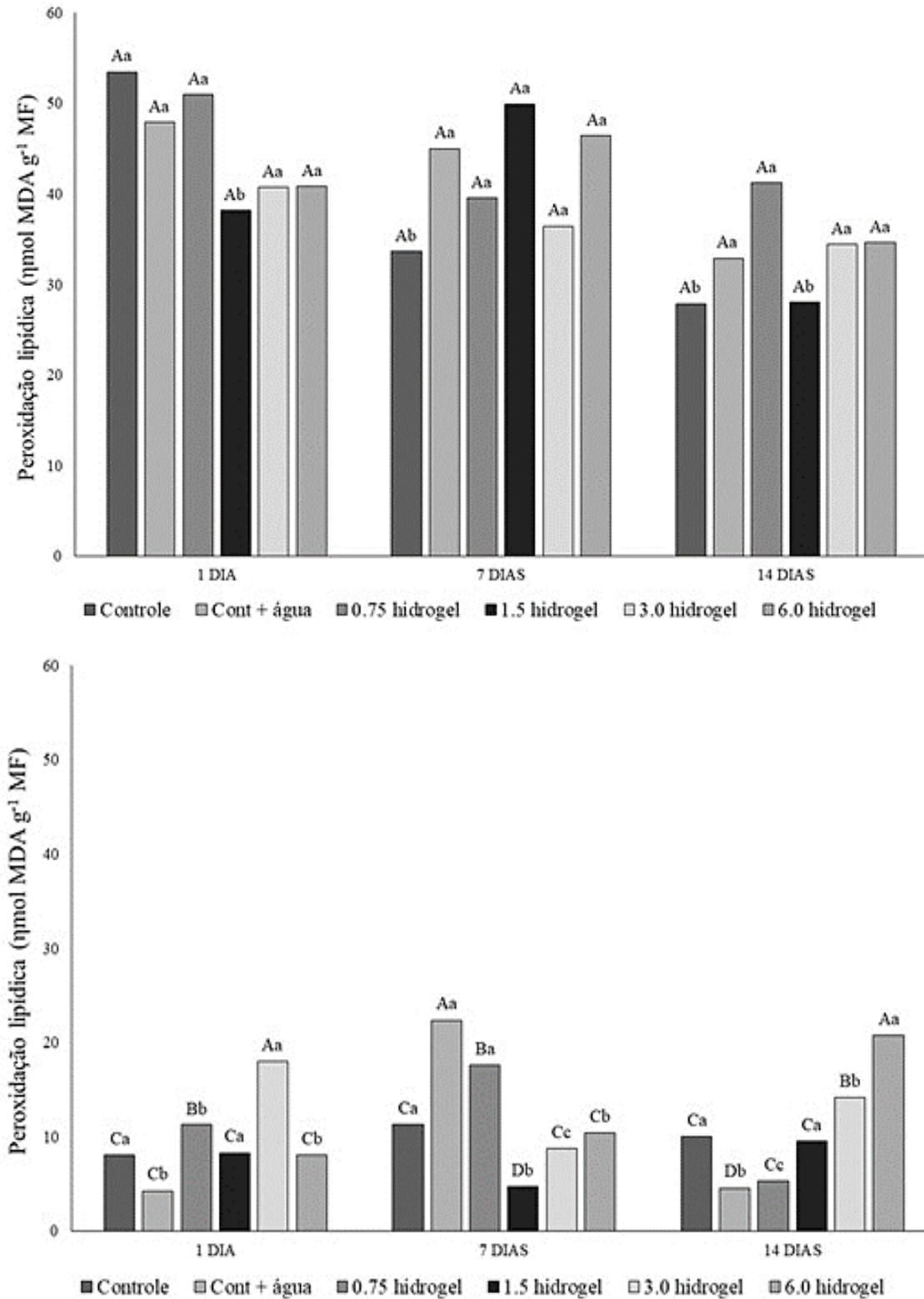
A produção, o metabolismo e a remoção das EROs são essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas. A regulação e eliminação desses compostos são parte do mecanismo de defesa dos vegetais, e podem aumentar a tolerância contra diversos tipos de estresses ambientais (BRANDÃO *et al.*, 2016), o qual pode ser observada quando comparados os conteúdos aos 7 e 14 dias após o transplantio.

A peroxidação lipídica nas folhas, não apresentou diferença entre os tratamentos nas avaliações, apresentando diferença ao longo dos dias de restrição. O tratamento controle sem irrigação, a peroxidação diminuiu a partir dos 7 dias e a concentração de 1,5 g/L de polímero hidrogel apresentou maior peroxidação aos 7 dias de restrição, diferindo estatisticamente dos demais.

A intensidade do estresse oxidativo pode ser avaliada pelo nível de peroxidação lipídica que desempenha um papel central na deterioração das membranas. A peroxidação lipídica é ocasionada por altas concentrações de EROs que danifica o sistema de membranas causando, assim, a morte celular (BRANDÃO, 2016).

No entanto, levando em consideração que os diferentes tratamentos apresentaram CRA superiores a 80% nas folhas, foi possível observar que não houve danos irreversíveis em função do nível de peroxidação das membranas, sugerindo que, o sistema de defesa antioxidante foi ativado no período de restrição hídrica. Assim como observado por Queiroz *et al.* (2002), em um estudo realizado com mudas de aroeira sob estresse hídrico e após reidratação. Os autores também observaram que, após a retomada da irrigação, as plantas mostraram acentuada redução na atividade peroxidativa foliar, possivelmente pela queda na geração de espécies livre de oxigênio e/ou ativação de um sistema antioxidante para a captura desses radicais livres.

Figura 16 – Quantificação de peroxidação lipídica em folhas (A) e raiz (B) de *Schinus terebinthifolia*, nos diferentes tratamentos, nos três tempos (1, 7 e 14 dias).



*Médias acompanhadas de letras maiúsculas (tratamentos) e minúsculas (dias) não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott

Fonte: Da autora (2021).

Valores com até 60% de CRA nas folhas, não geram danos irreversíveis. Há uma rápida recuperação da atividade fotossintética e do nível de peroxidação das membranas após a reidratação das plantas, sugerindo que o sistema de defesa antioxidante foi ativado após a suspensão hídrica. Sob condições normais, as plantas geralmente estão bem adaptadas para minimizar danos devidos à inevitável formação de espécies reativas de oxigênio na fotossíntese (FOYER *et al.*, 1994).

A peroxidação lipídica obtida nas raízes apresentou diferenças significativas entre os tratamentos nos dias de avaliação. No primeiro dia de avaliação o tratamento com 3,0 g/L de hidrogel apresentou maior valor de peroxidação de lipídios, seguido pelo tratamento com 0,75 g/L de hidrogel. Os demais tratamentos não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre eles. Aos 7 dias após a restrição de H₂O, o maior valor de peroxidação lipídica foi encontrado no tratamento controle com irrigação constante seguido pelo tratamento com a menor concentração do hidrogel, 0,75g/L e os demais tratamentos. O tratamento com 1,5 g/L registrou o menor valor de peroxidação lipídica. A terceira avaliação do experimento, aos 14 dias de restrição hídrica, o tratamento com maior concentração de hidrogel 6,0 g/L teve maior teor de peroxidação da membrana, seguido pela segunda maior concentração 3,0 g/L e demais tratamentos. Observou-se que o tratamento controle com irrigação constante apresentou o nível mais baixo de teor de peroxidação lipídica.

Foi avaliada também, a diferença ao longo das avaliações e constatou-se que o tratamento controle sem irrigação não se diferenciou ao longo dos dias avaliados. O tratamento controle com irrigação teve níveis mais elevados aos 7 dias de restrição hídrica, como ocorrido com tratamento com 0,75 g/L de hidrogel. O tratamento com 1,5 g/L a contrário dos anteriores, no dia 7, segunda avaliação, teve seu menor nível de peroxidação lipídica. Enquanto que os tratamentos com concentrações mais elevadas 3,0 e 6,0 g/L de hidrogel, demonstraram menores valores de peroxidação também aos 7 dias e um teor mais elevado na primeira avaliação e terceira respectivamente.

4.4.3 Enzimas antioxidantes

A atividade da SOD obtida das folhas das mudas nos diferentes tratamentos apresentou diferenças no primeiro e terceiro dia de avaliação. No dia 1 o tratamento controle que recebeu irrigação (controle + água) e o tratamento com maior concentração de hidrogel (6,0 g/L), apresentaram a atividade de SOD mais elevada em relação aos demais tratamentos, que não diferenciaram entre si. Aos 14 dias de restrição hídrica, os tratamentos controles e com a menor

concentração de hidrogel 0,75 g/L, tiveram níveis de SOD mais elevados em relação aos demais tratamentos.

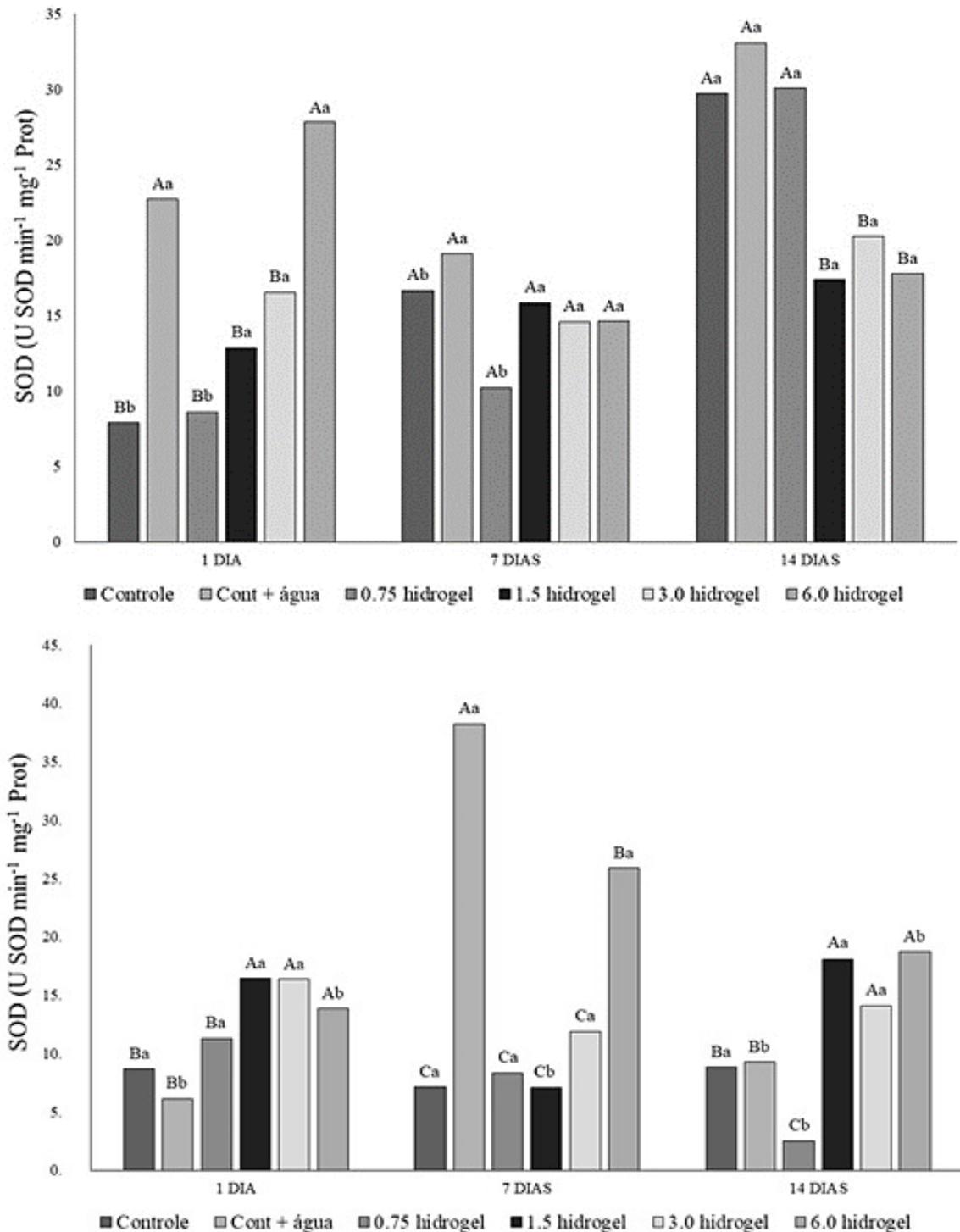
Ao longo dos dias de experimentação, tratamentos sem irrigação e sem adição de polímeros e o tratamento com 0,75 g/L, aumentara seus níveis de SOD ao longo dos dias, os demais tratamentos não diferiram entre si.

Quando quantificada a SOD nas raízes, na primeira avaliação os tratamentos com maiores níveis de hidrogel quantificaram teores mais altos de SOD. Os demais tratamentos não diferiram entre si. Na segunda avaliação, o tratamento controle com irrigação constante e tratamento com 6,0 g/L, quantificaram os teores mais elevados de SOD os demais não se diferem entre si. Na terceira e última avaliação, mudas com os teores de hidrogel mais elevado quantificaram mais teores de SOD, seguido pelos demais tratamentos.

Nos dias de avaliação, o tratamento controle sem irrigação e tratamentos com níveis de hidrogel 1,5 e 3,0 g/L, não se diferem entre os dias. Tratamento controle com irrigação constante e 6,0 g/L, aos 7 dias de avaliação, tiveram os níveis de SOD mais elevados e foi registrado que tratamento com 0,75 g/L na terceira avaliação teve menor nível de SOD

Alguns tratamentos nas folhas apontam o aumento da atividade ao longo dos dias, ocasionado pelo déficit hídrico, a SOD é a primeira enzima a se manifestar nessa ocorrência. Isso já foi descrito por alguns autores em diversas plantas como arroz (REDDY *et al.*, 2004), milho (JIANG; ZHANG, 2002), trigo (SHAO *et al.*, 2005), dentre outras.

Figura 17 – Quantificação de superóxido dismutase - SOD em folhas (A) e raízes (B) de *Schinus terebinthifolia*, nos diferentes tratamentos, nos três tempos (1, 7 e 14 dias).



*Médias acompanhadas de letras maiúsculas (tratamentos) e minúsculas (dias) não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott.

Fonte: Da autora (2021).

As enzimas da catalase (CAT) e da ascorbato peroxidase (APX) nas folhas e raízes das mudas, não apresentaram resultados significativos nos testes realizados.

Independentemente do tipo de metabolismo, a falta de água leva à redução na atividade

fotossintética e aumento na respiração das plantas o que, por sua vez, gera uma produção excessiva de espécies reativas de oxigênio (EROS), assim, para minimizar seus efeitos citotóxicos, as plantas desencatilham um complexo sistema antioxidativo onde enzimas específicas atuam neutralizando a ação desses radicais, iniciando com a superóxido dismutase (SOD) (PEREIRA *et al.*, 2012).

Para evitar o acúmulo de EROS, as plantas possuem sistemas de defesa enzimáticos e não enzimáticos que possibilitam a eliminação desses compostos e assim protegem contra o estresse oxidativo. A diferença de disponibilidade de água pode desencadear a ativação desse sistema antioxidante (ROCHA *et al.*, 2018).

É válido ressaltar ainda, que a SOD é a primeira enzima envolvida no sistema de defesa das plantas quando a célula detecta um sinal de estresse, sendo responsável pela formação direta de diferentes espécies reativas de oxigênio (SANKAR *et al.*, 2007). Em resposta à atividade da SOD, o nível de H_2O_2 aumenta, engatilhando, a partir daí, a ação de enzimas secundárias de neutralização, tais como, CAT e as peroxidases, APX e GPX, que são responsáveis pela conversão do H_2O_2 a $H_2O + \frac{1}{2} O_2$ e H_2O_2 a $H_2O + R(O)^2$, respectivamente (PEREIRA *et al.*, 2012).

5 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos, conclui-se que a espécie *Schinus terebenthifolia* é uma boa alternativa para o uso na arborização urbana. Constatou-se que existem mecanismos que possibilitam a planta manter-se estável após transplântio, possuindo uma plasticidade perante aos diferentes meios ao qual foi submetida e que a planta estudada, toleraria mais dias sob restrição hídrica. Ainda de acordo com os resultados, foi possível inferir que o uso do hidrogel pode ser uma alternativa pós-transplântio, devido a constância da umidade do solo que recebeu hidrogel.

REFERÊNCIAS

- ALVES, P. L.; FORMIGA, K. T. M.; TRALDI, M. A. B. Rainfall interception capacity of tree species used in urban afforestation. **Urban Ecosystems**, Nova York, v. 21, n. 1, p. 697–706, 2018.
- ARAÚJO, L. V. C. **Composição florística, fitossociologia e influência dos solos na estrutura da vegetação em uma área de caatinga no semi-árido paraibano**. 2007. 121 p. Tese (Doutorado em Ecologia Vegetal e Meio Ambiente) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/tede/8109/2/arquivototal.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2021.
- ARAÚJO, M. N. de; ARAÚJO, A. J. de. **Arborização Urbana**. Série de Cadernos Técnicos da Agenda Parlamentar do Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia do Paraná. Paraná: CREA-PR. 2016/2017. p. 39.
- ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, Oxford, 24, n. 1, p. 1, 1949.
- BARBOSA, M. R.; SILVA, M. M. D. A.; WILLADINO, L.; ULISSES, C.; CAMARA, T. R. Plant generation and enzymatic detoxification of reactive oxygen species. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 3, p. 453-460, 2014.
- BATES, L. S.; WALDREN, R. P.; TEARE, I. D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and Soil**, [S.l.], v. 39, n. 1, 205-207, 1973.
- BENIWAL, R. S.; HOODA, M. S.; POLLE, A. Amelioration of planting stress by soil amendment with a hydrogel–mycorrhiza mixture for early establishment of beech (*Fagus sylvatica* L.) seedlings. **Annals of Forest Science**, [S.l.], v. 68, n. 4, p. 803-810, June 2011.
- BERNARDI, A. D. C.; NAIME, J. D. M.; RESENDE, A. D.; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília: Embrapa Instrumentação (INFOTECA-E), 2014.
- BHAKTA, I.; PHADIKAR, S.; MAJUMDER, K. State of the art technologies in precision agriculture: a systematic review. **Wiley Online Library**, [S.l.], v. 99, n. 11, p. 4878-4888, 2019.
- BHATTACHARJEE, S. The language of reactive oxygen species signaling in plants. **Journal of Botany**, [S.l.], 15 fev. 2012. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/jb/2012/985298/>. Acesso em: 20 abr. 2020.
- BICA, I.; BOUKHEMACHA, M. A.; GROZA, G. A semi-analytical solution for groundwater flow-field delineation near pumping/injection wells in confined aquifers. **Hydrogeology Journal**, [S.l.], v. 27, p. 61-71, 2019.
- BIEMELT, S.; KEETMAN, U.; ALBRECHT, G. Re-aeration following hypoxia or anoxia leads to activation of the antioxidative defense system in roots of wheat seedlings. **Plant Physiology**, [S.l.], v. 116, n. 2, p. 651-658, 1998.

BORÉM, A.; RAMALHO, M. A. P. Estresses abióticos: desafios do melhoramento de plantas nas próximas décadas. *In*: FRITSCH-NETO, R.; BORÉM, A. **Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos**. Viçosa: UFV, 2011. p. 9-28.

BORGES, D. A. B. **Arborização na cidade de Patos/PB**: diagnóstico, benefícios térmicos da vegetação urbana e potencialidades paisagísticas de espécies nativas da caatinga. 2019. 181 p. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, 2019.

BORTOLO, C. A.; RODRIGUES, H. L. A.; BORGES, M. G. Identification of urban green areas from satellite images worldview-ii: the case of squares in the city of Montes Claros - MG. **Geo UFRJ**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 32, p. 1-20, 2018.

BRANDÃO, S. E. **Potencial redox de árvores nativas do domínio da Mata Atlântica, em São Paulo, expostas a perturbações ambientais**. 2016. 101 p. Tese (Doutorado em Plantas Vasculares em Análises Ambientais) - Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo, 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes** / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.

BROETTO, F.; GOMES, E. R.; JOCA, T. A. C. Estresse das Plantas: **Teoria and Prática**. São Paulo: Cultura Acadêmica Editora Unesp, 2017.

BUEGE, J. A.; AUST, S. D. Microsomal lipid peroxidation. *In*: *Methods in enzymology*. **Academic Press.**, [S.l.], v. 52, p. 302-310, 1978.

CABRAL, I. D. Arborização urbana: problemas e benefícios. **Revista Especialize**, IPOG, Goiânia, n. 6, v. 158, p. 1-15, 2013.

CAMPOS, P. S.; THI, A. T. P. Effects of an abscisic acid pretreatment on membrane leakage and lipid composition of *Vigna unguiculata* leaf discs subjected to osmotic stress. **Plant Science**, [S.l.], v.130, n.1, p, 11-18, 1997.

CARNEIRO, R. G.; MOURA M. A. L.; SILVA V. P. R.; SILVA JUNIOR, R. S.; ANDRADE, A. M. D.; SANTOS, A. B. Variabilidade da temperatura do solo em função da liteira em fragmento remanescente de Mata Atlântica. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 1, p. 99-108, 2014.

CARVALHO, R. P.; CRUZ, M. C. M.; MARTINS, L. M. Frequência de irrigação utilizando polímero hidroabsorvente na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Frutificação**, [S.l.], v. 35, n. 2, p. 518-526, 2013.

CHAKRABORTY, K; SINGH, A; KALARIYA, K. A; GOSWAMI, N; ZALA, P. V. Physiological responses of peanut (*Arachis hypogaea* L.) cultivars to water deficit stress: status of oxidative stress and antioxidant enzyme activities. **Acta Botanica Croatica**, [S.l.], v. 74, n. 1, p. 123–142, 2015.

CLIMATEMPO. Previsão do tempo. **Climatologia**. Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/previsao-do-tempo/15-dias/cidade/154/lavras-mg>. Acesso em: 10 mar. 2021.

COBOS, D. R. **Predicting the amount of water on the surface of the LWS dielectric leaf wetness sensor**. 2008. Disponível em: https://www.ai-nex.co.jp/14556_Predicting%20water%20on%20surface%20of%20the%20LWS_Print.pdf. Acesso em: 08 mar. 2021.

COSTA, E.; SANTO, T. L.; SILVA, A. P.; SILVA, L. E.; OLIVEIRA, L. C.; BENETT, C. G.; BENETT, K. S. Ambientes e substratos na formação de mudas e produção de frutos de cultivares de tomate cereja. **Horticultura Brasileira**, [S.l.], v. 33, n. 1, p. 110-118. 2015.

CUNHA, K. C. B.; ROCHA, R. V. Automação no processo de irrigação na agricultura familiar com plataforma arduino. **Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, São Carlos, v. 1, p. 62–74, 2015.

CVIKROVÁ, M.; GEMPERLOVÁ, L.; MARTINCOVÁ, O.; VANKOVÁ, R. Effect of drought and combined drought and heat stress on polyamine metabolism in proline-over-producing tobacco plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, France, v. 73, p. 7-15, 2013.

DA COSTA, D. C. C.; PINHEIRO, G. D. S.; DE OLIVEIRA, G. M.; DOS SANTOS, A. T. N.; SANTANA, C. D. S.; ANGELOTTI, F.; DANTAS, B. Emergência e crescimento inicial de plântulas de cebola sob o aumento da temperatura e concentração de CO₂. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 8, p. 471-483, 2015.

DA SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; DE LACERDA, C. F.; DE SOUSA, C. H. C.; CHAGAS, K. L. Pigmentos fotossintéticos e potencial hídrico foliar em plantas jovens de coqueiro sob estresses hídrico e salino. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 10, n. 4, p. 317-325, 2017.

DA SILVA, S. T.; SOUSA, B. H. Diagnóstico da arborização urbana do município de Guarabira-Paraíba. **Paisagem e Ambiente**, Belo Horizonte, v. 41, p. 167-184, 2018.

DE ALMEIDA, B. G.; FURTADO, D. A.; DE MELO, D. F.; LEITE, P. G.; SILVA, T. T. S. Sistema automatizado de irrigação em plataforma Arduino. *In*: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA, 2019, Palmas, Tocantins **Anais** [...], Palmas, Tocantins, 17 a 19 set. 2019.

DI FILIPPO, P.; POMATA, D.; RICCARDI, C.; BUIARELLI, F.; GALLO, V.; QUARANTA, A. Free and combined amino acids in size-segregated atmospheric aerosol samples. **Atmospheric Environment**, Oxford, v. 98, p. 179-189, 2014.

DUARTE, E. A. A.; MELO FILHO, P. A.; SANTOS, R. C. Características agronômicas e índice de colheita de diferentes genótipos de amendoim submetidos a estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 8, p. 843-847, 2013.

- DUARTE, T. E. P. N.; ANGEOLETTO, F.; RICHARD, E.; VACCHIANO, M. C.; LEANDRO, D. S.; BOHRER, J. F. C.; LEITE, L. B.; SANTOS, J. W. M. C. Urban Afforestation in Brazil: a Reflection of Environmental Injustice. **Terra Plural**, Ponta Grossa, v. 11, n. 2, p. 291-303, 2017.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. EMBRAPA Solos, 2007.
- ERLACHER, W. A. *et al.* Estratégias de uso de caroço de açaí para formulação de substratos na produção de mudas de hortaliças. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 28, n. 1, p. 119-130, 2017.
- EVANS, D. A **Internet das Coisas**: como a próxima evolução da Internet está mudando tudo. CISCO IBSG, abril 2011. Disponível em: https://www.cisco.com/c/dam/global/pt_br/assets/executives/pdf/internet_of_things_iiot_ibsg_0411final.pdf. Acesso em: 10 fev. 2021.
- FELIPPE, D.; NAVROSKI, M. C.; PEREIRA, M. D. O.; BAPTISTA, K. R. S. D. P. Hidrogel no crescimento de mudas de *Eucalyptus dunnii* Maiden Submetidas a diferentes manejos de irrigação. **Revista Ambiente & Água**, On-line version, v.16, 2021.
- FERNANDES, E.T; CAIRO, P.A.R; NOVAES, A.B. Respostas fisiológicas de clones de eucalipto cultivados em casa de vegetação sob deficiência hídrica. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 1, p. 29-34, 2015.
- FERMINO, M. H. **Métodos de análise para caracterização física de substratos para plantas**. 2003. 104 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia/Horticultura) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.
- FONSECA, L.; ROITMAN, I.; JACOBSON, T. K. B.; OGATA, R. S.; SOLARI, R. A. F.; RIBEIRO, R. J. C. Viabilidade do Hidrogel na Recuperação de Cerrado sensu stricto com Espécies Nativas. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 24, 2018.
- FOYER, C. H.; DESCOURVIERES, P.; KUNERT, K. J. Protection against oxygen radicals: an important defence mechanism studied in transgenic plants. **Plant, Cell & Environment**, [S.l.], v. 17, n. 5, p. 507-523, 1994.
- GAIER, M. B. Aprendendo a Programar em Arduino de Micael Gaier - PET AutoNet IFMT. **Revista Saber Eletrônica**, Cuiabá, ano 47, n. 454, 2011.
- GIANNOPOLITIS, C. N.; RIES, S. K. Superoxide dismutases: I. Occurrence in higher plants. **Plant Physiology**, Oxford, v. 59, n. 2, p. 309-314, 1977.
- GOMES, L. J.; SILVA-MANN, R.; DE MATTOS, P. P.; RABBANI, A. R. C. Pensando a biodiversidade: aroeira (*Schinus terebinthifolia* RADDI). Embrapa Florestas-Livro científico (ALICE), 2013.
- GONÇALVES, W. Florestas Urbanas. **Ação Ambiental**, Viçosa. n. 9, p. 17- 19, 2000.

GUILHERME, M. R.; AOUADA, F. A.; FAJARDO, A. R.; MARTINS, A. F.; PAULINO, A. T.; DAVI, M. F. T.; RUBIRA, A. F.; MUNIZ, E. C. Superabsorbent hydrogels based on Polysaccharides for application in agriculture as soil conditioner and nutrient carrier: A review- **European Polymer Journal**. Elsevier, v. 72, p. 365-385, 2015.

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

HONGBO, S.; ZONGSUO, L.; MINGAN, Shao. Osmotic regulation of 10 wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes at soil water deficits. **Colloids and surfaces B: Biointerfaces**, [S.l.], v. 47, n. 2, p. 132-139, fev. 2006.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD)**. Rio de Janeiro, 2015.

JACINTO JÚNIOR, S. G.; MORAES, J. G. L.; SILVA, F. D. B. D.; SILVA, B. D. N.; SOUSA, G. G. D.; OLIVEIRA, L. L. B. D.; MESQUITA, R. O. Respostas fisiológicas de genótipos de fava (*Phaseolus lunatus* L.) submetidas ao estresse hídrico cultivadas no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 34, n. 3, p. 413-422, 2019.

JIANG, M.; ZHANG, J. Water stress-induced abscisic acid accumulation triggers the increased generation of reactive oxygen species and up-regulates the activities of antioxidant enzymes in maize leaves. **Journal of Experimental Botany**, [S.l.], v. 53, n. 379, p. 2401-2410, 2002.

JONES, B. A.; MCDERMOTT, S. M. The economics of urban afforestation: insights from an integrated bioeconomic-health model. **Journal of Environmental Economics and Management**, Elsevier, v. 89, n. 1, p. 116-135, 2018.

KALHAPURE, A.; KUMAR, R.; SINGH, V. P.; PANDEY, D. S. Hydrogels: a boon for increasing agricultural productivity in water-stressed environment. **Current Science**, [S.l.], v. 111, n. 11, p. 1773-1779, 2016.

KERN, D. I.; SCHMITZ, J. A. K. Arborização de vinte quarteirões amostrados na região central de Santa Cruz do Sul-RS. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Curitiba, v. 8, n. 3, p. 79-95. 2019.

KRAMER, P. J. Problems in water relations of plants and cells. **International Review of Cytology**, Elsevier, v. 85, p. 253-286, 1983.

LACERDA, C. F.; CAMBRAIA, J.; CANO, M. A. O.; RUIZ, H. A.; PRISCO, J. T. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. **Environmental and Experimental Botany**, [S.l.], v. 49, p.107-120, 2003.

LACERDA, R. M. A.; FILHO, J. A. F.; DOS SANTOS, R. V. Indicação de espécies de porte arbóreo para a arborização urbana no semiárido paraibano. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Curitiba, v. 6, n. 1, p. 51-68, 2019.

- LANDIS T. C.; HAASE D. L.; Applications of hydrogels in the nursery and during outplanting. **USDA Forest Service Proceedings**, [S.l.], v. 68, p. 68, 2012.
- LISAR, Y. S. S.; MOTAFAKKERAZAD, R.; HOSSAIN, M. M.; RAHMAN, I. M. M. Water Stress in Plants: Causes, Effects and Responses. **Annual Review of Plant Physiology**, [S.l.], v. 24, n. 1, p. 519-570, 2012.
- LIMA, A. S. F.; CANTARELLI, M. M. C.; GONÇALVES, A. N. Relação entre cálcio e temperatura em explantes de *Eucalyptus grandis* in vitro. **Núcleo**, Ituverava, v. 13, n. 1, p. 123-300, 2016.
- LUIS, R. M. F. C. B. Respostas de ***Jatropha curcas* L. ao déficit hídrico, caracterização bioquímica e ecofisiológica**. 2009. 62 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrônômica) - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2009.
- MARTINI, A.; BIONDI, D. Microclima e Conforto Térmico de um Fragmento de Floresta Urbana em Curitiba, PR. **Floresta Ambiente**, Curitiba, v. 22, n. 2, p. 182-193, 2015.
- MARIJUAN, M. P.; BOSCH, S. M. Sergi. Ecophysiology of invasive plants: osmotic adjustment and antioxidants. **Trends in Plant Science**, [S.l.], v. 18, n. 12, p. 660-666, 2013.
- MCROBERTS, M. **Arduino básico**. São Paulo: Novatec, 2018.
- MILANO, M. S. A cidade, os espaços abertos e a vegetação. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 1992, 1., Vitória. **Anais [...]** Sociedade Brasileira Arborização Urbana, Vitória, v. 1, n. 1, p. 3-14, 1992.
- MILLER, R. W. **Urban Forestry Planning and a Managing Urban Greenspaces**. 2. ed. Prentice Hall. Upper Saddle River, 1997. V. 7458. 502 p.
- MONTEIRO NETO, J. L. L. M.; ARAÚJO, W. F.; CHAGAS, E. A.; SIQUEIRA, R. H. S.; OLIVEIRA, G. A.; RODRIGUEZ, C. A. Hydrogels in Brazilian Agriculture. **Revista Agroambiente**, On-line, v. 4, n. 11, p. 347-360, 2017.
- MOURA, A. R. D.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; SILVA, J. A. A. D.; LIMA, T. V. D. Relações hídricas e solutos orgânicos em plantas jovens de *Jatropha curcas* L. sob diferentes regimes hídricos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 2, p. 345-354, 2016.
- NASCIMENTO, H. H. C. D.; SANTOS, C. A. D.; FREIRE, C. S.; SILVA, M. A. D.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Ajustamento osmótico em mudas de jatobá submetidas à salinidade em meio hidropônico. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 39, n. 4, p. 641-653, 2015
- NAKANO, Y.; ASADA, K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. **Plant and Cell Physiology**, [S.l.], v. 22, n. 5, p. 867-880, 1981.
- NAVROSKI, M. C.; ARAÚJO, M. M.; DE OLIVEIRA PEREIRA, M.; FIOR, C. S. Influência do polímero hidrotentor nas características do substrato comercial para produção de mudas florestais. **Interciência**, Rio de Janeiro, v. 41, n. 5, p. 357-361, maio 2016.

NOGUEIRA, R. F. P.; SILVA, M. R. A. D.; TROVÓ, A. G. Influence of the iron source on the solar photo-Fenton degradation of different classes of organic compounds. **Solar Energy**, Oxford, v. 79, n. 4, p. 384-392, 2005.

NOMURA, M.; FILHO, J. M. P.; COSTA, E. M.; PEREIRA, L. S.; VENTURA, M. V. A. Avaliação de diferentes quantidades de hidrogel na produção de mudas de mamão papaya. Ipê. **Agronomic Journal**, [S.l.], v. 3, n. 1, p. 19-25, 2019.

OLIVEIRA, A. B.; ALENCAR, N. L. M.; GOMES-FILHO, E. Comparison Between the Water and Salt Stress Effectson Plant Growth and Development, Chapter from the book. **Responses of Organisms to Water Stress**, Croatia, p. 67-94, 2013.

ONU. Organização das Nações Unidas. Transformando Nosso Mundo: **A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em 16 mar. 2021.

PARIDA, A. K.; DAS, A. B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, [S.l.], v. 60, p. 324–349, 2005.

PEREIRA, J. W. D. L.; MELO FILHO, P. D. A.; ALBUQUERQUE, M. B.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; SANTOS, R. C. Mudanças bioquímicas em genótipos de amendoim submetidos a déficit hídrico moderado. **Revista Ciência Agronômica**, Lavras, v. 43, n. 4, p. 766-773, 2012.

PEREIRA, T. M.; SANTOS, H. O. D.; CUNHA NETO, A. R. D.; PELISSARI, F.; PEREIRA, W. V.; MELO, L. A. D. Óxido nítrico protege as sementes de *Eucalyptus urophylla* sob condições de estresse salino? **Journal of Seed Science**, [S.l.], v. 42, p. 1-10, 2020.

PINHEIRO, C. R.; SOUZA, D. D. de. importância da arborização nas cidades e sua influência no microclima. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 6-7, n. 10 p. 67-87, 2017.

PIVETTA, K. F. L.; SILVA FILHO, D. F. **Arborização Urbana**. Boletim Acadêmico. Série Arborização Urbana. Jaboticabal: UNESP/FCAV/FUNEP, 2002.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SALVADOR. Secretaria da cidade sustentável e inovação. **Manual técnico de arborização de Salvador com espécies nativas da Mata Atlântica**. 2. ed. Salvador: Prefeitura Municipal de Salvador, 2018. Disponível em: <http://www.comunicacao.salvador.ba.gov.br/index.php/todas-as-noticias/50919-manual-de-arborizacao-aponta-especies-ideais-para-calcadas-em-salvador>. Acesso em: 08 mar. 2021.

PRETTO, T. R. **Desenvolvimento de um sistema eletrônico para monitoramento de temperaturas do solo na cidade de Dourados-MS**. 2018. Disponível em: <http://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/bitstream/prefix/1981/1/ThiagoRafaelPretto.pdf>, 2018. Acesso em: 05 mar. 2021.

POSSEBON, M. M.; DIAS, M. P. M.; FLORES, A. R. Plano de arborização urbana do município de Vila Nova do Sul/RS – primeira parte. *In*: ENCONTRO GAÚCHO DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 1999, 1., Pelotas. **Anais [...]**, Pelotas, p. 57-60, 1999.

QUEIROZ, C. G. S.; GARCIA, Q. S.; LEMOS FILHO, J. P. Atividade fotossintética e peroxidação de lipídios de membrana em plantas de aroeira-do-sertão sob estresse hídrico e após reidratação. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, [S.l.], v. 14, n. 1, p. 59-63, 2002.

REDDY, A. R.; CHAITANYA, K. V.; VIVEKANANDAN, M. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. **Journal of Plant Physiology**, [S.l.], v. 161, n. 11, p. 1189-1202, 2004.

REFLORA. Flora do Brasil 2020. **Algas, fungos e plantas**. *Schinus terebinthifolius* var. *acutifolius*. Disponível em: <http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB115559>. Acesso em: 12 mar. 2021.

ROBLES, J. R.; MARTIN, Á.; MARTIN, S.; RUIPÉREZ-VALIENTE, J. A.; CASTRO, M. Autonomous sensor network for rural agriculture environments, low cost, and energy self-charge. **Sustainability**, [S.l.], v. 12, n. 15, p. 5913, 2020.

ROCHA, P. S. **Caracterização química e atividades biológicas de Bauhinia rufa (Bong.) Steud. e Schinus terebinthifolia Raddi**. 2018. 138 p. Tese (Doutorado em Biotecnologia e Biodiversidade) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2018.

RODRIGUES, L.; ROGGIA, S.; MANDELLI, H.; KUSS, C. Teor de clorofila e taxa fotossintética de folhas da soja em resposta ao ataque do percevejo-marrom, *Euschistus heros*. In: JORNADA ACADÊMICA DA EMBRAPA SOJA. 2014, Londrina. **Resumos expandidos** [...] Londrina: Embrapa Soja, 2014.

SALES, R. A.; NASCIMENTO, T. A.; SILVA, T. A.; BERILLI S. S.; DOS SANTOS, R. A. Influência de diferentes fontes de matéria orgânica na propagação da *Schinus terebinthifolia* Raddi. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 18, n. 4, p. 99-106. 2017.

SANKAR, B.; JALEEL, C. A.; MANIVANNAN, P.; KISHOREKUMAR, A.; SOMASUNDARAM, R.; PANNEERSELVAM, R. Effect of paclobutrazol on water stress amelioration through antioxidants and free radical scavenging enzymes in *Arachis hypogaea* L. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, [S.l.], v. 60, n. 2, p. 229-235, 2007.

SARACHO, L. C. D. S.; LIMA, N. M.; SANTOS, C. C.; SCALON, S. D. P. Q.; VIEIRA, M. D. C. Salicylic Acid Increases Growth of *Schinus terebinthifolia* Seedlings Subjected to Varying Irrigation Intervals. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 28, n. 1, 2021.

SCHALLENBERGER, L. S.; MACHADO, G. O. Inventário da arborização na região central do município de Manguaçu-PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Curitiba, v. 8, n. 1, p. 54-64, 2019.

SHARMA, P.; JHA, A. B.; DUBEY, R. S.; PESSARAKLI, M. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. **Journal of Botany**, [S.l.], 2012.

SILVA, E. F. F. **Manejo da fertirrigação e controle da salinidade na cultura do pimentão utilizando extratores de solução do solo**. 2002. 136 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem). Escola Superior de Agricultura "Luis de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2002.

SILVA J.; SACCINI V. A. V.; SANTOS D. M. M. Estresse térmico no acúmulo de prolina livre de plântulas de guandu oriundas de sementes tratadas com poliaminas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 1, p. 13-22, 2015.

SILVA, M. A. V. D.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; OLIVEIRA, A. F. M. D.; SANTOS, V. F. D. Resposta estomática e produção de matéria seca em plantas jovens de aroeira submetidas a diferentes regimes hídricos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 335-344, 2008.

SILVA, P. E. M.; SANTIAGO, E. F.; MARQUES DA SILVA, E.; SÚAREZ, Y. R.; DALOSO, D. M. Fluorescência da clorofila-a e variação da simetria como ferramentas de investigação de plantas sob estresse. **Idesia (Arica)**, [S.l.], v. 29, n. 3, p. 45-52, 2011.

SILVA, R. B. G.; SIMÕES, D.; SILVA, M. R. Qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* em função do substrato. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 3, p. 297-302, 2012.

SZÁBADOS, L.; KOVACS, H.; ZILBERSTEIN, A.; BOUCHEREAU, A. Plants in extreme environments: importance of protective compounds in stress tolerance. TURKAN, I (Ed.). **Plant responses to drought and salinity stress: developments in a postgenomic Era**. London: Elsevier, 2011. p.105-150.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. p. 918.

TEGEGNE, Y.T.; VAN BRUSSELEN, J.; CRAMM, M.; LINHARES, T.; JUVENAL, PACHECO, P.; SABOGAL, C.; TUOMASJUKKA, D. **FAO Forestry Paper No. 180**. Fao and EFI. Making forest concessions in the tropics work to achieve the 2030. Rome: Agenda Voluntary Guidelines, 2018. p. 128.

TURNER, N. C.; BEGG, J. E.; Response of pasture plants to water deficits. In: WILSON, J.R. (Ed.) **Plant relations in pastures**. Melbourne, CSIRO. 1978. p.50-66.

VELIKOVA, V.; YORDANOV, I.; EDREVA, A. Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants: protective role of exogenous polyamines. **Plant Science**, [S.l.], v. 151, n. 1, p. 59-66, 2000.

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