

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL
CAMPUS DE PATOS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA FLORESTAL

BRUNO LIGIER BARREIRO DE ARAÚJO

ESTRESSE HÍDRICO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE
Mimosa caesalpinifolia Benth E *Erythrina velutina* Willd

PATOS – PARAÍBA – BRASIL
2022

BRUNO LIGIER BARREIRO DE ARAÚJO

ESTRESSE HÍDRICO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE
Mimosa caesalpinifolia Benth E *Erythrina velutina* Willd

Monografia apresentada à Unidade Acadêmica
de Engenharia Florestal – UFCG, Campus de
Patos – PB, como requisito para a obtenção do
grau em bacharel em Engenharia Florestal.

Orientadora: Prof.^a Dra. Viviane Farias Silva

PATOS – PARAÍBA – BRASIL
2022

A633e

Araújo, Bruno Ligier Barreiro de.

Estresse hídrico na produção de mudas de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth e *Erythrina velutina* Willd / Bruno Ligier Barreiro de Araújo. – Patos, 2022.

67 f. : il. color.

Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, 2022.

"Orientação: Profa. Dra. Viviane Farias Silva".

Referências.

1. Irrigação. 2. Estresse Hídrico. 3. Sabiá. 4. Mulungu. 5. Déficit Hídrico – Semiárido. I. Silva, Viviane Farias. II. Título.

CDU 631.67(043)

BRUNO LIGIER BARREIRO DE ARAÚJO

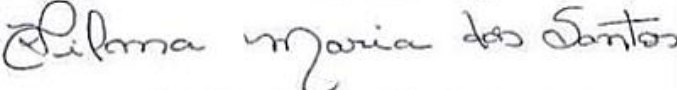
ESTRESSE HÍDRICO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE
Mimosa caesalpinifolia Benth E *Erythrina velutina* Willd

Monografia apresentada à Unidade Acadêmica
de Engenharia Florestal – UFCG, Campus de
Patos – PB, como requisito para a obtenção do
grau em bacharel em Engenharia Florestal.

APROVADA em: 17/08/2022


Orientador(a) Viviane Farias Silva


Prof. Dr.(a) Luciana Freitas de Medeiros Mendonça
1° Examinador(a)


Prof. Dr.(a) Vilma Maria dos Santos
2° Examinador(a)

Ao meu Deus, minha mãe, meu pai, minha irmã e minha namorada,
que não me permitiram desistir.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus, em primeiro lugar, pela sabedoria e paciência que me fizeram chegar até aqui, pela fé e a esperança de conseguir conquistar todos os meus sonhos e objetivos.

Aos meus pais Damiana Barreiro e Ubiratan Herculano que fizeram de tudo para que nada me faltasse, me incentivando a continuar nos momentos mais difíceis, aos quais terei o maior prazer em compartilhar essa conquista.

A minha irmã mais nova Bianca Liége, que primeiro se formou e me serviu de exemplo a ser seguido.

A minha namorada Grazielle Vasconcelos que nunca deixou de me apoiar e sempre me deu forças para continuar, com todo o seu imenso carinho e amor.

Aos meus tios Carlos Azevedo, Sandra Rachel, Francisca Barreiro e Samara dos Santos que me acompanharam durante toda jornada estudantil.

A Universidade Federal de Campina Grande e todos os docentes do curso de Engenharia Florestal, em especial a minha orientadora Prof.^a Dra. Viviane Farias Silva com tamanho profissionalismo e comprometimento com o seu orientado, assim como ao edital 10/21 Fapesq-PB/CNPQ, termo de outorga 3179/21.

Aos meus amigos de graduação Renato Antas, Alisson Guimarães, Matheus Ferreira, Geraldo Brito, Ianna Clara, George Martins e Antônio Wesly, pelo companheirismo e a amizade que levarei por toda a vida.

“Esperei com paciência no SENHOR,
e ele se inclinou para mim,
e ouviu o meu clamor.”

Salmos 40:1

RESUMO

A Caatinga, bioma único e exclusivamente brasileiro, tem sofrido degradação constante nos últimos anos devido ao uso desordenado e predatório. Desse modo, diversas estratégias vêm sendo buscadas para conservar os recursos florestais e para a produção de mudas nativas com características desejáveis e tolerância às condições adversas. A qualidade das mudas depende de diversos fatores, como manejo da irrigação e tipo de substrato. Nesse contexto, o presente trabalho objetivou determinar o efeito do estresse hídrico no desenvolvimento das mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth) e Mulungu (*Erythrina velutina* Willd), no viveiro florestal do Centro de Saúde e Tecnologia Rural/ CSTR, Campus de Patos – PB. O delineamento foi inteiramente casualizados (DIC), em esquema fatorial 3 x 2, com 3 níveis de estresse hídrico (EH), EH1 (100% da necessidade hídrica, NH) sem estresse, EH2 (70% NH), EH3 (40% NH) e duas espécies florestais (Sabiá e Mulungu), com 5 repetições. Foram avaliadas a germinação, crescimento, produção de fitomassa, qualidade das mudas, consumo hídrico e eficiência de uso da água até os 150 dias após a semeadura (DAS). Os resultados indicam que, as irrigações com 100%, 70% e 40% da NH não influenciou na fase de germinação das espécies florestais, sendo constatada porcentagem de germinação de 45% para Mulungu e cerca de 25% para Sabiá. Na irrigação com 100% da (NH), o Mulungu apresentou valores médios superiores de crescimento, peso fresco e seco (da parte aérea e raiz), e Índice de Qualidade de Dickson (IQD). Ao final do experimento notou-se no tratamento sem estresse hídrico o IQD de 0,55 para o Sabiá e 9,48 para o Mulungu. Observou-se que ao aumentar o déficit hídrico afetou as variáveis de crescimento das mudas de Mulungu, enquanto a espécie Sabiá não teve influencia significativa. Aos 150 DAS o Mulungu teve eficiência de uso da água (EUA) superior ao do Sabiá com a aplicação de 70% e 100% da NH dessa espécie, com consumo hídrico (CH) de 3,25 L e 4,65 L, respectivamente. Nesse contexto ao avaliar todas as variáveis sugere-se a aplicação da lâmina de 40% da NH para o Sabiá e Mulungu na fase de germinação, proporcionando uma redução de 60% no uso da água de irrigação dessas espécies. Recomenda-se, então, aplicar a irrigação de 40% da NH para o Sabiá e 100% da NH para o Mulungu durante a fase de crescimento das mudas, visando à obtenção de mudas com maior vigor em menor período, possuindo maior eficiência de uso da água.

Palavras-chave: Sabiá; Mulungu; Semiárido; Irrigação; Déficit hídrico.

ABSTRACT

The Caatinga, a unique and exclusively Brazilian biome, has suffered constant degradation in recent years due to disordered and predatory use. Thus, several strategies have been sought to conserve forest resources and to produce native seedlings with desirable characteristics and tolerance to adverse conditions. The quality of the seedlings depends on several factors, such as irrigation management and substrate type. In this context, this study aimed to determine the effect of water stress on the development of Sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth) and Mulungu (*Erythrina velutina* Willd) seedlings, in the forest nursery of the Rural Health and Technology Center/CSTR, Patos/PB campus. The design was completely randomized (CRD), in factorial scheme 3 x 2, with 3 levels of water stress (WS), WS1 (100% of water requirement, WR) without stress, WS2 (70% WR), WS3 (40% WR) and two forest species (Sabiá and Mulungu), with 5 repetitions. Germination, growth, phytomass production, seedling quality, water consumption and water use efficiency were evaluated up to 150 days after sowing (DAS). The results indicate that irrigation with 100%, 70% and 40% of WR did not influence the germination phase of forest species, with a germination percentage of 45% for Mulungu and about 25% for Sabiá. In irrigation with 100% of WR the Mulungu presented higher average values of growth, fresh and dry weight (shoot and root) and Dickson Quality Index (DQI). At the end of the experiment, it was found in the treatment without water stress the DQI of 0.55 for Sabiá and 9.48 for Mulungu. It was observed that the water deficit increase affected the growth variables of Mulungu seedlings, while the species Sabiá had no significant influence. At 150 DAS, the Mulungu obtained water use efficiency (WUE) higher than the Sabiá with the application of 70% and 100% of the WR of this species, with water consumption (WC) of 3.25 L and 4.65 L, respectively. In this context, when evaluating all variables, it is suggested the application of 40% of the WR depth for Sabiá and Mulungu in the germination phase, providing a 60% reduction in the use of irrigation water of these species. It is recommended to use the irrigation of 40% of the WR for the Sabiá and 100% of the WR for the Mulungu during the growth phase of the seedlings, aiming to obtain seedlings with greater vigor in a shorter period, resulting in greater efficiency of water use.

Keywords: Sabiá; Mulungu; Semi-arid; Irrigation; Water deficit.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Localização geográfica do Centro de Saúde e Tecnologia Rural (CSTR) - Patos, PB e do viveiro florestal, onde foi efetuado o experimento | 21 |
| Figura 2 – Sistema de lísimetria de drenagem em destaque. | 23 |
| Figura 3 – Valores médios da porcentagem de germinação para as espécies florestais <i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth (Sabiá) e <i>Erythrina velutina</i> Willd (Mulungu), submetidas a estresse hídrico..... | 28 |
| Figura 4 – Valores médios do índice de velocidade de germinação para as espécies florestais <i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth (Sabiá) e <i>Erythrina velutina</i> Willd (Mulungu), submetidas a estresse hídrico..... | 29 |
| Figura 5 – Comparação das médias para altura da planta (AP) das espécies florestais <i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth (Sabiá) e <i>Erythrina velutina</i> Willd (Mulungu), avaliada aos 30 (A e B), 60 (C e D), 90 (E e F), 120 (G) e 150 (H) DAS. | 32 |
| Figura 6 – Comparação das médias para diâmetro do colo (DC) das espécies florestais <i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth (Sabiá) e <i>Erythrina velutina</i> Willd (Mulungu), avaliada aos 30 (A e B), 60 (C e D), 90 (E e F), 120 (G e H) e 150 (I e J) DAS..... | 35 |
| Figura 7 – Comparação das médias para o número de folhas (NF) das espécies florestais <i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth (Sabiá) e <i>Erythrina velutina</i> Willd (Mulungu), avaliada aos 30 (A e B), 60 (C), 90 (D), 120 (E) e 150 (F e G) DAS. | 38 |
| Figura 8 – Comparação das médias para a área foliar (AF) em cm ² das espécies florestais <i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth (Sabiá) e <i>Erythrina velutina</i> Willd (Mulungu), avaliada aos 30 (A), 60 (B), 90 (C e D), 120 (E e F) e 150 (G e H) DAS. | 40 |
| Figura 9 – Comparação das médias para o comprimento da raiz (CR) das espécies florestais <i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth (Sabiá) e <i>Erythrina velutina</i> Willd (Mulungu), avaliada aos 90 (A e B) e 150 (C) DAS..... | 44 |
| Figura 10 – Comparação das médias do peso fresco da parte aérea (PFPA) aos 90 (A e B) e 150 (C e D) DAS e do peso fresco da raiz (PFR) aos 90 (E e F) e 150 (G e H) DAS para as espécies florestais <i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth (Sabiá) e <i>Erythrina velutina</i> Willd (Mulungu). | 46 |
| Figura 11 – Comparação das médias do peso seco da parte aérea (PSPA) aos 90 (A e B) e 150 (C e D) DAS e do peso seco da raiz (PSR) aos 90 (E e F) e 150 (G e H) DAS para as espécies florestais <i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth (Sabiá) e <i>Erythrina velutina</i> Willd (Mulungu). | 48 |
| Figura 12 – Comparação das médias do Índice de Qualidade de Dickson (IQD) aos 90 (A e B) e 150 (C e D) DAS para as espécies florestais <i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth (Sabiá) e <i>Erythrina velutina</i> Willd (Mulungu). | 51 |
| Figura 13 – Comparação das médias do consumo hídrico (CH) aos 90 (A e B) e 150 (C e D) DAS para as espécies florestais <i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth (Sabiá) e <i>Erythrina velutina</i> Willd (Mulungu). | 54 |

Figura 14 – Comparação das médias da eficiência de uso da água (EUA) aos 90 (A) e 150 (B e C) DAS para as espécies florestais *Mimosa caesalpinifolia* Benth (Sabiá) e *Erythrina velutina* Willd (Mulungu).....55

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Análise química do substrato orgânico utilizado no experimento. | 22 |
| Tabela 2 – Resumo da análise de variância para a porcentagem de germinação (PG), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TM), velocidade média de germinação (VM) para as espécies florestais <i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth (Sabiá) e <i>Erythrina velutina</i> Willd (Mulungu), submetidas a estresse hídrico | 27 |
| Tabela 3 – Resumo da análise de variância para a altura de planta (AP) avaliada aos 30 (1), 60 (2), 90 (3), 120 (4) e 150 (5) DAS para as espécies florestais <i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth (Sabiá) e <i>Erythrina velutina</i> Willd (Mulungu), submetidas a estresse hídrico | 31 |
| Tabela 4 – Resumo da análise de variância para o diâmetro do colo (DC) das mudas de <i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth (Sabiá) e <i>Erythrina velutina</i> Willd (Mulungu), avaliados aos 30 (1), 60 (2), 90 (3), 120 (4) e 150 (5) DAS submetidas a estresse hídrico | 34 |
| Tabela 5 – Resumo da análise de variância para o número de folhas (NF) das avaliações aos 30 (1), 60 (2), 90 (3), 120 (4) e 150 (5) DAS para as espécies florestais <i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth (Sabiá) e <i>Erythrina velutina</i> Willd (Mulungu) submetidas a estresse hídrico..... | 37 |
| Tabela 6 – Resumo da análise de variância para a área foliar (AF) das mudas de <i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth (Sabiá) e <i>Erythrina velutina</i> Willd (Mulungu), avaliados aos 30 (1), 60 (2), 90 (3), 120 (4) e 150 (5) DAS submetidas a estresse hídrico | 40 |
| Tabela 7 – Resumo da análise de variância para o comprimento da raiz (CR) das mudas de <i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth (Sabiá) e <i>Erythrina velutina</i> Willd (Mulungu), avaliados aos 90 (1) e 150 (2) DAS submetidas a estresse hídrico | 43 |
| Tabela 8 – Resumo da análise de variância para o peso fresco da parte aérea (PFPA) e peso fresco da raiz (PFR) das mudas de <i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth (Sabiá) e <i>Erythrina velutina</i> Willd (Mulungu), avaliados aos 90 (1) e 150 (2) DAS submetidas a estresse hídrico..... | 45 |
| Tabela 9 – Resumo da análise de variância para o peso seco da parte aérea (PSPA) e peso seco da raiz (PSR) das mudas de <i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth (Sabiá) e <i>Erythrina velutina</i> Willd (Mulungu), avaliados aos 90 (1) e 150 (2) DAS submetidas a estresse hídrico | 48 |
| Tabela 10 – Resumo da análise de variância para o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) das mudas de <i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth (Sabiá) e <i>Erythrina velutina</i> Willd (Mulungu), avaliados aos 90 (1) e 150 (2) DAS submetidas a estresse hídrico | 51 |
| Tabela 11 – Resumo da análise de variância para o consumo hídrico (CH) e eficiência de uso da água (EUA) das mudas de <i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth (Sabiá) e <i>Erythrina velutina</i> Willd (Mulungu), avaliados aos 90 (1) e 150 (2) DAS submetidas a estresse hídrico..... | 53 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 12 |
| 2 OBJETIVOS..... | 14 |
| 2.1 OBJETIVO GERAL..... | 14 |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 14 |
| 3 REFERENCIAL TEÓRICO..... | 15 |
| 3.1 O BIOMA CAATINGA E SUA RESILIÊNCIA..... | 15 |
| 3.2 A IRRIGAÇÃO NO SEMIÁRIDO | 16 |
| 3.3 A IMPORTÂNCIA DA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ESPÉCIES FLORESTAIS..... | 18 |
| 4 METODOLOGIA..... | 21 |
| 4.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO | 21 |
| 4.2 PREPARO DAS MUDAS..... | 21 |
| 4.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL | 23 |
| 4.4 MANEJO DA IRRIGAÇÃO | 23 |
| 4.5 VARIÁVEIS AVALIADAS..... | 24 |
| 4.5.1 Germinação e Variáveis de crescimento..... | 24 |
| 4.5.2 Fitomassas..... | 25 |
| 4.5.3 Qualidade das mudas | 25 |
| 4.5.4 Consumo hídrico das plantas e Eficiência de uso da água..... | 26 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 27 |
| 5.1 GERMINAÇÃO DAS SEMENTES..... | 27 |
| 5.2 CRESCIMENTO DAS MUDAS..... | 30 |
| 5.3 ANÁLISE DA FITOMASSA..... | 43 |
| 5.4 ANÁLISE DO CONSUMO HÍDRICO E EFICIÊNCIA DE USO DA ÁGUA | 53 |
| 6 CONCLUSÃO..... | 57 |
| REFERÊNCIAS..... | 58 |

1 INTRODUÇÃO

O Bioma Caatinga, de extensão territorial importante, sendo o único e exclusivamente brasileiro (FREIRE *et al.*, 2020), sofre degradação constante devido ao uso desordenado e predatório (BEZERRA *et al.*, 2014). Segundo Alvarez e Oliveira (2013), esse bioma é considerado o terceiro mais degradado do Brasil, com 51% de área alterada pela ação humana.

Uma das maneiras de conservar os recursos florestais se dá pela produção de mudas de qualidade, como afirmam Rebouças *et al.* (2018), além de ser uma forma de interação das atividades econômicas, sociais e ambientais. Portanto, há necessidade de se obter mudas nativas com características desejáveis e com resistência às condições adversas, que resultem em espécies florestais vigorosas (CALDEIRA *et al.*, 2013; LIMA FILHO *et al.*, 2019). Diversos fatores podem interferir na qualidade das mudas produzidas, dentre eles, o manejo da irrigação e tipo de substrato (ANDRADE *et al.*, 2015).

A irrigação é uma alternativa viável na melhoria da produtividade, consistindo em proporcionar água à planta de forma a suprir a exigência hídrica durante o ciclo da cultura (SANTANA *et al.*, 2009). Os autores Gomes *et al.* (2010) afirmam que, deve-se utilizar níveis de água baseados nas reais necessidades hídricas demandadas pelas condições de cultivo.

Logo, é preciso evitar excessos ou escassez de água para maior eficiência das culturas, o que é fundamental ao manejo de irrigação, segundo Delgado (2018), os próprios trabalhadores dos viveiros teriam condições eficientes de executar a irrigação, diminuindo os desperdícios, para mudas de espécies nativas.

Assim, é necessária a determinação do volume de água de irrigação para alcançar a eficiência de uso da água, com quantidade suficiente para suprir as necessidades hídricas das mudas, proporcionando qualidade às mudas florestais e a redução do desperdício e economia de água. O uso eficiente da água de irrigação minimiza as perdas e supre a necessidade hídrica da cultura no momento adequado, assim o manejo da irrigação deve ser realizado de forma correta, para que a planta possa gastar toda sua energia no seu crescimento, resultando em mudas de qualidade (KLAR *et al.*, 2015).

Paralelo a esse fato, a utilização de substratos orgânicos, como o esterco caprino, é de grande importância para se ter mudas com maior qualidade e com

menor custo. A utilização de resíduos orgânicos como substrato para produção de mudas de espécies florestais nativas, geralmente, é uma alternativa viável, visto que, em geral, são ricos em nutrientes e são produzidos em grande quantidade (QUINTANA *et al.*, 2009).

Segundo Barbosa *et al.* (2018), o substrato é definido como a matéria-prima que auxilia o solo no cultivo, servindo de suporte para as mudas e ancoragem para as raízes, possibilitando o fornecimento de quantidades equilibradas de ar, água e nutrientes. Os substratos podem ser orgânicos ou minerais (KAMPF, 2008), sendo que os materiais orgânicos têm origem em resíduos vegetais, sujeitos à decomposição, assim como o esterco bovino e caprino, entre outros.

Desse modo, é essencial a produção de mudas de espécies nativas da Caatinga, como o Mulungu e o Sabiá, em razão de sua demanda para o uso no reflorestamento e recomposição de áreas degradadas situadas nesse bioma. Sabendo que, a qualidade das mudas é fundamental para o sucesso de povoamentos florestais, motivo pelo qual se busca produzir mudas em quantidade e com qualidade (BARBOSA *et al.*, 2019).

É perceptível que este trabalho contribuirá com a produção de mudas nativas vigorosas, com características desejáveis e resistentes às condições adversas características do semiárido, de forma econômica e eficaz, por meio do uso correto de lâminas de irrigação. Vale salientar que, os resultados alcançados possuem potencial para servir como orientação para os discentes e produtores rurais que tenham como objetivo produzir com qualidade mudas nativas da Caatinga, além do Mulungu e do Sabiá, a fim de utilizá-las na conservação de recursos florestais e na recuperação de áreas degradadas do bioma.

Nesse contexto, o presente trabalho busca estudar e responder as seguintes questões: Qual é o efeito do estresse hídrico no desenvolvimento de mudas de Sabiá e Mulungu?

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Determinar o efeito do estresse hídrico na germinação e na produção das mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth) e Mulungu (*Erythrina velutina* Willd).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a germinação e crescimento sob estresse hídrico das espécies Sabiá e Mulungu;
- Analisar a qualidade das mudas de Sabiá e Mulungu produzidas;
- Verificar o consumo hídrico e a eficiência de uso da água de cada espécie florestal analisada.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 O BIOMA CAATINGA E SUA RESILIÊNCIA

Segundo Melo (1998), a primeira menção feita à Caatinga se deve a Gabriel Soares de Souza, em sua obra “Tratado Descritivo do Brasil”, publicada em 1587, no qual o termo caatinga é formado de duas palavras de origem tupi, *kaa* que significa mata e *tinga*, um sufixo que significa branco.

O bioma Caatinga ocupa uma área de 844.453 km², o que representa 11% do território nacional, conforme o Ministério do Meio Ambiente do Brasil citado por Freire *et al.* (2020), o longo processo histórico de ocupação do território pertencente a Caatinga alterou cerca de 80% da sua cobertura original, restando pouco mais de 7,5% de sua área protegida em 36 unidades de conservação, com pouco mais de 1% em regime legal de proteção integral.

Presente nos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe e parte de Minas Gerais (ALVEZ, 2007), a Caatinga apresenta um clima tropical quente e seco, do tipo semiárido, que se caracteriza por altas temperaturas, superiores a 25 °C e baixa pluviosidade, inferior a 800 mm/ano (FREIRE *et al.*, 2020). O período de maior concentração das chuvas ocorre entre dois a três meses no ano, sendo comum e constantes os períodos de seca (NASCIMENTO; BRITO, 2007).

O principal bioma nordestino é composto, sobretudo, de plantas xerófilas, cuja característica marcante é a caducifolia, mecanismo fundamental para sobrevivência em ambiente com poucas chuvas e baixa umidade, com alta frequência das famílias Cactácea e Bromeliácea (SAMPAIO, 2002), possuindo características anatômicas e morfológicas resultantes das peculiaridades das regiões semiáridas como afirmam Almeida *et al.* (2013).

Para suportar as condições adversas da Caatinga, a vegetação apresenta mecanismos de resistência ao déficit hídrico como espinescência, acumulação da água nos tecidos e nas raízes, esclerofilia e emurchecimento das folhas, redução do tamanho das folhas e dos folíolos, sem atingir uma verdadeira microfilia, atributos de muitas espécies de outras regiões semiáridas do mundo (MELO, 1998).

A região da Caatinga contém terrenos cristalinos, praticamente impermeáveis e terrenos sedimentares, com boa reserva de água subterrânea,

possuindo em sua maioria solos pouco desenvolvidos, mineralmente ricos, pouco espessos, pedregosos e com fraca capacidade de retenção de água (ALVEZ, 2007).

Para Álvares e Oliveira (2013), o Bioma Caatinga encontra-se altamente alterado por atividades antrópicas, superando 51% de áreas degradadas, sendo considerado o terceiro bioma brasileiro mais alterado pelo homem. As expansões da agricultura e da pecuária extensiva causam grande exploração das florestas nativas, gerando grande diminuição da cobertura florestal, o que contribui para degradação e desequilíbrio ambiental (CALDEIRA *et al.*, 2013). Além dessas intervenções, as atividades extrativistas para produção de lenha e carvão, que envolve corte de extensas áreas da Caatinga também contribuem, pontuam Ferraz *et al.* (2014).

Contudo, esse bioma degradado dispõe de grande diversidade e relevância biológica, com beleza singular, na qual Leal *et al.* (2003) explanam que a sua riqueza é desvendada a partir um olhar mais atencioso, mediante a diversidade biológica e características edafoclimáticas.

De acordo com Araújo Filho (2013), essa diversidade é consequência de variações geomorfológicas, topográficas, climáticas e pela ação antrópica, que atuam na distribuição e heterogeneidade das espécies vegetais. Diversidade representada por mais de três mil espécies, com cerca de 23% de espécies endêmicas, incluindo a ocorrência de 29 gêneros endêmicos, que tendem a ser raros e com distribuição restrita (FERNANDES; QUEIROZ, 2018).

Assim, observa-se que o bioma Caatinga é muito rico em endemismo, tornando fundamental a sua conservação para a preservação da biodiversidade do Brasil (HERCULANO *et al.*, 2021).

3.2 A IRRIGAÇÃO NO SEMIÁRIDO

Segundo Queiroz (2011), o semiárido brasileiro é caracterizado por uma precipitação abaixo de 800 mm por ano, com grande taxa de evaporação e elevado risco de seca, possui extensão aproximada de um milhão de quilômetros quadrados, distribuídos em nove estados, e também se insere o bioma Caatinga.

A vegetação presente na Caatinga desenvolveu mecanismos para sobreviver em ambiente com poucas quantidades de chuvas e baixa umidade, sendo comuns árvores baixas e arbustos, muitas vezes espinhosas, com raízes bem desenvolvidas, vital armazenamento de água e caducifolia, permanecendo vivas em

condições de seca severa (MAIA *et al.*, 2017). As espécies lenhosas expõem mecanismos de resistência à seca, com perenifólias e apresentando folhas pequenas ou folíolos, céreos ou rugosos, superfície foliar ondulada, com os estômatos localizados na parte côncava, espinhos ou acúleos, caules com vasos lenhosos curtos e de pequeno diâmetro, com paredes espessas, sistema radicular profundo e extenso (ARAÚJO FILHO, 2013). Para Alves (2007), a maior adaptação ao clima seco do semiárido é a perda das folhas, o que permite às plantas economizarem água durante a estação desfavorável.

Em regiões semiáridas, a irrigação constitui uma alternativa viável para melhoria substancial da produtividade, em meio a todos os tratos culturais, por meio da promoção de água à cultura para atender toda a exigência hídrica durante o ciclo cultural, conforme Santana *et al.* (2009), que também afirmam que a água, juntamente aos fertilizantes, são os fatores de produção que frequentemente mais limitam os rendimentos de determinada cultura, assim, o controle da irrigação e da fertilidade do solo constituem critérios preponderantes para o êxito da agricultura.

Porém, irrigações e sistemas mal dimensionados, com aplicações em excesso ou com déficit, poderão comprometer essa produtividade e a perda de água, em que a aplicação de lâminas de irrigação menores ou maiores ocasionaram redução de produtividade, no qual lâminas de irrigação menores que as requeridas pela cultura ocasionam murchamento das plantas, característico do déficit hídrico, prejudicando sua fisiologia e assim, afetando a produção, como também, lâminas excessivas de irrigação provocam um ambiente com falta de aeração para as plantas, ao mesmo tempo em que favorece a disseminação de doenças e perdas de nutrientes por lixiviação (SANTANA *et al.*, 2009).

A água é um dos fatores indispensáveis no cultivo irrigado, necessitando de eficiência no seu uso em razão da sua carência ou excesso influenciar bastante o desenvolvimento das culturas, tornando-se essencial o manejo racional para maximizar a produção (MORAIS *et al.*, 2008).

Para a correta utilização do manejo de irrigação nas culturas, também é necessário compreender a capacidade de retenção de água do substrato, esse conhecimento é útil para estabelecer um equilíbrio entre a água disponível para as plantas e o espaço de aeração para o desenvolvimento das raízes, uma vez que, o espaço de aeração deficiente e alta retenção de água pode reduzir a oxigenação

para as raízes e dificultar seu desenvolvimento, sucedendo na queda da produtividade (LUDWIG *et al.*, 2008).

Segundo Christofidis (2013), o aumento do uso de sistema de irrigação é uma prática que vem sendo amplamente aplicada, elevando assim, a utilização de água com qualidade, contudo, surge a necessidade de racionalização da água na irrigação, principalmente, no semiárido por ser um recurso escasso, reduzindo o desperdício para obter o manejo adequado da irrigação, na drenagem agrícola e na eficiência dos métodos de irrigação sobrepostos.

A eficiência de irrigação pode ser determinada como a relação entre a quantidade de água requerida pela cultura e a quantidade total aplicada pelo sistema para suprir essa necessidade, na busca de suprir a demanda hídrica da cultura e obter os melhores resultados (HERCULANO *et al.*, 2021).

De acordo com Santana *et al.* (2009), existe uma carência de informações e pesquisas em diversos temas relacionados à relação água-solo-planta, em determinados locais, como no semiárido, devem ser realizados trabalhos com o objetivo de estudar alguns aspectos, como a quantidade de água a ser aplicada de acordo com a cultivar e o solo, a resposta da cultura ao déficit e ao excesso de água e lâmina ótima de irrigação econômica.

3.3 A IMPORTÂNCIA DA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ESPÉCIES FLORESTAIS

O crescimento da atividade agrícola e da pecuária extensiva, por meio da exploração das florestas nativas, resulta em grande diminuição da cobertura florestal, o que acarreta na degradação e desequilíbrio ambiental (FERNANDES *et al.*, 2015). Juntamente com os desmatamentos, seguidos de queimadas e a falta de manejo adequado das culturas, intensificam a erosão física, o empobrecimento dos atributos químicos e microbiológicos do solo, levando a uma drástica redução da capacidade de reabilitação natural da área (BARBOSA *et al.*, 2003). Outro fator responsável pelo desmatamento, sobretudo, no bioma Caatinga, é a exploração de seus recursos vegetais para produção de combustível destinado ao abastecimento dos fornos das cerâmicas que produzem telhas e tijolos para construção civil (FLORÊNCIO, 2020).

Desse modo, o aumento da fiscalização e as exigências de medidas compensatórias acarretam uma maior demanda por mudas nativas para

recuperação dessas áreas degradadas, por meio da restauração florestal, que tem como premissa a utilização de elevada diversidade vegetal, como forma de assegurar a sustentabilidade das comunidades restauradas e reduzir os custos desse tipo de tarefa, como evidenciado por Martins (2007). Essencialmente, a produção de mudas de espécies florestais, em especial, as nativas, está voltada para compensação da perda de espécies arbóreas, favorecendo a regeneração vegetal e minimizando os processos de degradação, como erosão, empobrecimento e o assoreamento do solo (CALDEIRA *et al.*, 2013).

Assim, existe a necessidade da intervenção humana no processo de recomposição florestal de biomas com alto grau de degradação, como a Caatinga, através da realização de projetos de recuperação dessas áreas por meio do reflorestamento, utilizando mudas produzidas de espécies florestais nativas, e para essa finalidade, Florêncio (2020) afirma que, são indispensáveis os estudos de comportamento dessas espécies relacionados à qualidade das mudas que serão utilizadas nessas ações de recuperação ambiental.

Segundo Farias Júnior *et al.* (2009), o sucesso de um programa de reflorestamento depende tanto da escolha da espécie a ser plantada, como da qualidade das mudas produzidas, objetivando produzir mudas com quantidade satisfatória, que possam superar as condições adversas do meio, com altos percentuais de sobrevivência no campo.

O substrato que será utilizado na produção de mudas é um fator importante para uma maior qualidade, devendo possuir características como boa consistência, boa estrutura, alta capacidade de retenção de água e alta porosidade, logo, são essenciais os estudos relacionados aos componentes do substrato, sendo necessário o desenvolvimento de resíduos orgânicos e industriais para obtenção de mudas com maior qualidade e com menor custo (CALDEIRA *et al.*, 2013).

Para a determinação da qualidade das mudas produzidas, podem ser utilizadas características tanto morfológicas, que são apoiadas nos aspectos fenotípicos, quanto fisiológicas, determinadas internamente na planta, as características morfológicas ainda são as mais utilizadas para determinar a qualidade das mudas, por possuírem maior aceitação nos viveiros florestais, todavia, carecem de definições que possam responder à sobrevivência e ao crescimento inicial, em função das adversidades que são encontradas em campo (ELOY *et al.*, 2013).

De acordo com Moll-rocek *et al.* (2014), o diâmetro de caule é considerado uma variável importante a ser avaliada, por ser um parâmetro de sobrevivência após plantio, sucedendo em mudas de boa qualidade. As mudas que tiverem maior homogeneidade de crescimento da parte aérea e radicular terão maior probabilidade de resistência em ambiente desfavorável (CORREIA *et al.*, 2013).

Os parâmetros frequentemente empregados para a determinação da qualidade das mudas de espécies florestais são o diâmetro do colo, comprimento da parte aérea e das raízes, o número de folhas, matéria seca da parte aérea, matéria seca total, área foliar, área foliar específica, razão de área foliar, razão de peso foliar, relação matéria seca da parte aérea com a matéria seca da raiz, Quociente de Robustez e o Índice de Qualidade de Dickson (FLORÊNCIO, 2020).

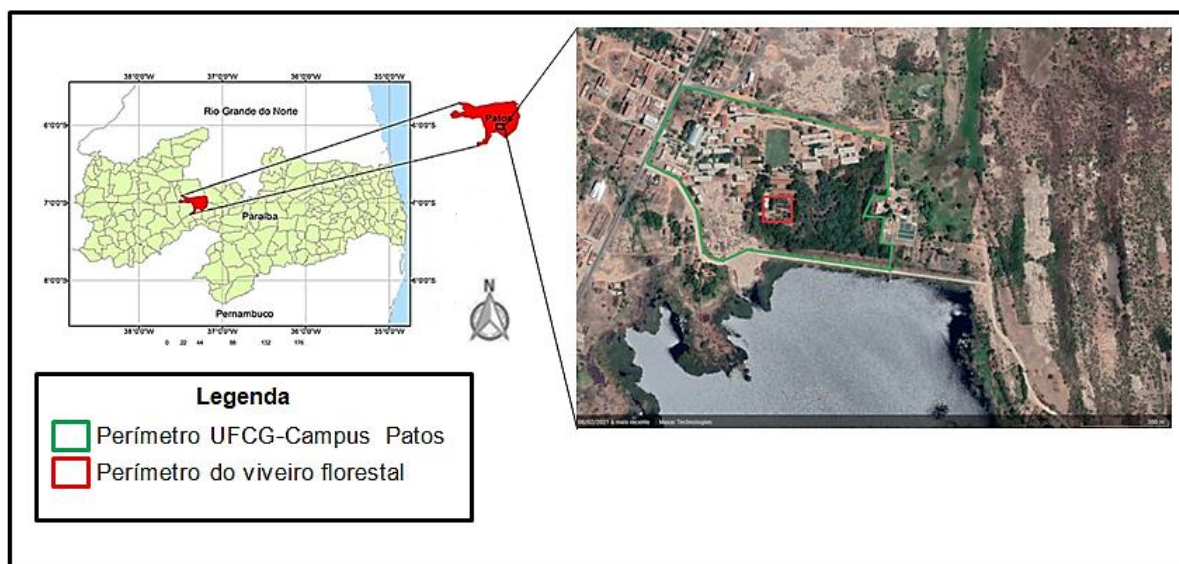
O Índice de Qualidade de Dickson é mencionado por Fonseca *et al.* (2002), como uma promissora medida morfológica integrada, o mesmo é apontado como bom indicador da qualidade de mudas, pois considera para o seu cálculo a robustez e o equilíbrio da distribuição da fitomassa, sendo ponderados vários parâmetros importantes para a averiguação da qualidade, em que as observações dos parâmetros morfológicos apresentam, além de uma boa qualificação, atributos de fácil aplicação física e visíveis na planta, que podem ser alcançados de maneira simples, prática e rápida, muito utilizados para definir o momento da realização de atividades silviculturais, fundamentais para obtenção de mudas produzidas com melhor qualidade possível. Quanto maior este índice, maior será a qualidade das mudas (GOMES; PAIVA, 2012).

4 METODOLOGIA

4.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento transcorreu no viveiro florestal do Centro de Saúde e Tecnologia Rural (CSTR), Campus de Patos Paraíba, pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal (UAEF) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), com altitude média de 250 m. A classificação climática da região, segundo Köppen (1996) citado por Álvares *et al.* (2014), é BSh, semiárido, com temperaturas médias anuais superiores a 25°C, média anual de pluviosidade inferior a 1000 mm com a distribuição das chuvas irregulares e média de 65,9% na umidade relativa do ar. A localização geográfica do campus Patos fica situada nas seguintes coordenadas geográficas de 7°01'00" S e 37°17'00" W (FERREIRA *et al.*, 2019), conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Localização geográfica do Centro de Saúde e Tecnologia Rural (CSTR) - Patos, PB e do viveiro florestal, onde foi efetuado o experimento.



Fonte: Google Earth (2021), adaptado pelo autor.

4.2 PREPARO DAS MUDAS

As sementes das espécies Sabiá e Mulungu vieram do banco de sementes pertencentes a Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal, CSTR/UFCG. Antes de

realizar a semeadura, as sementes passaram por tratamento pré-germinativo para a quebra de dormência, nas sementes de Sabiá foi realizado o desponte na região oposta à micrópila (HERCULANO *et al.*, 2021). Enquanto nas sementes de Mulungu, a escarificação mecânica na extremidade oposta ao hilo com lixa de madeira (SIQUEIRA *et al.*, 2017).

O Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth) possui formato de arbusto a árvore perenifólia, na idade adulta as árvores maiores atingem dimensões próximas de 10 m de altura e 30 cm de DAP, suas folhas são compostas bipinadas, alternas, geralmente com seis pinas opostas, em que cada pina é comumente provida de quatro a oito folíolos glabros e opostos, medindo de 3 cm a 8 cm de comprimento (CARVALHO, 2007).

O Mulungu (*Erythrina velutina* Willd) tem formato arbóreo aculeada ou espinhenta, de comportamento decíduo de mudança foliar, na idade adulta as árvores maiores atingem dimensões próximas a 15 m de altura e 80 cm de DAP, suas folhas são compostas trifoliadas, sustentadas por pecíolo de 6 cm a 14 cm de comprimento (CARVALHO, 2008).

Para o preparo das mudas utilizou-se a semeadura direta de 3 sementes por garrafa PET, cortadas ao meio, com capacidade de 2 litros, contendo o substrato orgânico esterco caprino, acompanhando a germinação até 15 dias após a semeadura (DAS), assim, se deu o desbaste deixando apenas uma planta por garrafa, que apresentou maior vigor. O esterco caprino proveio da fazenda experimental do Centro de Saúde e Tecnologia Rural da UFCG e foi feita análise química do substrato no Laboratório de Solos e Águas (LASAG) do CSTR/UFCG, como expõe a Tabela 1. O substrato preparado na proporção de 2:1 (solo: esterco caprino), base de volume, peneirado para homogeneizar a mistura do substrato, salientando que o fundo dos recipientes foi preenchido com brita para facilitar a drenagem.

Tabela 1 – Análise química do substrato orgânico utilizado no experimento.

| pH | P | Ca | Mg | K | Na | H + Al | T | V |
|-------------------------|---------------------|------------------------|-----|------|------|--------|------|-------|
| CaCl ₂ 0,01M | mg.dm ⁻³ | cmolc dm ⁻³ | | | | | | % |
| 7,7 | 71,1 | 5,5 | 2,0 | 4,62 | 1,30 | 0,80 | 14,2 | 94,40 |

Fonte: (LIGIER, 2022).

4.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 3 x 2, com 3 níveis de estresse hídrico (EH), EH1 (100% da necessidade hídrica, NH) sem estresse, EH2 (70% NH), EH3 (40% NH) e duas espécies florestais (Sabiá e Mulungu), com 5 repetições, duas plantas por repetição, totalizando 60 unidades experimentais. Os dados passaram pela análise de variância através do software estatístico SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2019) e quando significativo feita comparação de médias pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

4.4 MANEJO DA IRRIGAÇÃO

Com o propósito de permitir a drenagem foram efetuados furos na base da garrafa, e para não ocorrer perdas da água drenada foi acoplado na parte inferior das garrafas, um recipiente confeccionado com garrafas PET (Figura 2) e as estimavas do consumo hídrico pelas plantas alcançadas através da diferença entre o volume médio aplicado e o volume médio drenado coletado, por meio do sistema de lisímetros de drenagem, com base nos autores Andrade *et al.* (2012), Silva *et al.* (2019) e Herculano *et al.* (2021).

Figura 2 – Sistema de lisimetria de drenagem em destaque.



Fonte: (LIGIER, 2022).

A irrigação se deu com água proveniente da concessionária responsável, a CAGEPA, realizada a análise da água pelo Laboratório de Solos e Água do CSTR/UFCG, sendo constatado que a água possui salinidade e sodicidade baixa. O turno de rega foi de dois dias, conforme recomenda Herculano *et al.* (2021), com irrigação dos lisímetros realizada no início da manhã e coleta das drenagens no mesmo dia da irrigação, para que os volumes fossem adequados às condições hídricas para as plantas.

4.5 VARIÁVEIS AVALIADAS

4.5.1 Germinação e Variáveis de crescimento

Até os 15 dias após a semeadura (DAS) foram mensurados diariamente: a porcentagem de germinação (PG), o tempo médio (TM) e velocidade média (VM) de germinação, para Labouriau e Valadares (1976), e o Índice de Velocidade de Emergência (IVG) foi determinado conforme a metodologia de Maguire (1962).

Foram realizadas 5 avaliações de crescimento das mudas das espécies florestais Sabiá e Mulungu, em períodos de 30, 60, 90, 120 e 150 dias após a estabilização da emergência de plântulas. As variáveis de crescimento avaliadas foram: número de folhas (NF), altura da planta (AP), diâmetro de colo (DC) e área foliar (AF). O número de folhas consiste na determinação do total de folhas que estiverem fotossinteticamente ativas nas plantas. A altura da planta medida com o auxílio de régua graduada, efetuada por meio da distância entre o colo e o ponto mais alto das plantas. Para o diâmetro do colo se usou o uso do paquímetro digital, a uma altura de 1,0 cm do solo, conforme Beltrão *et al.* (2001).

Com a finalidade de determinar a área foliar, foram medidos o comprimento e largura de três folhas, escolhidas ao acaso, dispostas de forma que: a primeira folha estava na parte superior, a segunda da parte mediana e a terceira na parte inferior da copa, assim, avaliado o comprimento e largura médias, de acordo com Lima (2013).

Em pesquisa realizada com cinco espécies florestais do semiárido paraibano, Souza Neto (2009) obteve uma equação para estimativa da área foliar, que foi utilizada nesse estudo para o Sabiá, a saber:

$$\hat{Y} = 0,8079*(X)^{0,9881} \quad (1)$$

Em que: \hat{Y} é a área da folha em cm^2 e X é a área correspondente à média do produto do comprimento (C) pela largura (L).

A área foliar do Mulungu determinada de acordo com a equação proposta por Ribeiro (2021):

$$AF = 1,4755 \cdot CL \quad (2)$$

Em que: AF é a área da folha em cm^2 , CL é a média do produto do comprimento (C) pela largura (L).

4.5.2 Fitomassas

As análises de fitomassa foram realizadas aos 90 e 150 dias após a estabilização da emergência de plântulas, por meio das análises destrutivas. As variáveis de fitomassa fresca, da parte aérea e da raiz foram obtidas através da pesagem imediata do material vegetal logo após a remoção dos mesmos do vaso, por meio de análises destrutivas, ao final de cada ciclo.

A fitomassa fresca de parte aérea (FFPA) foi constituída pelo peso dos frutos coletados conforme a maturação individual, caule, folha e pecíolo. Enquanto a fitomassa fresca de raiz (FFR), obtida com a imediata pesagem do sistema radicular após a retirada do excedente de solo. A fitomassa fresca total foi calculada a partir da soma da FFPA com a FFR. Também foi feita a medida do comprimento da raiz utilizando-se de régua graduada.

Após período de secagem, a fitomassa seca de parte aérea (FSPA) foi composta pelo mesmo material da FFPA. E a fitomassa seca de raiz (FSR) obtida após as 48 horas de secagem do sistema radicular em estufa a 65°C e sua posterior pesagem. A fitomassa seca total (FST) resultou da soma da FSR com a FSPA.

4.5.3 Qualidade das mudas

Para a qualidade das mudas, utilizou-se o índice de qualidade de Dickson (IQD), por meio da fórmula estabelecida por Dickson *et al.* (1960), que é determinada em função da fitomassa seca total (FST), da altura da planta (AP), diâmetro de colo (DC), fitomassa seca da parte aérea (FSPA) e fitomassa seca das raízes (FSR), conforme a equação a seguir, na qual, quanto maior o valor do índice melhor será a qualidade das mudas.

$$IDQ = [FST/(AP/DC)+(FSPA/FSR)] \quad (3)$$

Em que: a FST, FSP e FSR foram obtidas em gramas (g), a AP em centímetros (cm) e o DC foi em milímetros (mm).

4.5.4 Consumo hídrico das plantas e Eficiência de uso da água

No decorrer do experimento foram analisados a cada verificação dos lisímetros de drenagem os volumes característicos da necessidade hídrica da planta (NH), adquiridas em função dos tratamentos. Devido à aplicação conhecida dos volumes de irrigação, a subtração do volume aplicado pelo volume drenado resultou na necessidade hídrica da cultura. Em seguida, para cada tratamento formou-se um banco de dados dos quantitativos de água que eram repostos a cada irrigação até o término do experimento, assim como, o consumo hídrico (CH) cumulativo para formação das mudas.

Segundo Mesquita *et al.* (2017), a eficiência de uso da água (EUA) na produção das mudas foi estabelecida pela relação entre a fitomassa seca total pesada e o volume de água consumido para cada tratamento.

$$EUA = FST/CH \quad (4)$$

Em que: a FST foi obtida em gramas (g) e o CH obtido em litros (L).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 GERMINAÇÃO DAS SEMENTES

Foram constatadas como estatisticamente significativas as variáveis porcentagem de germinação (PG) e o índice de velocidade de germinação (IVG) ao nível de 1% de significância para a fonte de variação espécie (E). Para o tempo médio de germinação (TM) e velocidade média de germinação (VM) os resultados não foram significativos para todas as fontes de variação, Tabela 2.

Tabela 2 – Resumo da análise de variância para a porcentagem de germinação (PG), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TM), velocidade média de germinação (VM) para as espécies florestais *Mimosa caesalpinifolia* Benth (Sabiá) e *Erythrina velutina* Willd (Mulungu), submetidas a estresse hídrico.

| Quadrado Médio | | | | | |
|------------------------------|----|---------------------|---------------------|--------------------|------------------------|
| Fonte de variação | GL | PG ¹ | IVG ¹ | TM | VM |
| Estresse hídrico (EH) | 2 | 2,75 ^{ns} | 0,104 ^{ns} | 0,17 ^{ns} | 0,000008 ^{ns} |
| Espécies (E) | 1 | 33,70 ^{**} | 1,02 ^{**} | 0,48 ^{ns} | 0,00005 ^{ns} |
| EH*E | 2 | 2,89 ^{ns} | 0,11 ^{ns} | 0,19 ^{ns} | 0,000011 ^{ns} |
| Resíduo | | 1,88 | 0,07 | 0,36 | 0,000023 |
| CV(%) | | 24,19 | 15,91 | 5,60 | 5,21 |

^{ns}: não significativo; ^{**}: significativo (P<0,01); C.V.: coeficiente de variação. PG (porcentagem de germinação-%); IVG (índice de velocidade de germinação-germinação/dia); TM (tempo médio de germinação-dias); VM (velocidade média de germinação-dias⁻¹). ¹: Transformação raiz quadrada de Y + 1,0 - SQRT (Y + 1,0).

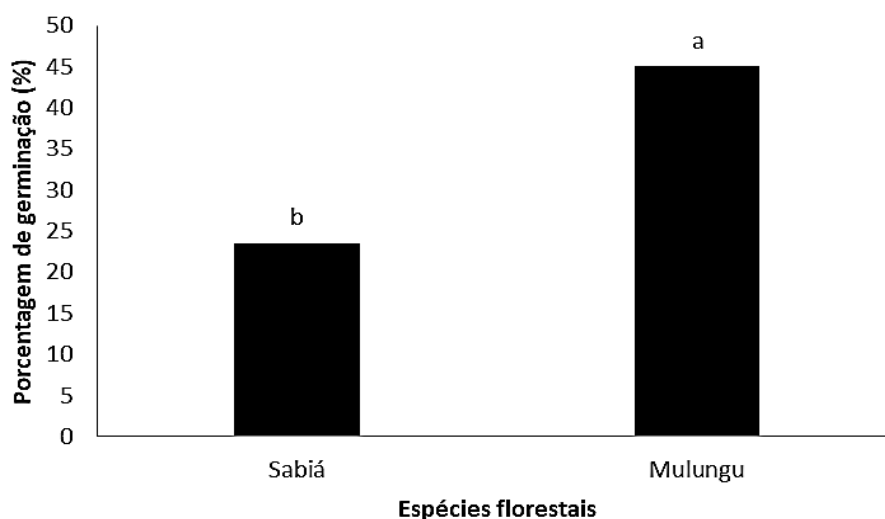
Fonte: (LIGIER, 2022).

Os resultados observados demonstram que, as irrigações com 100%, 70% e 40% da necessidade hídrica (NH) das espécies não afetaram na germinação, sendo que a fonte de variação foi significativa apenas para o fator espécie quando avaliado o PG e o IVG, no qual foi aplicado o teste de Tukey para a comparação das médias.

Pelo resultado do teste de Tukey para a porcentagem de germinação, a média da porcentagem de germinação da espécie Mulungu foi superior à média da

porcentagem de germinação da espécie Sabiá, após 15 dias da realização da semeadura, Figura 3.

Figura 3 – Valores médios da porcentagem de germinação para as espécies florestais *Mimosa caesalpinifolia* Benth (Sabiá) e *Erythrina velutina* Willd (Mulungu), submetidas a estresse hídrico.



Médias seguidas da mesma letra não diferem de acordo com o teste de Tukey, ao nível de 5% de significância, quando diferem, a é maior média e c é a menor média, nessa ordem.

Fonte: (LIGIER, 2022).

Em pesquisa realizada por Shibata *et al.* (2016) sobre o potencial germinativo de sementes de *Mimosa flocculosa* em diferentes temperaturas e substratos constataram que, a média de germinação foi de 43% com uso de areia e 42% utilizando papel, esses valores são semelhantes à média da PG das sementes de Mulungu observada nesse trabalho com valores de 45%, mas inferiores à média da PG das sementes de Sabiá de 25%.

Analisando a germinação de espécies florestais da Caatinga (Trapiá, Violete e Coronha) em solo neossolo Gonçalves *et al.* (2020), observaram um valor médio de porcentagem de germinação de 69,33% aos 30 dias após a semeadura (DAS), resultado superior aos da presente pesquisa para as sementes de Mulungu e Sabiá aos 15 DAS.

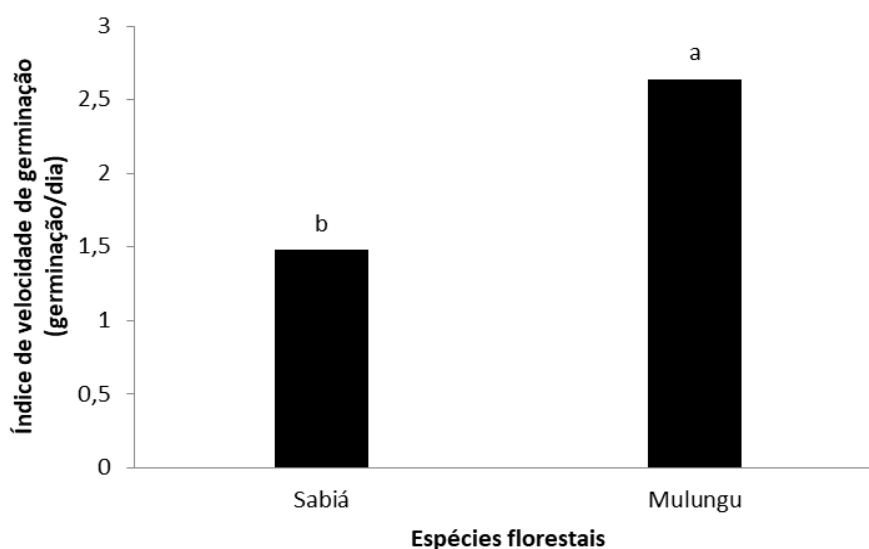
As sementes necessitam de umidade, dessa forma, a quantidade de água ofertada afeta diretamente na germinação, sendo este recurso natural fundamental

para a ocorrência de processos fisiológicos, a exemplo da germinação (JACINTO *et al.*, 2014).

Para cada espécie existe um valor específico de quantidade de água necessária para que a germinação ocorra, assim, sendo menor que o necessário, a germinação pode não acontecer (AZEREDO *et al.*, 2016).

Na Figura 4, nota-se que, a média do índice de velocidade de germinação para a espécie Mulungu foi de 2,64 sementes germinadas por dia, ou seja, superior à média do índice de velocidade de germinação para a espécie Sabiá com 1,48 sementes germinadas por dia.

Figura 4 – Valores médios do índice de velocidade de germinação para as espécies florestais *Mimosa caesalpinifolia* Benth (Sabiá) e *Erythrina velutina* Willd (Mulungu), submetidas a estresse hídrico.



Médias seguidas da mesma letra não diferem de acordo com o teste de Tukey, ao nível de 5% de significância, quando diferem, a é maior média e c é a menor média, nessa ordem.

Fonte: (LIGIER, 2022).

Herculano *et al.* (2021) ao submeterem sementes de Sabiá a 100% da NH dessa espécie, observaram um valor médio para o índice de velocidade de germinação de 1,1 germinação por dia, resultado semelhante à média do IVG para as sementes de Sabiá verificadas nesta pesquisa de 1,4 germinação por dia.

Em contrapartida, Shibata *et al.* (2016) notaram um valor médio para o índice de velocidade de germinação de sementes de *Mimosa flocculosa*, ao utilizar papel como substrato, de 3,75 germinação por dia, resultado divergente dos obtidos neste estudo.

Resultado inferior ao IVG do Mulungu na pesquisa realizada por Gonçalves *et al.* (2020) com três espécies florestais da Caatinga (Trapiá, Violeta e Coronha), com maior média de 1,93 germinação por dia quando utilizado planossolo e a espécie Coronha (*Vachellia farnesiana*).

O índice de velocidade de germinação é um atributo essencial que pode proporcionar um benefício competitivo às sementes. As espécies com maior IVG podem ter vantagens, como germinar em condições adversas e se estabelecer (JIMÉNEZ-ALFARO *et al.*, 2016).

Segundo Martins *et al.* (2014), espécies que têm a capacidade de germinação das sementes em condições de estresses abióticos, a exemplo do estresse hídrico, apresentam vantagens ecológicas em relação a outras mais sensíveis, como estabelecimento das plântulas, maior uniformidade e a sua capacidade de sobreviver as adversidades, sendo assim, o IVG se configura numa medida importante para o sucesso na produção de mudas com qualidade.

Aumentar a umidade do solo não resultou em benefícios na germinação do Sabiá e do Mulungu, de forma que as diferenças para os parâmetros de PG e IVG podem ser consequências de características intrínsecas do metabolismo das sementes das espécies pesquisadas, sendo viável a irrigação com menor volume de água.

5.2 CRESCIMENTO DAS MUDAS

De acordo com a análise de variância, Tabela 3, em todas as épocas de avaliação a altura da planta (AP) foi significativa estatisticamente ao nível de 5% de significância para a fonte de variação estresse hídrico (EH). Aos 120 e 150 DAS não teve efeito significativo para a fonte de variação espécie (E). Houve interação entre estresse hídrico e espécie (EH*E) somente aos 60 e 90 DAS ($p < 0,01$).

Tabela 3 – Resumo da análise de variância para a altura de planta (AP) avaliada aos 30 (1), 60 (2), 90 (3), 120 (4) e 150 (5) DAS para as espécies florestais *Mimosa caesalpinifolia* Benth (Sabiá) e *Erythrina velutina* Willd (Mulungu), submetidas a estresse hídrico.

| Quadrado Médio ¹ | | | | | | |
|------------------------------|----|---------------------|--------|---------|--------------------|--------------------|
| Fonte de variação | GL | AP1 | AP2 | AP3 | AP4 | AP5 |
| Estresse hídrico (EH) | 2 | 0,66** | 0,52* | 4,55** | 7,04** | 9,59** |
| Espécies (E) | 1 | 13,56** | 8,94** | 12,70** | 0,01 ^{ns} | 0,26 ^{ns} |
| EH*E | 2 | 0,082 ^{ns} | 1,21** | 1,72** | 0,51 ^{ns} | 0,19 ^{ns} |
| Resíduo | | 0,12 | 0,19 | 0,40 | 0,81 | 0,99 |
| CV(%) | | 11,21 | 12,00 | 13,96 | 17,17 | 17,99 |

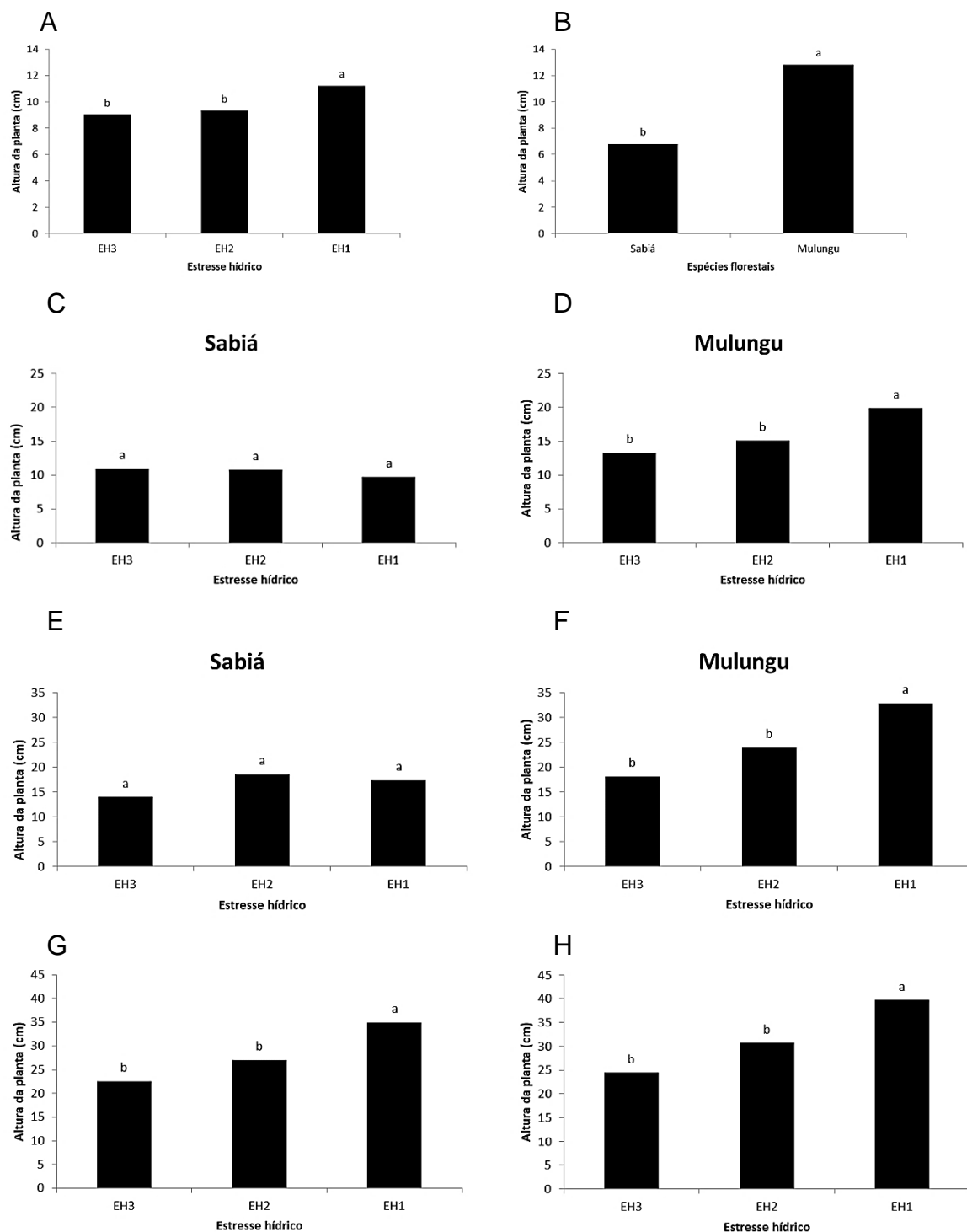
^{ns}: não significativo; **: significativo (P<0,01); *: significativo (P<0,05); C.V.: coeficiente de variação.

AP (altura da planta-cm). ¹: Transformação raiz quadrada de Y + 1,0 - SQRT (Y + 0,5).

Fonte: (LIGIER, 2022).

Aos 150 DAS as maiores médias de altura (Figura 5H) quando aplicado à irrigação correspondente a 100% da necessidade hídrica da cultura (NH), ou seja, sem estresse hídrico, havendo um incremento médio de 8,98 cm e 15,3 cm, quando comparado à irrigação com 70% da NH e com 40% da NH, respectivamente (Figura 5). Logo na primeira avaliação de altura (Figura 5B), foi constatada a superioridade média da altura do Mulungu (12,84 cm) em relação ao Sabiá (6,8 cm), tendência recorrente nas avaliações posteriores.

Figura 5 – Comparação das médias para altura da planta (AP) das espécies florestais *Mimosa caesalpinifolia* Benth (Sabiá) e *Erythrina velutina* Willd (Mulungu), avaliada aos 30 (A e B), 60 (C e D), 90 (E e F), 120 (G) e 150 (H) DAS.



Médias seguidas da mesma letra não diferem de acordo com o teste de Tukey, ao nível de 5% de significância, quando diferem, a é maior média e c é a menor média, nessa ordem.

Fonte: (LIGIER, 2022).

Nas avaliações aos 60 e 90 DAS, ocorreram interações (EH*E), sendo que para o Sabiá as irrigações com 40%, 70% e 100% da NH não interferiram estatisticamente na diferença média das alturas, dessa maneira, pode-se considerar que a espécie não foi afetada pelo estresse hídrico em relação a esta variável, Figura 5. Entretanto, para o Mulungu, avaliado no mesmo período, a irrigação com 100% da NH (EH1) dessa espécie proporcionou altura média superior as com 70% (EH2) e 40% (EH3) da NH, assim, quando esta espécie passou pelo estresse hídrico afetou na altura da planta. Sendo que, aos 60 DAS (Figura 5D) as plantas submetidas ao EH1 tiveram incremento na AP de 4,76 cm e 6,55 cm em relação à EH2 e EH3, respectivamente, e aos 90 DAS (Figura 5F) a EH1 também tiveram incremento na variável AP de 8,93 cm e 14,71 cm em relação à EH2 e EH3, na devida ordem.

Estudando a utilização de água residuária de origem doméstica na irrigação de Sabiá, Rebouças *et al.* (2018) identificaram que, as alturas das plantas variaram de 12 a 14 cm, na formação de mudas, quando irrigadas com 100% de água residuária, resultado semelhante à altura média das plantas de Sabiá quando irrigadas com 40% da NH avaliada aos 90 DAS, equivalente a 14 cm.

Herculano *et al.* (2022) avaliando o crescimento de mudas de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth submetida aos diferentes níveis de irrigação observaram que, aos 120 DAS, elevar a disponibilidade de água para a planta há um maior acréscimo de altura até os 80% da NH, ocorrendo redução nesta variável ao irrigar com 100% da necessidade hídrica, resultado diferente ao analisado nesse estudo, pois, aos 120 DAS, o tratamento sem estresse hídrico (EH1) proporcionou os maiores acréscimos de altura quando comparados aos outros tratamentos para as espécies Sabiá e Mulungu.

Observando o efeito da salinidade da água de irrigação no crescimento inicial de plântulas de Mulungu, Guimarães *et al.* (2013) obtiveram as maiores alturas quando as mudas foram irrigadas com água de salinidade $0,5 \text{ dS m}^{-1}$, resultando em 24,43 cm, similar as médias das alturas do Mulungu aos 120 DAS de 24,98 cm e superior à média das alturas do Sabiá na mesma época de avaliação de 16,62 cm, quando estiveram em estresse hídrico.

Na tabela 4, pela análise de variância para o diâmetro do colo (DC) das mudas de Sabiá e Mulungu aos 30, 60, 90, 120 e 150 DAS, percebe-se como estatisticamente significativa à fonte de variação estresse hídrico (EH) e espécie (E)

para todos os períodos avaliados ao nível de 5% de significância. Aos 30 dias após a germinação não foi significativo à fonte de variação de interação entre estresse hídrico e espécie (EH*E), sendo que para os demais períodos avaliados houve significância estatística ($p < 0,01$). Para Gomes (2000), o coeficiente de variação abaixo dos 10% em todas as avaliações de DC é classificado como sendo de alta precisão.

Tabela 4 – Resumo da análise de variância para o diâmetro do colo (DC) das mudas de *Mimosa caesalpinifolia* Benth (Sabiá) e *Erythrina velutina* Willd (Mulungu), avaliados aos 30 (1), 60 (2), 90 (3), 120 (4) e 150 (5) DAS submetidas a estresse hídrico.

| Fonte de variação | Quadrado Médio ¹ | | | | | |
|------------------------------|-----------------------------|---------------------|---------|---------|---------|---------|
| | GL | DC1 | DC2 | DC3 | DC4 | DC5 |
| Estresse hídrico (EH) | 2 | 0,08* | 0,24** | 1,12** | 1,65** | 2,78** |
| Espécies (E) | 1 | 15,95** | 17,89** | 33,62** | 39,52** | 53,02** |
| EH*E | 2 | 0,005 ^{ns} | 0,26** | 0,90** | 1,08** | 1,24** |
| Resíduo | | 0,02 | 0,02 | 0,05 | 0,06 | 0,08 |
| CV(%) | | 8,39 | 6,80 | 9,91 | 9,40 | 9,98 |

^{ns}: não significativo; **: significativo ($P < 0,01$); *: significativo ($P < 0,05$); C.V.: coeficiente de variação. DC (diâmetro do colo-mm). ¹: Transformação raiz quadrada de $Y + 1,0 - \text{SQRT}(Y + 0,5)$.

Fonte: (LIGIER, 2022).

Percebeu-se os maiores valores médios de diâmetro do colo aos 150 DAS, equivalente a 19,25 mm para o Mulungu, Figura 6J, nas plantas sem estresse hídrico (EH1), com um incremento de 4,55 mm em relação a avaliação anterior (120 DAS). Aos 150 DAS, Figura 6I, o Sabiá irrigado com 70% da NH (EH2) teve a maior média de DC com 3,81 mm, o que representou um incremento de 0,17 mm em relação aos 120 dias após sementeira, Figura 6.

Figura 6 – Comparação das médias para diâmetro do colo (DC) das espécies florestais *Mimosa caesalpinifolia* Benth (Sabiá) e *Erythrina velutina* Willd (Mulungu), avaliada aos 30 (A e B), 60 (C e D), 90 (E e F), 120 (G e H) e 150 (I e J) DAS.

(continua)

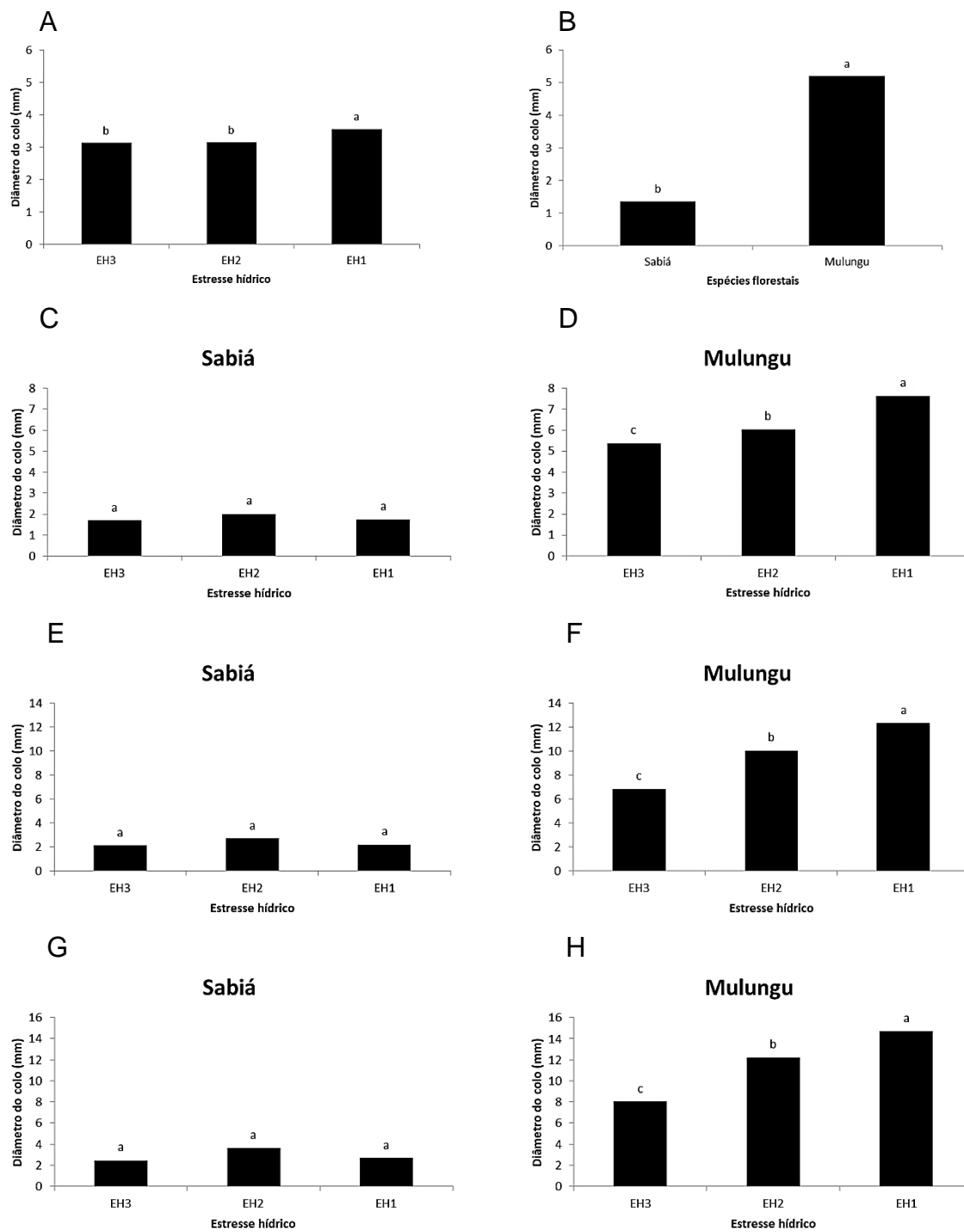
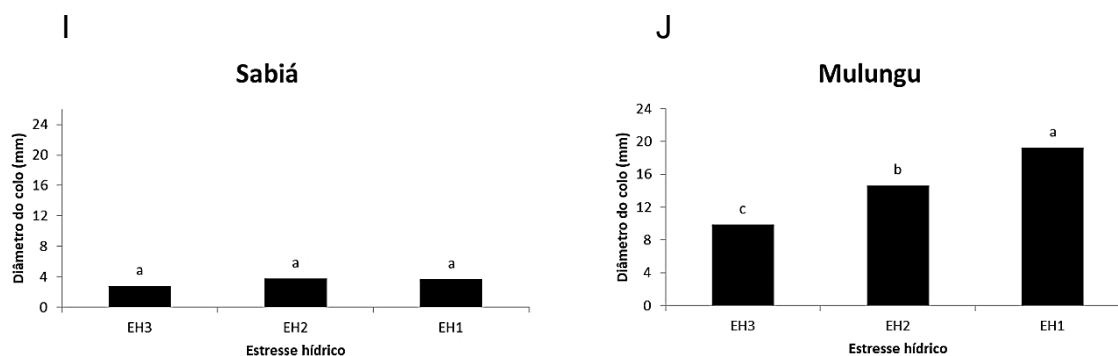


Figura 6 – Comparação das médias para diâmetro do colo (DC) das espécies florestais *Mimosa caesalpinifolia* Benth (Sabiá) e *Erythrina velutina* Willd (Mulungu), avaliada aos 30 (A e B), 60 (C e D), 90 (E e F), 120 (G e H) e 150 (I e J) DAS.

(conclusão)



Médias seguidas da mesma letra não diferem de acordo com o teste de Tukey, ao nível de 5% de significância, quando diferem, a é maior média e c é a menor média, nessa ordem.

Fonte: (LIGIER, 2022).

O tratamento sem estresse hídrico (EH1) foi superior às demais, com incremento médio de 3,87 mm no DC a cada avaliação efetuada, demonstrando que irrigações com 100% da NH proporcionam mudas de Mulungu com maiores diâmetros do colo, Figura 6.

Na Figura 6, para o Sabiá os resultados não foram estatisticamente diferentes para a diferença das médias com as irrigações correspondentes aos três níveis de estresse hídrico, assim propiciar uma irrigação com deficiência em 60% de sua necessidade hídrica, ou seja, aplicando 40% da NH dessa espécie possibilita a obtenção de mudas com DC semelhante às irrigadas com 70% e 100% da NH, ocasionando uma maior economia de água.

Ao utilizar esterco caprino no cultivo de Sabiá, Pinheiro *et al.* (2018) verificaram que aos 84 DAS o diâmetro de caule médio foi de 3,5 mm, parecido com os 90 DAS nesse estudo para o Sabiá de 3,35 mm e inferior ao do Mulungu de 9,74 mm no mesmo período de avaliação.

Aos 120 DAS, Herculano *et al.* (2022) analisaram que o diâmetro de colo do Sabiá teve maior média (3,8 mm) ao aplicar 80% da necessidade hídrica, enquanto a menor média foi das plantas irrigadas com 20%NH (2,6 mm), semelhante aos resultados dessa pesquisa para o Sabiá aos 120 DAS quando aplicado 70% da NH (3,7 mm).

O crescimento em altura e diâmetro do Mulungu foi afetado pela redução na disponibilidade de água, por causa de uma resposta fisiológica ao estresse hídrico que a espécie passou decorrente da menor absorção de água, enquanto para o Sabiá, a redução na oferta de água não afetou o seu crescimento, com dados similares para os diferentes níveis de estresse hídrico utilizados, merecendo maiores estudos e investigações na fisiologia dessa espécie.

No parâmetro referente ao número de folhas (NF) das mudas de Sabiá e Mulungu foi estatisticamente significativa à fonte de variação espécie (E) em todas as avaliações efetuadas ao nível de 5% de significância, mas, foi observada significância estatística para a fonte de variação estresse hídrico (EH) somente aos 30 e 150 DAS ($p < 0,05$) e para a interação entre estresse hídrico e espécie (EH*E) apenas aos 150 DAS ($p < 0,01$), Tabela 5.

Tabela 5 – Resumo da análise de variância para o número de folhas (NF) das avaliações aos 30 (1), 60 (2), 90 (3), 120 (4) e 150 (5) DAS para as espécies florestais *Mimosa caesalpinifolia* Benth (Sabiá) e *Erythrina velutina* Willd (Mulungu) submetidas a estresse hídrico.

| Quadrado Médio ¹ | | | | | | |
|------------------------------|----|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------|
| Fonte de variação | GL | NF1 | NF2 | NF3 | NF4 | NF5 |
| Estresse hídrico (EH) | 2 | 2,41* | 3,16 ^{ns} | 5,56 ^{ns} | 16,03 ^{ns} | 25,45* |
| Espécies (E) | 1 | 4,49** | 30,83** | 11,38* | 166,58** | 274,2** |
| EH*E | 2 | 0,28 ^{ns} | 5,35 ^{ns} | 0,44 ^{ns} | 4,14 ^{ns} | 47,44** |
| Resíduo | | 0,65 | 1,60 | 3,50 | 7,08 | 6,68 |
| CV(%) | | 30,16 | 28,73 | 33,81 | 42,59 | 39,81 |

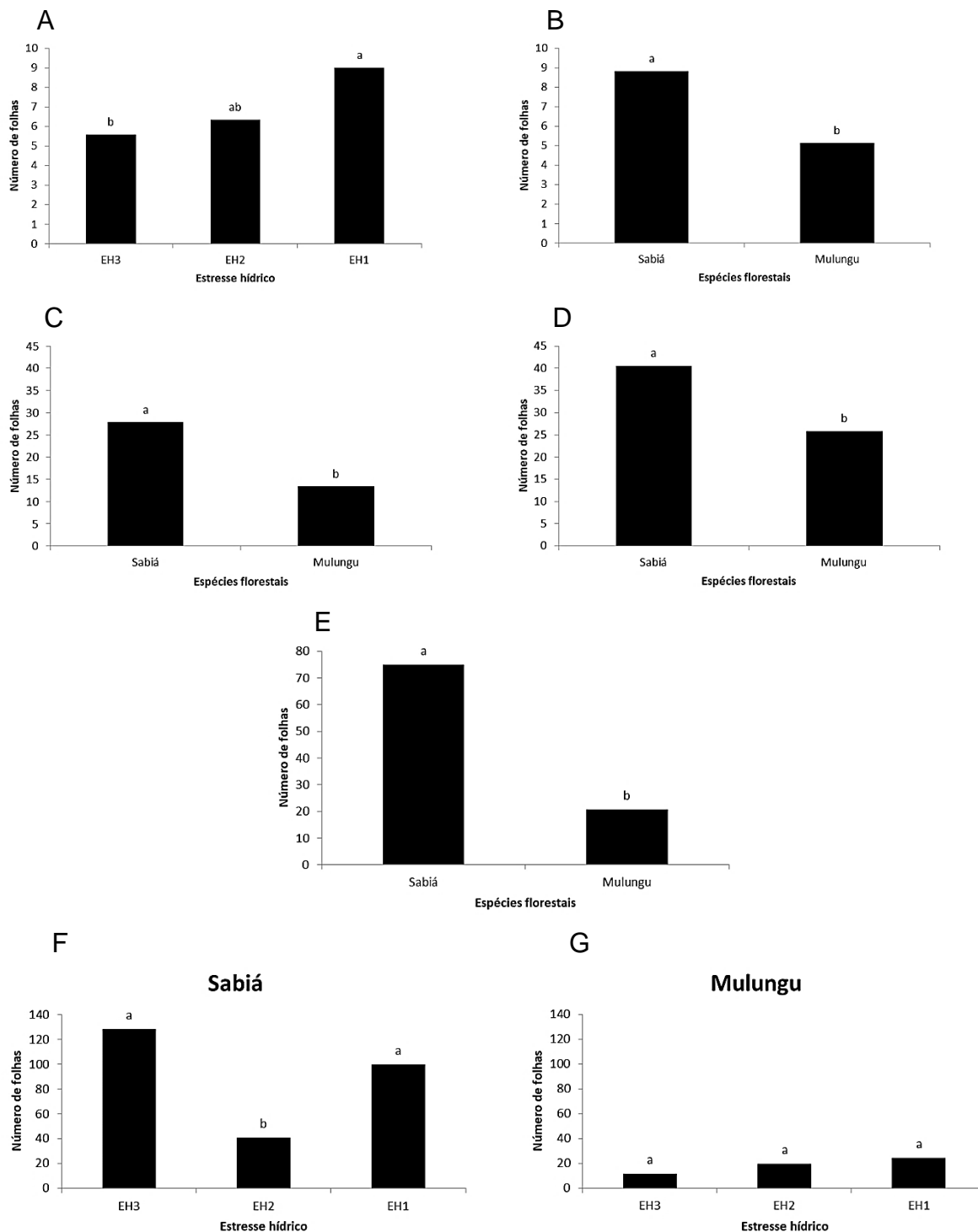
^{ns}: não significativo; **: significativo ($P < 0,01$); *: significativo ($P < 0,05$); C.V.: coeficiente de variação.

NF (número de folhas-unidade). ¹: Transformação raiz quadrada de $Y + 1,0 - \text{SQRT}(Y + 1,0)$.

Fonte: (LIGIER, 2022).

Com base na Figura 7, o maior valor médio do NF foi de 128 folhas para o Sabiá aos 150 DAS (Figura 7F) quando aplicado à irrigação correlativa a 40% da NH (EH3), para o Mulungu o NF foi mais expressivo aos 90 DAS (Figura 7D), com valor médio para os três níveis de estresse hídrico estudados de 26 folhas.

Figura 7 – Comparação das médias para o número de folhas (NF) das espécies florestais *Mimosa caesalpinifolia* Benth (Sabiá) e *Erythrina velutina* Willd (Mulungu), avaliada aos 30 (A e B), 60 (C), 90 (D), 120 (E) e 150 (F e G) DAS.



Médias seguidas da mesma letra não diferem de acordo com o teste de Tukey, ao nível de 5% de significância, quando diferem, a é maior média e c é a menor média, nessa ordem.

Fonte: (LIGIER, 2022).

Aos 30 DAS e com aumento do estresse hídrico percebe-se que há diminuição na quantidade de folhas, ficando evidente que a quantidade de água utilizada na irrigação afetou o número de folhas no estágio inicial de crescimento dessas espécies, podendo comprometer o funcionamento do metabolismo, pois as folhas fazem parte do processo de fotossíntese.

Em sua pesquisa sobre o crescimento de mudas de Sabiá submetida a diferentes níveis de irrigação, Herculano *et al.* (2022) identificaram que, ao elevar a quantidade de água na irrigação ocorre diminuição na quantidade de folhas, já que a maior média foi na aplicação de 20% NH aos 60 DAS, da mesma forma que avaliado nesse trabalho, no qual, aos 150 DAS a maior média no número de folhas se deu com o menor volume de irrigação correspondente a 40% da NH do Sabiá.

Guimarães *et al.* (2013) estudando o efeito da salinidade da água de irrigação no crescimento inicial de plântulas de Mulungu, quando as mudas foram irrigadas com água de salinidade $2,5 \text{ dS m}^{-1}$ tiveram uma média de 5,91 folhas por planta, semelhante ao analisado aos 30 DAS, no qual o Mulungu possuiu uma média de 5,13 folhas por planta.

A variável número de folhas está relacionada com o desenvolvimento da cultura, evidenciando que esta é uma parte principal da planta, fundamental para a fase da fotossíntese, além de ser fonte de reserva, auxina e cofatores de enraizamento, que propicia a constituição de novos tecidos, a exemplo das raízes (TAIZ *et al.*, 2017).

Com relação a área foliar (AF), a fonte de variação espécie (E) teve significância estatística ao nível de 1% para todas as avaliações efetuadas, no entanto, as fontes de variação estresse hídrico (EH) e a interação entre estresse hídrico e espécie (EH*E) não foram significativas aos 30 e 60 DAS, apenas após a terceira avaliação aos 90 DAS ($p < 0,05$), Tabela 6.

Tabela 6 – Resumo da análise de variância para a área foliar (AF) das mudas de *Mimosa caesalpinifolia* Benth (Sabiá) e *Erythrina velutina* Willd (Mulungu), avaliados aos 30 (1), 60 (2), 90 (3), 120 (4) e 150 (5) DAS submetidas a estresse hídrico.

| Quadrado Médio ¹ | | | | | | |
|------------------------------|----|--------------------|--------------------|----------|----------|---------|
| Fonte de variação | GL | AF1 | AF2 | AF3 | AF4 | AF5 |
| Estresse hídrico (EH) | 2 | 0,11 ^{ns} | 1,21 ^{ns} | 5,04* | 7,81** | 5,30** |
| Espécies (E) | 1 | 96,04** | 78,40** | 178,97** | 201,83** | 203,7** |
| EH*E | 2 | 0,05 ^{ns} | 1,27 ^{ns} | 4,12* | 5,64** | 6,72** |
| Resíduo | | 0,29 | 0,37 | 1,15 | 0,85 | 1,00 |
| CV(%) | | 17,00 | 19,06 | 24,91 | 18,66 | 20,66 |

^{ns}: não significativo; ** : significativo (P<0,01); * : significativo (P<0,05); C.V.: coeficiente de variação.

AF (área foliar-cm²). 1: Transformação raiz quadrada de Y + 1,0 - SQRT (Y + 1,0).

Fonte: (LIGIER, 2022).

Quando comparados à área foliar das espécies estudadas, aos 30 DAS à AF média do Mulungu foi superior a AF média do Sabiá em 22,97 cm², assim como aos 60 DAS à média do Mulungu foi superior ao Sabiá em 21,53 cm², Figura 8. Para o Sabiá, o maior valor médio da AF foi 120 DAS, quando não submetidas ao estresse hídrico (100% da NH), equivalente a 6,37 cm² (Figura 8E), para o Mulungu o maior valor médio da AF também foi aos 120 DAS quando irrigado com 100% da NH, correspondente a 82,57 cm² (Figura 8F).

Figura 8 – Comparação das médias para a área foliar (AF) em cm² das espécies florestais *Mimosa caesalpinifolia* Benth (Sabiá) e *Erythrina velutina* Willd (Mulungu), avaliada aos 30 (A), 60 (B), 90 (C e D), 120 (E e F) e 150 (G e H) DAS.

(continua)

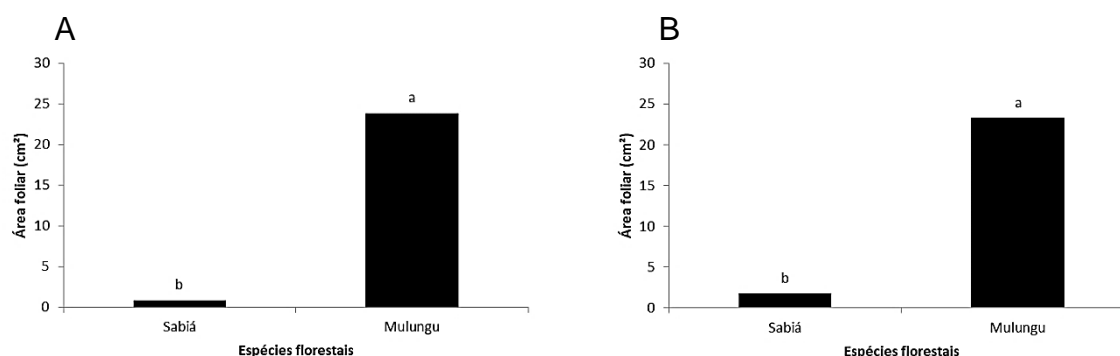
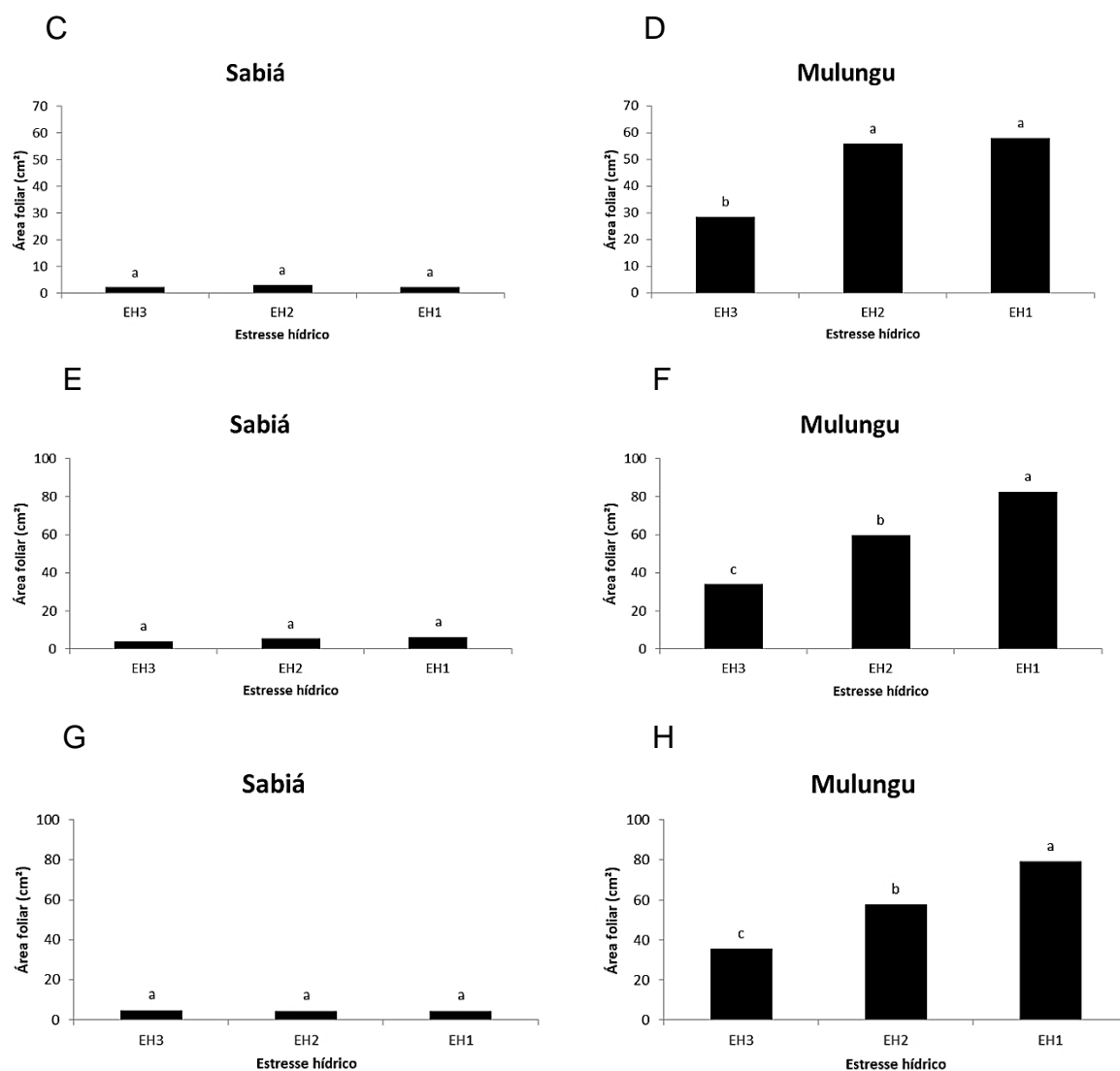


Figura 8 – Comparação das médias para a área foliar (AF) em cm² das espécies florestais *Mimosa caesalpinifolia* Benth (Sabiá) e *Erythrina velutina* Willd (Mulungu), avaliada aos 30 (A), 60 (B), 90 (C e D), 120 (E e F) e 150 (G e H) DAS.

(conclusão)



Médias seguidas da mesma letra não diferem de acordo com o teste de Tukey, ao nível de 5% de significância, quando diferem, a é maior média e c é a menor média, nessa ordem.

Fonte: (LIGIER, 2022).

Aos 90, 120 e 150 DAS, quando ocorreu efeito estatisticamente significativo para a interação entre estresse hídrico e espécie, o Sabiá não apresentou diferença estatística para as médias obtidas quando realizada a irrigação com 40%, 70% e 100% da NH dessa espécie, dessa forma, a com 40% da NH apresenta resultados estatisticamente similares à irrigação com 100% da NH dessa espécie, Figura 8.

Entretanto, para as avaliações realizadas com o Mulungu aos 90, 120, e 150 DAS, Figura 8, a irrigação com 100% da NH dessa espécie teve os maiores valores médios de AF, assim, para o Mulungu é aconselhado a irrigação com 100% da necessidade hídrica para a obtenção de melhores resultados de AF.

Trabalhando com mudas de Sabiá submetidas a diferentes lâminas de irrigação, Herculano *et al.* (2022) notaram que, aos 120 DAS foram obtidas plantas com maior área foliar (19,29 cm²), por meio da utilização de modelo potencial semelhante ao aplicado neste estudo e utilizando a irrigação com 80% da NH dessa espécie, resultado superior ao dessa pesquisa, que aos 120 DAS utilizando a irrigação com 100% da NH do Sabiá foram obtidos os maiores valores de AF de 6,37 cm².

Oliveira *et al.* (2016) estudando o desenvolvimento inicial de *Erythrina velutina* sob restrição hídrica, utilizando um modelo linear semelhante ao dessa pesquisa, analisaram que aos 98 DAS as mudas de Mulungu sem estresse hídrico tiveram área foliar superior do que o maior valor médio de AF das mudas de Mulungu desse trabalho (82,57 cm²).

Pinto *et al.* (2011) relatam que, a avaliação da área foliar de uma planta é relevante para a produção de mudas, pois está relacionada com a quantidade de fotoassimilados que serão convertidos em biomassa pela planta, dessa forma, quanto maior a área foliar e número de folhas, aumenta o potencial de contribuição para produção de massa seca.

A deficiência hídrica afetou a área foliar do Mulungu, podendo ter sido influenciada por reduções na divisão e aumento celular resultantes da menor disponibilidade de água para absorção, enquanto a menor oferta de água não interferiu na AF do Sabiá, sendo que a irrigação com 40% da NH demonstrou resultados semelhantes à irrigação com 100% da NH, sendo viável realizar irrigações com o menor volume de água. Esse fato também pode ser explicado pelos mesmos motivos expostos para altura das mudas e o diâmetro do colo, que expressam resultados semelhantes para ambas às espécies.

5.3 ANÁLISE DA FITOMASSA

Na Tabela 7, o parâmetro de crescimento referente ao comprimento da raiz (CR) demonstra que, houve significância estatística para a fonte de variação estresse hídrico (EH) aos 150 DAS ao nível de 1% de significância. A fonte de variação espécie (E) foi significativa estatisticamente somente aos 90 DAS ($p < 0,05$) e no mesmo período de avaliação a interação estresse hídrico e espécie (EH*E) também ($p < 0,01$).

Tabela 7 – Resumo da análise de variância para o comprimento da raiz (CR) das mudas de *Mimosa caesalpinifolia* Benth (Sabiá) e *Erythrina velutina* Willd (Mulungu), avaliados aos 90 (1) e 150 (2) DAS submetidas a estresse hídrico.

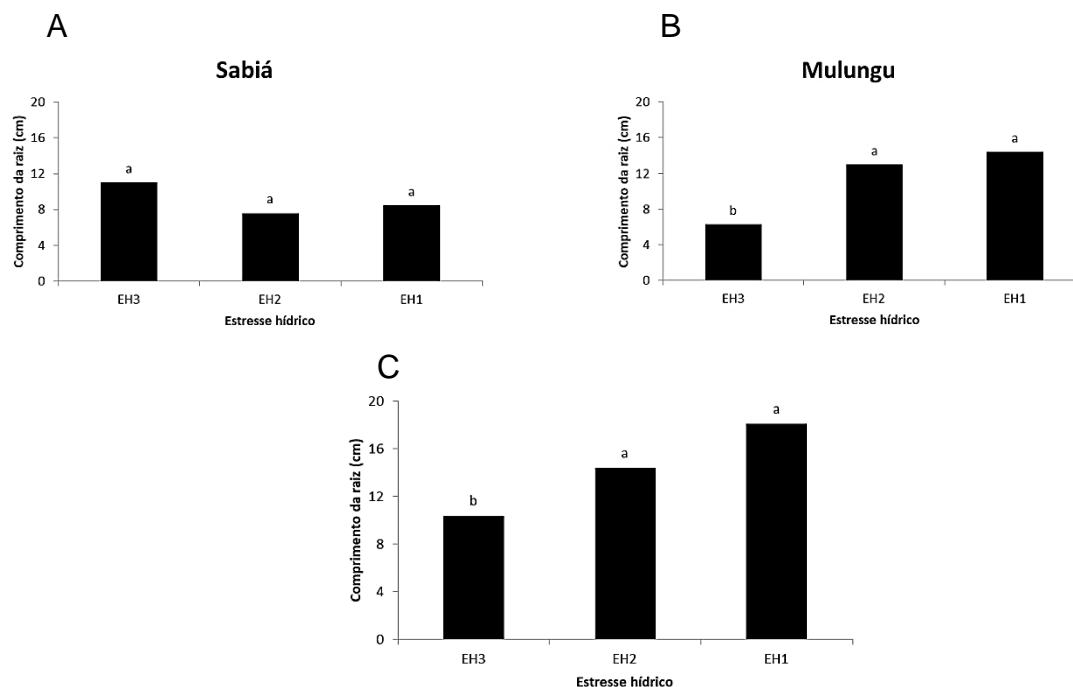
| Quadrado Médio ¹ | | | |
|------------------------------|----|--------------------|--------------------|
| Fonte de variação | GL | CR1 | CR2 |
| Estresse hídrico (EH) | 2 | 0,41 ^{ns} | 2,71 ^{**} |
| Espécies (E) | 1 | 0,73 [*] | 0,47 ^{ns} |
| EH*E | 2 | 2,25 ^{**} | 0,57 ^{ns} |
| Resíduo | | 0,15 | 0,19 |
| CV(%) | | 11,99 | 11,58 |

^{ns}: não significativo; ^{**}: significativo ($P < 0,01$); ^{*}: significativo ($P < 0,05$); C.V.: coeficiente de variação. CR (comprimento da raiz-cm). ¹ Transformação raiz quadrada de $Y + 0,5 - \text{SQRT}(Y + 0,5)$.

Fonte: (LIGIER, 2022).

Aos 90 DAS observou-se que, a irrigação com 40%, 70% e 100% da NH do Sabiá não gerou diferença estatística nas médias do CR dessa espécie, possuindo intervalo de 2,56 cm entre a maior e a menor média aferida, Figura 9A. Todavia, para o mesmo período de avaliação, as médias do CR do Mulungu correlativo a 70% da NH (12,96 cm) e 100% da NH (14,4 cm) foram superiores a irrigação efetuada com 40% da NH (6,30 cm) dessa espécie, Figura 9B.

Figura 9 – Comparação das médias para o comprimento da raiz (CR) das espécies florestais *Mimosa caesalpinifolia* Benth (Sabiá) e *Erythrina velutina* Willd (Mulungu), avaliada aos 90 (A e B) e 150 (C) DAS.



Médias seguidas da mesma letra não diferem de acordo com o teste de Tukey, ao nível de 5% de significância, quando diferem, a é maior média e c é a menor média, nessa ordem.

Fonte: (LIGIER, 2022).

Efetuada a última avaliação, aos 150 DAS (Figura 9C), para o Sabiá e o Mulungu, as irrigações com 70% e 100% da NH de ambas as espécies proporcionaram maiores médias na altura da raiz que a irrigação com 40% da NH, com incremento médio de 5,85 cm, assim deve-se irrigar com no mínimo 70% da NH de ambas as espécies para ter maior altura de suas raízes.

Pinheiro *et al.* (2018) ao utilizarem esterco caprino no cultivo de Sabiá, o mesmo tipo de esterco utilizado nesse trabalho, indicaram que aos 84 DAS o comprimento da raiz (CR) não apresentou diferença estatística, resultado similar ao obtido quando analisado o Sabiá aos 90 DAS.

Guimarães *et al.* (2013) estudando o efeito da salinidade da água de irrigação no crescimento inicial de plântulas de Mulungu, tiveram o maior comprimento da raiz principal quando utilizaram a irrigação com menor salinidade $0,5 \text{ dS m}^{-1}$, com 14,11 cm, similar a média do CR das mudas de Mulungu quando irrigadas com 100% da NH, aos 90 DAS de 14,40 cm.

Com base na avaliação do peso fresco da parte aérea (PFPA) e do peso fresco da raiz (PFR) aos 90 e 150 DAS, constatou-se na análise de variância que as fontes de variação estresse hídrico (EH), espécie (E) e a interação entre estresse hídrico e espécie (EH*E) tiveram efeito significativo ($p < 0,01$) para estas variáveis nas duas épocas, Tabela 8.

Tabela 8 – Resumo da análise de variância para o peso fresco da parte aérea (PFPA) e peso fresco da raiz (PFR) das mudas de *Mimosa caesalpinifolia* Benth (Sabiá) e *Erythrina velutina* Willd (Mulungu), avaliados aos 90 (1) e 150 (2) DAS submetidas a estresse hídrico.

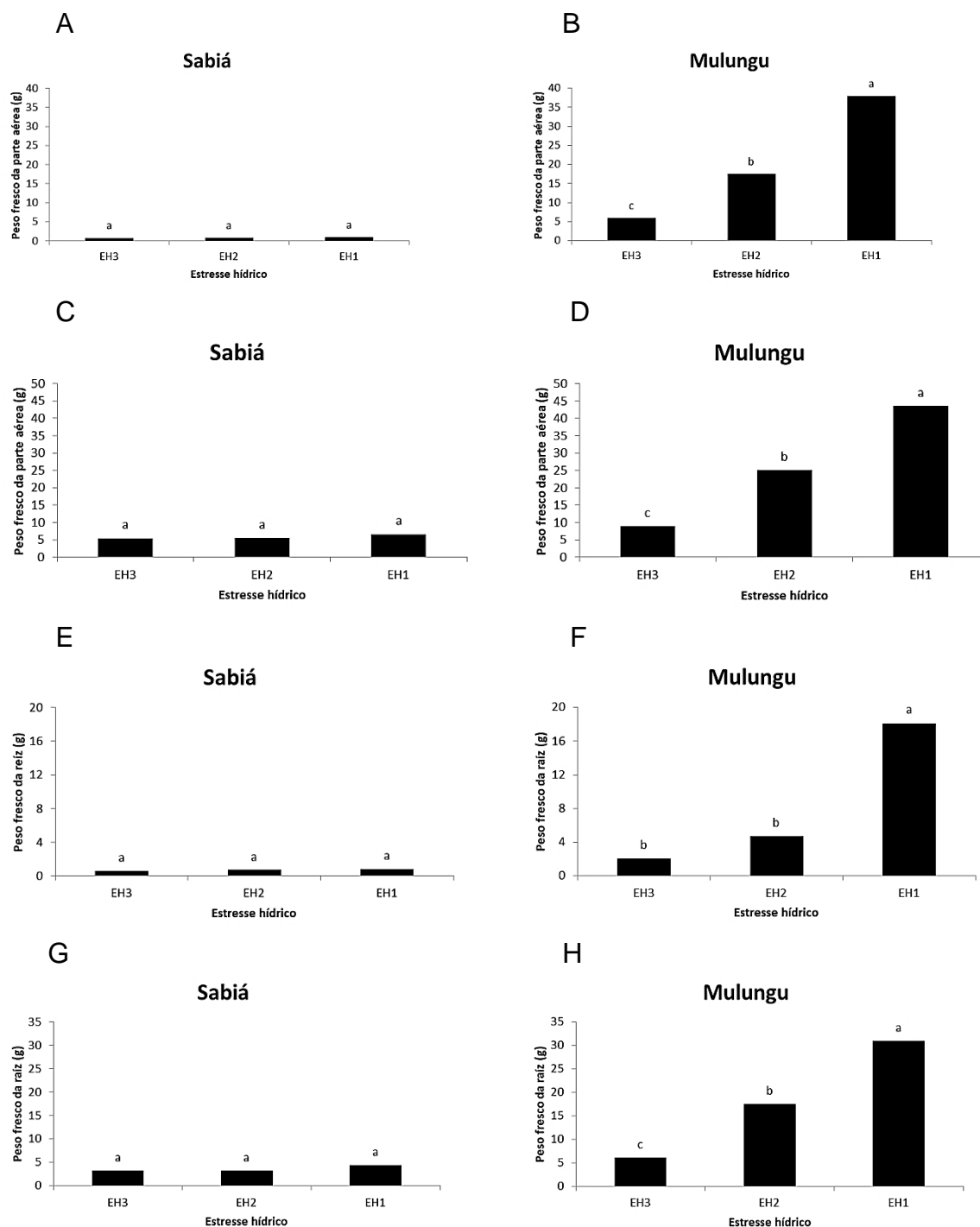
| Quadrado Médio¹ | | | | | |
|-----------------------------------|-----------|--------------|--------------|-------------|-------------|
| Fonte de variação | GL | PFPA1 | PFPA2 | PFR1 | PFR2 |
| Estresse hídrico (EH) | 2 | 8,63** | 8,93** | 4,22** | 8,86** |
| Espécies (E) | 1 | 66,99** | 44,93** | 15,83** | 37,74** |
| EH*E | 2 | 8,14** | 7,25** | 3,68** | 6,82** |
| Resíduo | | 0,21 | 0,89 | 0,41 | 0,19 |
| CV(%) | | 16,23 | 25,66 | 31,54 | 13,57 |

** : significativo ($P < 0,01$); C.V.: coeficiente de variação. PFPA (peso fresco da parte aérea-g); PFR (peso fresco da raiz-g). ¹ Transformação raiz quadrada $Y + 1,0 - \text{SQRT} (Y + 1,0)$.

Fonte: (LIGIER, 2022).

Na Figura 10, o maior valor médio para o PFPA do Sabiá foi aos 150 DAS com o tratamento sem estresse hídrico correlativo a 100% da NH (6,45 g), enquanto o PFR dessa espécie foi constatado no mesmo período de avaliação quando irrigado com 100% da NH (4,46 g). Para o Mulungu, o PFPA de maior valor médio foi aos 150 DAS com 100% da sua NH (43,45 g), enquanto o PFR aos 150 DAS nas mudas sem estresse hídrico correspondente a 100% da NH (31,02 g).

Figura 10 – Comparação das médias do peso fresco da parte aérea (PFPA) aos 90 (A e B) e 150 (C e D) DAS e do peso fresco da raiz (PFR) aos 90 (E e F) e 150 (G e H) DAS para as espécies florestais *Mimosa caesalpinifolia* Benth (Sabiá) e *Erythrina velutina* Willd (Mulungu).



Médias seguidas da mesma letra não diferem de acordo com o teste de Tukey, ao nível de 5% de significância, quando diferem, a é maior média e c é a menor média, nessa ordem.

Fonte: (LIGIER, 2022).

Não ocorreu diferença estatística entre as médias do PFPA do Sabiá avaliados aos 90 DAS (Figura 10A) e 150 DAS (Figura 10C) quando utilizados os níveis de estresse hídrico propostos nesse estudo, comportamento similar ocorreu quando feita a comparação das médias do PFR dessa espécie, assim a irrigação com o menor volume de água (40% da NH) proporcionará valores de PFPA e PFR semelhantes à irrigação correspondente ao maior volume (100% da NH), sendo possível recomendar esta quantidade de água para produção de fitomassa sem perdas consideráveis.

Porém, para o Mulungu a irrigação com 100% da NH dessa espécie proporcionou o maior valor médio de PFPA aos 90 DAS (Figura 10B) e aos 150 DAS (Figura 10D), quando comparada com as irrigações correlativas a 70% (EH2) e 40% (EH3) da NH. Desempenho semelhante foi analisado com o PFR dessa espécie, na qual, as plantas submetidas ao tratamento sem estresse hídrico foram superiores às demais, com incremento de 13,4 g para a irrigação com 100% em relação à de 70% da NH, em ambas as avaliações (90 e 150 DAS). Dessa forma, para os maiores valores de PFPA e PFR do Mulungu é aconselhável à irrigação com 100% da NH.

Rebouças *et al.* (2018) pesquisando sobre a utilização de água residuária de origem doméstica na irrigação de Sabiá, indicaram que, não houve efeito significativo para a variável massa fresca (MF) quando aplicadas cinco diluições de água residuária, resultado similar ao desse trabalho para o PFPA e PFR do Sabiá aplicando diferentes níveis de estresse hídrico.

Avaliando o crescimento inicial de mudas de eucalipto, Bernardino *et al.* (2019) constataram que quanto maior a quantidade de água aplicada, maior será a quantidade de fitomassa fresca produzida pelas plantas, o que foi averiguado na análise de FFPA e FFR para o Mulungu irrigado com 100% da NH.

Na Tabela 9, o peso seco da parte aérea (PSPA) e o peso seco da raiz (PSR) aos 90 e 150 DAS, em que todas as fontes de variação analisadas foram estatisticamente significativas ($p < 0,05$).

Tabela 9 – Resumo da análise de variância para o peso seco da parte aérea (PSPA) e peso seco da raiz (PSR) das mudas de *Mimosa caesalpinifolia* Benth (Sabiá) e *Erythrina velutina* Willd (Mulungu), avaliados aos 90 (1) e 150 (2) DAS submetidas a estresse hídrico.

| Quadrado Médio ¹ | | | | | |
|------------------------------|----|--------|--------|--------|--------|
| Fonte de variação | GL | PSPA1 | PSPA2 | PSR1 | PSR2 |
| Estresse hídrico (LI) | 2 | 1,83** | 2,19** | 1,45* | 3,19** |
| Espécies (E) | 1 | 8,04** | 4,63** | 4,76** | 9,25** |
| EH*E | 2 | 1,68** | 1,63** | 1,22* | 2,52** |
| Resíduo | | 0,04 | 0,25 | 0,20 | 0,09 |
| CV(%) | | 13,67 | 23,52 | 31,18 | 12,97 |

** : significativo ($P < 0,01$); * : significativo ($P < 0,05$); C.V.: coeficiente de variação. PSPA (peso seco da parte aérea-g); PSR (peso seco da raiz-g). ¹ Transformação raiz quadrada de $Y + 1,0 - \text{SQRT}(Y + 1,0)$.

Fonte: (LIGIER, 2022).

Para o PSPA do Mulungu sem restrição hídrica (EH1) resultaram em incremento médio de 5,03 g e 7,12 g em relação aos tratamentos EH2 e EH3, respectivamente, aos 90 DAS, enquanto na segunda avaliação (aos 150 DAS), esse incremento foi de 4,93 g e 8,71 g, na devida ordem, Figura 11.

Figura 11 – Comparação das médias do peso seco da parte aérea (PSPA) aos 90 (A e B) e 150 (C e D) DAS e do peso seco da raiz (PSR) aos 90 (E e F) e 150 (G e H) DAS para as espécies florestais *Mimosa caesalpinifolia* Benth (Sabiá) e *Erythrina velutina* Willd (Mulungu).

(continua)

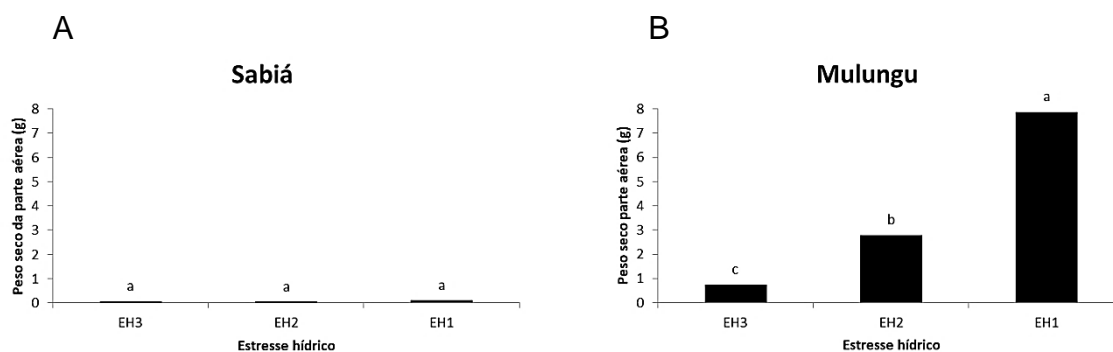
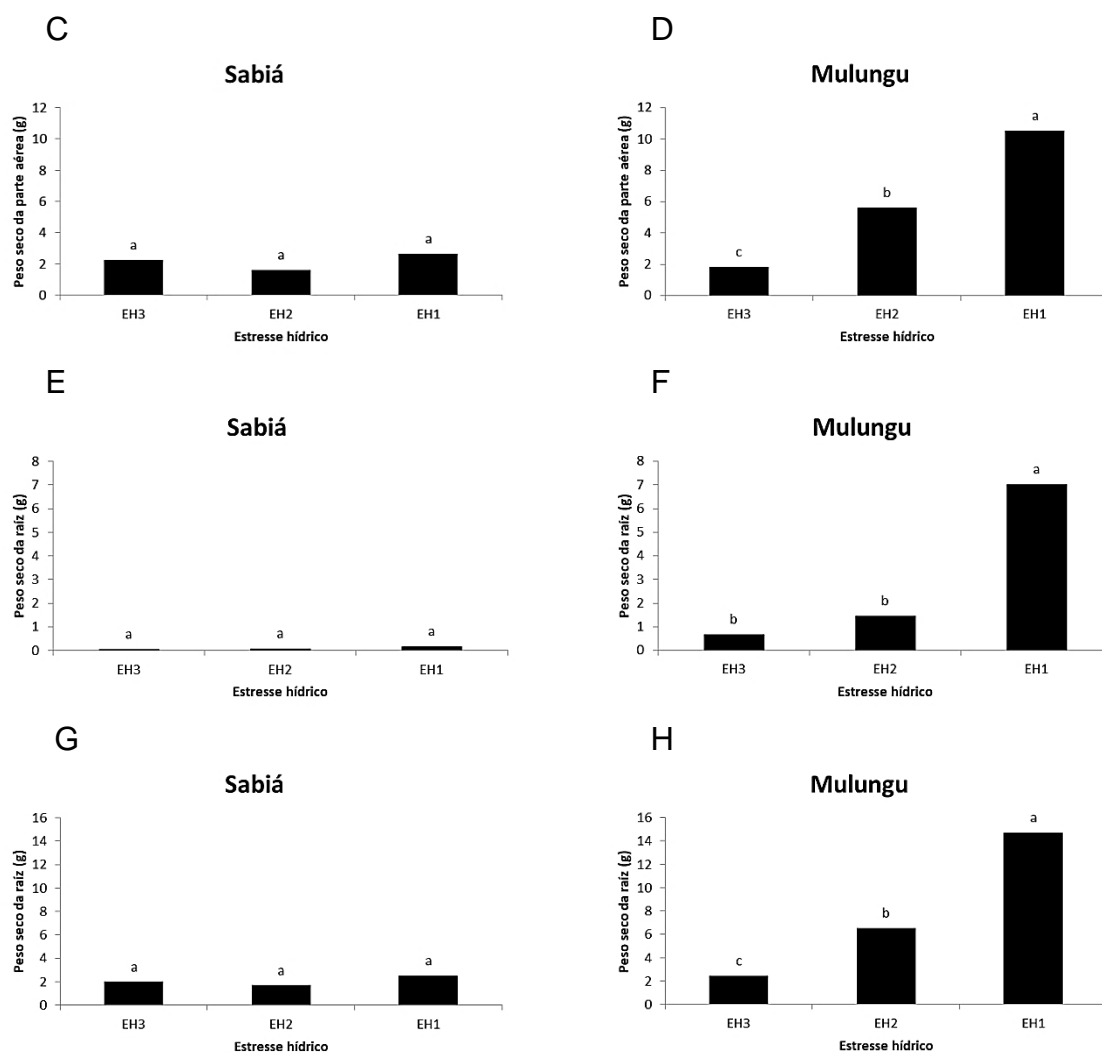


Figura 11 – Comparação das médias do peso seco da parte aérea (PSPA) aos 90 (A e B) e 150 (C e D) DAS e do peso seco da raiz (PSR) aos 90 (E e F) e 150 (G e H) DAS para as espécies florestais *Mimosa caesalpinifolia* Benth (Sabiá) e *Erythrina velutina* Willd (Mulungu).

(conclusão)



Médias seguidas da mesma letra não diferem de acordo com o teste de Tukey, ao nível de 5% de significância, quando diferem, a é maior média e c é a menor média, nessa ordem.

Fonte: (LIGIER, 2022).

O PSR do Mulungu aos 90 DAS (Figura 11F) teve melhor resultado quando não submetido ao estresse hídrico, correlativa a 100% da NH (7,03 g), enquanto aos 150 DAS (Figura 11H) foi elevado com o mesmo tratamento (14,72 g).

Ao avaliar a fitomassa seca da parte aérea e da raiz do Sabiá submetidas aos diferentes volumes de recipiente no cultivo das mudas, Melo *et al.* (2018) encontraram maior média de 1,18 g para PSPA e 0,75 g para o PSR aos 90 DAS,

resultado superior a maior média do PSPA (0,1 g) e PSR (0,17 g) das mudas de Sabiá desse trabalho, irrigadas com 100% da NH aos 90 DAS.

Estudando o desenvolvimento inicial de *Erythrina velutina* sob restrição hídrica, Oliveira *et al.* (2016) verificaram que, a massa seca da parte aérea e da raiz alcançaram a maior média de 28 g para PSPA e 2,2 g para o PSR das mudas sem estresse hídrico aos 98 DAS, dados superiores aos observados nessa pesquisa para o PSPA das mudas de Mulungu irrigadas com 100% da NH (7,9 g) e similar ao PSR das mudas de Mulungu irrigadas com 70% da NH (1,6 g) aos 90 DAS.

Reparou-se que a fitomassa fresca e seca, assim como o comprimento da raiz do Mulungu diminuíram com a redução da disponibilidade de água, o que segundo Araújo *et al.* (2016), é uma resposta fisiológica da planta, em outros termos, uma reação a algum tipo de estresse, como a deficiência hídrica, acarretando diminuição das atividades fotossintéticas e, conseqüentemente, de fotoassimilados, afetando no desenvolvimento da espécie. Mas, para o Sabiá não ocorreram reduções no CR e na fitomassa proveniente do estresse hídrico, pois os resultados foram idênticos em todos os níveis de estresse hídrico.

Efetuada a análise de variância, Tabela 10, aos 90 e 150 dias após a semeadura para o Índice de Qualidade de Dickson (IQD), notou-se significância estatística para a fonte de variação estresse hídrico (EH), espécie (E) e a interação entre estresse hídrico e espécie (EH*E) ao nível de 1% de significância.

Tabela 10 – Resumo da análise de variância para o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) das mudas de *Mimosa caesalpinifolia* Benth (Sabiá) e *Erythrina velutina* Willd (Mulungu), avaliados aos 90 (1) e 150 (2) DAS submetidas a estresse hídrico.

| Quadrado Médio ¹ | | | |
|-----------------------------|----|--------|---------|
| Fonte de variação | GL | DICK1 | DICK2 |
| Estresse hídrico (EH) | 2 | 0,29** | 2,32** |
| Espécies (E) | 1 | 1,96** | 12,97** |
| EH*E | 2 | 0,25** | 1,67** |
| Resíduo | | 0,01 | 0,05 |
| CV(%) | | 11,94 | 14,48 |

** : significativo ($P < 0,01$); C.V.: coeficiente de variação. IQD (Índice de Qualidade de Dickson); ¹ Transformação raiz quadrada de $Y + 0,5 - \text{SQRT}(Y + 0,5)$.

Fonte: (LIGIER, 2022).

Aos 90 DAS, nas plantas sem estresse hídrico, a irrigação com 100% da NH proporcionou os maiores resultados de IQD para o Sabiá de 0,05 (Figura 12A) e para o Mulungu de 1,99 (Figura 12B). Aos 150 DAS, as mudas de Sabiá submetidas ao estresse hídrico com redução de 60% de sua necessidade hídrica (NH) tiveram IQD superior ao da primeira avaliação (90 DAS) com incremento médio de 0,22, contudo, as maiores médias foram alcançadas quando as plantas não passaram por estresse hídrico (EH1), com valor de 0,55 (Figura 12C).

Figura 12 – Comparação das médias do Índice de Qualidade de Dickson (IQD) aos 90 (A e B) e 150 (C e D) DAS para as espécies florestais *Mimosa caesalpinifolia* Benth (Sabiá) e *Erythrina velutina* Willd (Mulungu).

(continua)

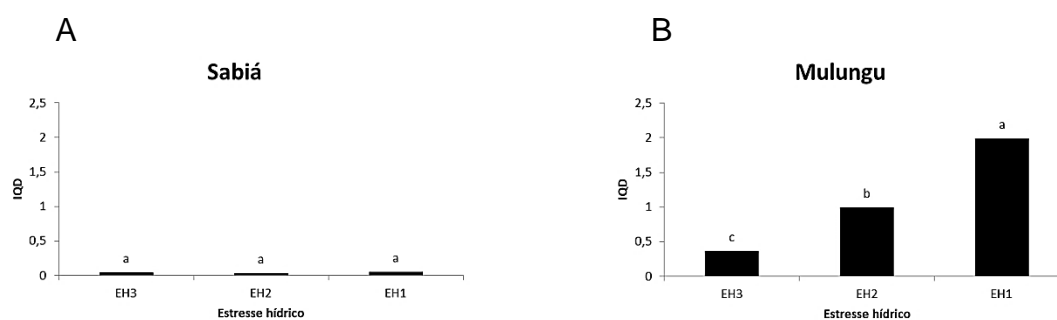
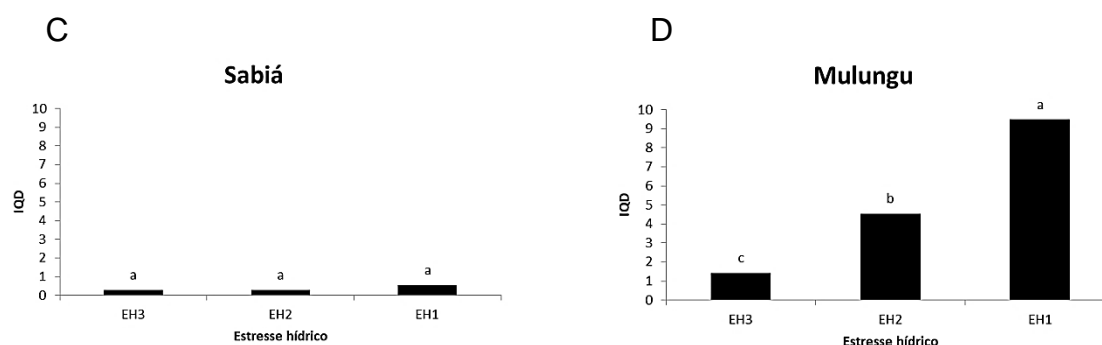


Figura 12 – Comparação das médias do Índice de Qualidade de Dickson (IQD) aos 90 (A e B) e 150 (C e D) DAS para as espécies florestais *Mimosa caesalpinifolia* Benth (Sabiá) e *Erythrina velutina* Willd (Mulungu).

(conclusão)



Médias seguidas da mesma letra não diferem de acordo com o teste de Tukey, ao nível de 5% de significância, quando diferem, a é maior média e c é a menor média, nessa ordem.

Fonte: (LIGIER, 2022).

Para o Mulungu, aos 150 DAS ao submeter à planta a diminuição hídrica em 30% da NH, irrigação com 70% da NH (EH2), resultou em incremento médio do IQD de 3,53, comparando com os 90 DAS, sendo observado melhores médias nos tratamentos EH1, sem estresse hídrico, valor de 9,48 (Figura 12D).

Com relação a qualidade das mudas de *Mimosa caesalpinifolia* (Sabiá), Melo *et al.* (2018) analisaram que, os IQD's obtidos dos 120 DAS oscilaram de 0,16 a 0,69, se aproximando aos dessa pesquisa para as mudas de Sabiá avaliada aos 150 DAS, cujos valores variaram de 0,27 a 0,55, quando submetidas aos diferentes níveis de estresse hídrico.

Estudando diferentes sombreamentos e substratos na produção de mudas de *Erythrina velutina* (Mulungu), Santos e Coelho (2013) identificaram o maior valor de IQD de 4,52 para o tratamento a pleno sol aos 80 DAS, resultado superior ao obtido nessa pesquisa aos 90 DAS para as mudas de Mulungu, sem estresse hídrico (1,99).

Nota-se um aumento no IQD do Mulungu com elevação do volume de irrigação, ou seja, a redução do estresse hídrico proporciona a quantidade de água necessária para seu desenvolvimento, o que pode ser explicado de acordo com Caldeira *et al.* (2013), porque esse índice engloba em seu cálculo o índice de robustez e a relação entre as fitomassa, dessa forma, as mudas que possuem maior fitomassa resultante do maior volume de irrigação terão uma melhor qualidade.

Semelhante a fitomassa seca e fresca percebeu-se que, o Sabiá não apresentou resultados inferiores de IQD quando as mudas passaram pelo estresse hídrico.

5.4 ANÁLISE DO CONSUMO HÍDRICO E EFICIÊNCIA DE USO DA ÁGUA

Na Tabela 11, foi analisado o parâmetro referente ao consumo hídrico das mudas (CH) sendo percebido que, houve significância estatística para todas as fontes de variação analisadas aos 90 e 150 DAS ao nível de 1% de significância. Porém, averiguou-se que a eficiência de uso da água (EUA) apresentou significância estatística para a fonte de variação espécie (E) aos 90 e 150 DAS e para a interação entre estresse hídrico e espécie (EH*E) aos 150 DAS ($p < 0,01$).

Tabela 11 – Resumo da análise de variância para o consumo hídrico (CH) e eficiência de uso da água (EUA) das mudas de *Mimosa caesalpinifolia* Benth (Sabiá) e *Erythrina velutina* Willd (Mulungu), avaliados aos 90 (1) e 150 (2) DAS submetidas a estresse hídrico.

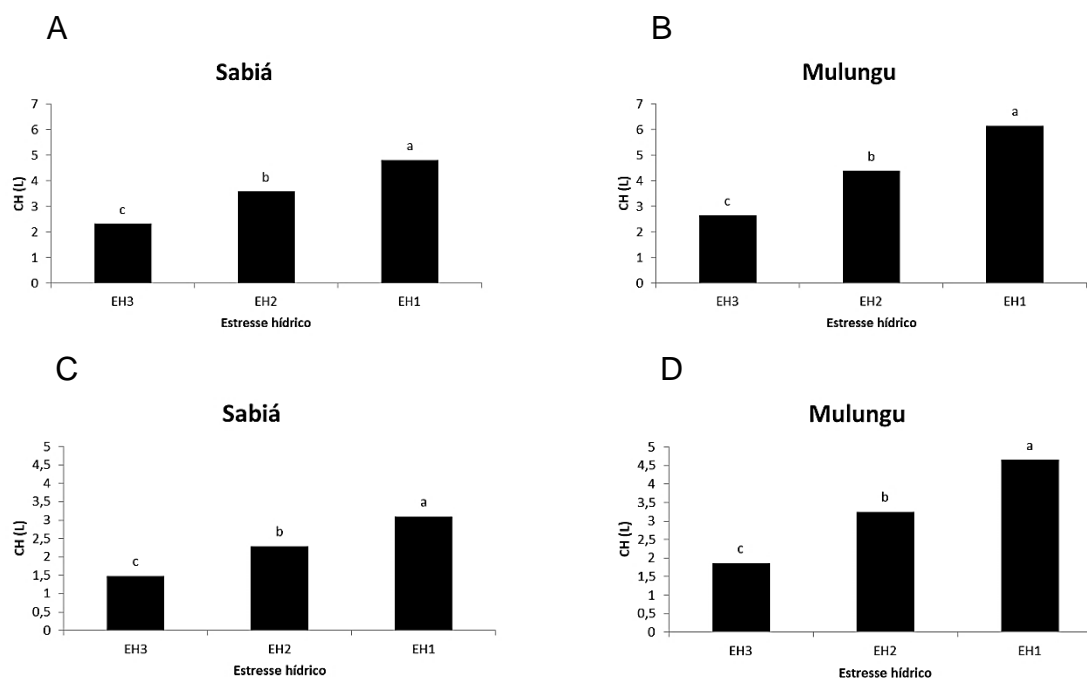
| Quadrado Médio | | | | | |
|------------------------------|----|---------|--------|--------------------|--------------------|
| Fonte de variação | GL | CH1 | CH2 | EUA1 ¹ | EUA2 ¹ |
| Estresse hídrico (EH) | 2 | 10,95** | 9,72** | 0,02 ^{ns} | 0,16 ^{ns} |
| Espécies (E) | 1 | 0,46** | 5,59** | 0,52** | 1,51** |
| EH*E | 2 | 1,40** | 0,68** | 0,05 ^{ns} | 0,53** |
| Resíduo | | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,08 |
| CV(%) | | 0,00 | 0,00 | 10,24 | 14,85 |

** : significativo ($P < 0,01$); C.V.: coeficiente de variação. CH (consumo hídrico-L); EUA (eficiência de uso da água-g/L); ¹ Transformação raiz quadrada $Y + 1,0 - \text{SQRT} (Y + 1,0)$.

Fonte: (LIGIER, 2022).

Aos 90 DAS o consumo hídrico das mudas de Sabiá variou de 2,33 L a 4,81 L (Figura 13A), enquanto Mulungu teve variação de 2,66 L a 6,19 L (Figura 13B). O maior CH para o Sabiá e o Mulungu aos 150 DAS foi de 3,1 L e 4,65 L, respectivamente, percebe-se um aumento no CH do Sabiá e uma redução no CH do Mulungu no intervalo das avaliações efetuadas.

Figura 13 – Comparação das médias do consumo hídrico (CH) aos 90 (A e B) e 150 (C e D) DAS para as espécies florestais *Mimosa caesalpinifolia* Benth (Sabiá) e *Erythrina velutina* Willd (Mulungu).



Médias seguidas da mesma letra não diferem de acordo com o teste de Tukey, ao nível de 5% de significância, quando diferem, a é maior média e c é a menor média, nessa ordem.

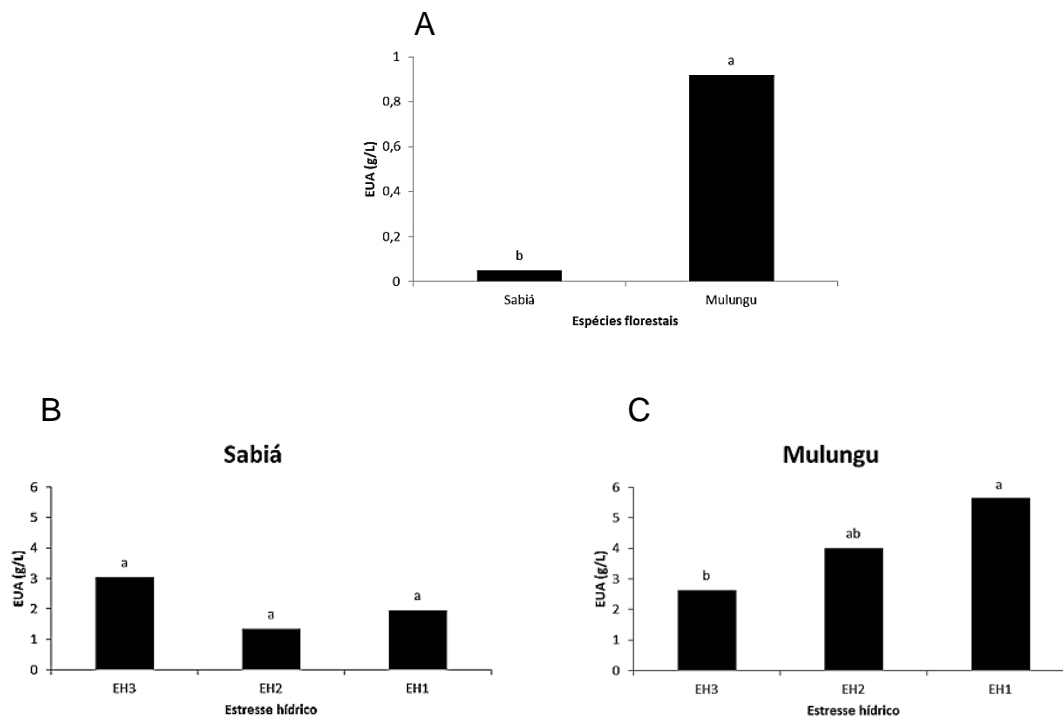
Fonte: (LIGIER, 2022).

Bernardino *et al.* (2019), pesquisando o crescimento inicial de mudas de eucalipto, afirmaram que a disponibilidade de água para o desenvolvimento de plantas é um fator fundamental e determinante, sendo que a escassez ou excesso afetam o crescimento das mudas, similar ao observado nessa pesquisa.

Analisando a eficiência de uso da água (EUA) foi possível notar que, aos 90 DAS à espécie Mulungu obteve resultados superiores ao do Sabiá em 0,87 g/L (Figura 14A) o que pode estar relacionado com as características de cada planta. Aos 150 DAS, os diferentes níveis de estresse hídrico não resultaram em diferença estatística para as médias de EUA do Sabiá, com o maior valor para o estresse hídrico correspondente a 40% na NH (EH3) de 3,04 g/L (Figura 14B).

No entanto, para o Mulungu a irrigação com 100% da NH (EH1) proporcionou EUA de 5,66 g/L, estatisticamente superior a irrigação com 40% (EH3) da NH de 2,63 g/L (Figura 14C), ao aplicar estresse hídrico para esta espécie há uma diminuição em sua eficiência de uso da água, provocando uma sensibilidade hídrica nesta fase de desenvolvimento.

Figura 14 – Comparação das médias da eficiência de uso da água (EUA) aos 90 (A) e 150 (B e C) DAS para as espécies florestais *Mimosa caesalpinifolia* Benth (Sabiá) e *Erythrina velutina* Willd (Mulungu).



Médias seguidas da mesma letra não diferem de acordo com o teste de Tukey, ao nível de 5% de significância, quando diferem, a é maior média e c é a menor média, nessa ordem.

Fonte: (LIGIER, 2022).

O estresse hídrico referente à irrigação com o menor volume de irrigação (40% da NH) propiciou o maior valor médio de EUA para o Sabiá, esse comportamento pode ser explicado como uma estratégia de sobrevivência em relação ao estresse hídrico na qual a espécie florestal, se tornando mais eficiente. Conforme Felipe *et al.* (2016), pode-se afirmar que nesta fase de desenvolvimento as mudas de Sabiá possuem uma menor sensibilidade ao estresse hídrico.

Figueiredo *et al.* (2019), estudando as respostas fisiológicas de Mulungu submetido ao estresse salino e aplicação de ácido salicílico, ao condicionarem as mudas em diferentes condutividades elétricas da água de irrigação alcançaram uma EUA que oscilava de 1,0 a 3,0 g/L, inferior ao dessa pesquisa para o Mulungu, cuja a EUA variou de 2,6 a 5,7 g/L aos 150 DAS.

A importância do estudo da EUA pode ser explicada por Araújo *et al.* (2021), que ao analisarem a eficiência de uso de água de *Erythrina velutina*

(Mulungu) sob diferentes condições de água, afirmam que as mudas com alta EUA apresentam uma alta resiliência, conferindo maior eficiência na conversão de água em matéria seca, o que pode garantir a manutenção desta espécie no ambiente por mais tempo, quando não estão sob estresse hídrico na fase de produção de mudas, como exposto nesta pesquisa.

Vale salientar que, são necessários mais estudos para o conhecimento da irrigação em espécies florestais da Caatinga, principalmente devido à escassez do recurso hídrico nesse bioma e da quantidade de informações no âmbito acadêmico.

6 CONCLUSÃO

Na época de semeadura recomenda-se aplicar a irrigação com 40% da NH, desde a semeadura até 15 dias após a semeadura (DAS);

Na fase de crescimento, produção de fitomassa e qualidade das mudas, para a espécie da Caatinga *Mimosa caesalpinifolia* aconselha-se a irrigação com 40% da NH visando à economia hídrica na irrigação do Sabiá;

Para a espécie *Erythrina velutina* recomenda-se aplicar a irrigação com 100% da NH para obter mudas de Mulungu com maior vigor em menor período;

Para o Sabiá o EUA foi de 3,04 g/L para EH3 (irrigação com 40% da NH) com consumo hídrico de 1,5 litros durante os 150 DAS, sendo esse volume de irrigação recomendado para a produção de mudas.

O Mulungu obteve EUA superior com a aplicação de 100% da NH (5,66 g/L), com consumo hídrico (CH) de 4,65 L, indicando a irrigação com 100% da NH para uma maior eficiência de uso da água, pelos benefícios que esse volume de água promove nos parâmetros de crescimento e acúmulo de fitomassa.

Na fase crescimento observou-se que a espécie Mulungu tem sensibilidade hídrica, não sendo indicada a diminuição da irrigação nesta fase, enquanto não afetou a formação de mudas da espécie Sabiá ao diminuir a quantidade de água disponível, além de potencializar a eficiência de uso da água ao reduzir a quantidade de água em 60% de sua necessidade hídrica, recomendando aplicar 40% da NH, nas condições desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, O. J. G.; PAOLI, A. A. S.; SOUZA, A. L.; COTA-SÁNCHEZ, J. H. Seedling morphology and development in the epiphytic cactus *Epiphyllum phyllanthus* (L.) Haw. (Cactaceae: Hylocereeae). **The Journal of the Torrey Botanical Society**, v. 140, n. 2, p. 196-214, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/255746196_Seedling_morphology_and_development_in_the_epiphytic_cactus_Epiphyllum_phyllanthus_L_Haw_Cactaceae_Hylocereeae_1 Acesso em: 9 de set. de 2021.

ÁLVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Gerd Sparovek. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Gebruder Borntraeger, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014. Disponível em: http://www.lerf.eco.br/img/publicacoes/Alvares_et_al_2014.pdf Acesso em: 26 de ago. de 2021.

ÁLVAREZ, I. A.; OLIVEIRA, A. R. **Manejo da Caatinga é essencial ao desenvolvimento do Semiárido**. Portal Dia de Campo. Artigos especiais, 2013. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/948634/1/Anderson20131.pdf> Acesso em: 30 de jul. de 2021.

ALVES, J. J. A. Geoeologia da caatinga no semi-árido do nordeste brasileiro. **Climatologia e Estudo da Paisagem**, Rio Claro, v. 2, n. 1, p. 58-71, 2007. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/climatologia/article/view/266> Acesso em: 7 de set. de 2021.

ANDRADE, F. R.; PETTER, F. A.; MARIMON-JUNIOR, B. H.; GONÇALVES, L. G. V.; SCHOSSLER, T. R.; NÓBREGA, J. C. A. Formulação de substratos alternativos na formação inicial de mudas de Ingazeiro. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 14, n. 4, p. 234-239, 2015. Disponível em: <http://e-revista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/9769/9137> Acesso em: 30 de jul. de 2021.

ANDRADE, L. O.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; DIAS, N. S.; NASCIMENTO, E. C. S. Qualidade de flores de girassóis ornamentais irrigados com águas residuária e de abastecimento. **Idesia**, Chile, v. 30, n. 2, p. 19-27, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.cl/pdf/idesia/v30n2/art03.pdf> Acesso em: 27 de ago. de 2021.

ARAUJO, E. B. G.; SÁ, F. V. S.; OLIVEIRA, F. A.; SOUTO, L.; PAIVA, E. P.; SILVA, M. N. K.; MESQUITA, E. F.; BRITO, M. E. B. Crescimento inicial e tolerância de cultivares de meloeiro à salinidade da água. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 11, n. 2, p. 462-471, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/Kqsb4K36jBBzc8BJbYjBhFm/?lang=pt&format=pdf> Acesso em: 28 de jun. de 2022.

ARAÚJO FILHO, J. A. **Manejo pastoril sustentável da caatinga**. 1 ed. Recife: Projeto Dom Helder Camara, 2013.

ARAÚJO, Y. P.; SOUZA, L. S. B.; SILVA, T. G. F.; MOURA, M. S. B. Water and radiation use efficiencies by *Erythrina velutina* and *Enterolobium contortisiliquum* under different water conditions. **Floresta e Ambiente**, v. 28, n. 1, p. 1-9, 2021.

Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/floram/a/dSP4RNZ3wrHTNFgTGpfhv9y/?format=pdf&lang=en>

Acesso em: 4 de jul. de 2022.

AZERÊDO, G. A. D.; PAULA, R. C. D.; VALERI, S. V. Germinação de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. sob estresse hídrico. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 193-202, 2016. Disponível em:

<https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/21112/pdf> Acesso em: 4 de jun. de 2022.

BARBOSA, A. P.; CAMPOS, M. A. A.; SAMPAIO, P. T. B.; NAKAMURA, S.; GONÇALVES, C.Q.B. O crescimento de duas espécies florestais pioneiras, pau-de-balsa (*Ochroma lagopus* Sw.) e caroba (*Jacaranda copaia* D. Don), usadas para recuperação de áreas degradadas pela agricultura na Amazônia central, Brasil. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 33, n. 3, p. 477-482, 2003. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/aa/a/Sf6MLPCWQDrWZmQQ5fwhVcR/?format=pdf&lang=pt>

Acesso em: 9 de set. de 2021.

BARBOSA, J. R. L.; RIGON, F.; CONTE, A. M.; SATO, A. Caracterização de atributos físicos de substratos para fins de produção de mudas. **Revista Cultivando o Saber**, Cascavel, v.11, n. 1, p. 12-23, 2018. Disponível em:

<https://cultivandosaber.fag.edu.br/index.php/cultivando/article/view/845/772> Acesso em: 30 de jul. de 2021.

BARBOSA, M. L.; COTA, D. L. S.; FIGUEIREDO, L. H. A.; FOGAÇA, C. A. Qualidade de mudas de *Handroanthus impetiginosus* (Mart.ex DC.) Mattos produzidas em diferentes substratos e condições de irrigação. **Revista Intercambio**, Montes Claros, v. 15, n. 1, p. 59-71, 2019. Disponível em:

<http://www.intercambio.unimontes.br/index.php/intercambio/article/view/558/434>

Acesso em: 30 de jul. de 2021.

BARBOSA, T. R. L.; SILVA, M. P. S.; BARROSO, D. G. **Plantio do sabiazeiro em pequenas e médias propriedades**. Manual Técnico 02, Niterói. Programa Rio Rural, 14 p, 2008.

BERNARDINO, L. T.; BONOMO, R.; SOUSA, J. M. Desenvolvimento inicial de mudas de eucalipto sob diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 13, n. 1, p. 3169-3179, 2019. Disponível em:

https://inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/viewFile/833/pdf_528 Acesso em: 21 de jun. de 2022.

BEZERRA, J. M.; MOURA, G. B. A.; SILVA, B. B.; LOPES, P. M. O.; SILVA, E. F. F. Parâmetros biofísicos obtidos por sensoriamento remoto em região semiárida do estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 1, p. 73-84, 2014. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/pXM5sLCFwj499NHC5WV4VQJ/?lang=pt#> Acesso em: 30 de jul. de 2021.

CALDEIRA, M. V. W.; DELARMELINA, W. M.; FARIA, J. C. T.; JUVANHOL, R. S. Substratos alternativos na produção de mudas de *Chamaecrista desvauxii*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 1, p.31-39, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/Ghc5JWBQ77ZwfZhtNcyPjZS/?lang=pt> Acesso em: 30 de jul. de 2021.

CARVALHO, P. E. R. **Mulungu *Erythrina velutina***. Circular Técnica 160, Colombo, 8 p, 2008. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/315643/1/circtec160.pdf> Acesso em: 19 de ago. de 2022.

CARVALHO, P. E. R. **Sabiá *Mimosa caesalpinifolia***. Circular Técnica 135, Colombo, 10 p, 2007. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/304676/1/Circular135.pdf> Acesso em: 19 de ago. de 2022.

CHRISTOFIDIS, D. Água, irrigação e agropecuária sustentável. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 115-127, 2013. Disponível em: <https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/286/247> Acesso em: 15 de set. de 2021.

CORREIA, A. C. G.; SANTANA, R. C.; OLIVEIRA, M. L. R.; TITON, M.; ATAÍDE, G. M.; LEITE, F. P. Volume de substrato e idade: influência no desempenho de mudas clonais de eucalipto após replantio. **Cerne**, Lavras, v. 19, n. 2, p. 185-191, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cerne/a/JyNCYY79f8tJQ3CQCgYgcxJ/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 10 de set. de 2021.

DELGADO, L. G. M. **Influência do ângulo foliar na qualidade de mudas nativas cultivadas sob diferentes manejos hídricos**. 2018. 86 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal), Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Botucatu, 2018. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/180685/delgado_lgm_dr_botfca.pdf?sequence=4&isAllowed=y Acesso em: 30 de jul. de 2021.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries; **The Forestry Chronicle**, New York, v. 36. n. 1, p. 10-13, 1960. Disponível em: <https://pubs.cif-afc.org/doi/pdf/10.5558/tfc36010-1> Acesso em: 27 de ago. de 2021.

ELOY, E.; CARON, B. O.; SCHMIDT, D.; BEHLING, A.; SCHWERS, L. ELLI, E. F. Avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* utilizando parâmetros morfológicos. **Floresta**, Curitiba, v. 43, n. 3, p. 373-384, 2013. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/26809/21095> Acesso em: 10 de set. de 2021.

FELIPPE, D.; NAVROSKI, M.C.; SAMPIETRO, J.A.; FRIGOTTO, T.; ALBUQUERQUE, J.A.; MOTA, C.S.; PEREIRA, M.O. Efeito do hidrogel no crescimento de mudas de *Eucalyptus benthamii* submetidas a diferentes frequências de irrigação. **Floresta**, Curitiba, v. 46, n. 2, p. 215-225, 2016. Disponível em:

<https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/43920/28540> Acesso em: 3 de jul. de 2022.

FERNANDES, M. M.; FERNANDES, M. R. M.; SOUSA, F. L. Produção de mudas de três espécies arbóreas para recuperação de áreas em processo de desertificação. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, Garça, v. 25, n. 1, 2015. Disponível em: http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/2SzVKbh7PrkicRa_2015-7-20-20-6-34.pdf Acesso em: 9 de set. de 2021.

FERNANDES, M. F.; QUEIROZ, L. P. Vegetação e flora da Caatinga. **Ciência e Cultura**, v. 70, n. 4, p. 51–56, 2018. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252018000400014 Acesso em: 18 de ago. de 2022.

FERRAZ, J. S. F.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A. MEUNIER, I. M. J.; SANTOS, M. V. F. Estrutura do componente arbustivo-arbóreo da vegetação em duas áreas de caatinga, no município de Floresta, Pernambuco. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 6, p. 1055-1064, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/KkLk68Qx5x4gBj3krX4QjnJ/?lang=pt> Acesso em: 9 de set. de 2021.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um sistema de análise de computador para efeitos fixos projetos de tipo de partida dividida. **Revista Brasileira de Biometria**, Lavras, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019. Disponível em: <https://biometria.ufla.br/index.php/BBJ/article/view/450/251> Acesso em: 26 de ago. de 2021.

FERREIRA, M. B.; SOUSA, G. G.; AZEVEDO, S. R. V.; ROCHA, I. C. A.; JUNIOR, M. P. D.; DE MEDEIROS, J. R.; CARMO, F. C. D. A. Avaliação ergonômica em atividades de viveiro florestal no município de Patos–Paraíba. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 10, p. 20261-20279. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/3898/3947> Acesso em: 26 de ago. de 2021.

FIGUEIREDO, F. R. A.; LOPES, M. F.K; SILVA, R. T.; NÓBREGA, J. S.; SILVA, T. I.; BRUNO, R. L. A. Respostas fisiológicas de mulungu submetida a estresse salino e aplicação de ácido salicílico. **Irriga**, Botucatu, v. 24, n. 3, p. 662-675, 2019. Disponível em: <https://actaarborea.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/3742/2564> Acesso em: 4 de jul. de 2022.

FLORENCIO, A. C. **Uso de substratos orgânico-minerais na produção de mudas de mofumbo (*Combretum leprosum* mart.)**. 2020. 26f. Monografia (Bacharelado em Agronomia), Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2020. Disponível em: https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/6413/1/AmandaCF_MONO.pdf Acesso em: 9 de set. de 2021.

FONSECA, E. P.; VALERI, S. V.; MIGLIORANZA, E.; FONSECA, N. A. N.; COUTO, L. Padrão de Qualidade de mudas de *Trema micranta* (L.) Blume., produzidas

sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 515-523, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/BNYqFjJTqcyx3cpjPfXPQgL/?lang=pt> Acesso em: 10 de set. de 2021.

FREIRE, N. C. F.; MOURA, D. C.; SILVA, J. B.; PACHECO, A. P. Mapeamento e análise espectro-temporal das unidades de conservação de proteção integral da administração federal no bioma caatinga. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 5, p. 24773-24781, 2020. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/9598/8071> Acesso em: 30 de jul. de 2021.

GOMES, E. P.; AVILA, M. R.; RICKLI, M. E.; PETRI, F.; FEDRI, G. Desenvolvimento e produtividade do girassol sob lâminas de irrigação em semeadura direta na região do Arenito Caiua, Estado do Paraná. **Irriga**, Botucatu, v.15, n. 4, p. 373-385, 2010. Disponível em: <https://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/131/78> Acesso em: 30 de jul. de 2021.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. 1 ed. Viçosa: Editora UFV, 2012.

GOMES, P. F. **Curso de Estatística Experimental**. 14 ed. Piracicaba: Degaspari. 2000.

GONÇALVES, M. D. P. M.; FELICIANO, A. L. P.; PAULA SILVA, A.; DA SILVA, L. B.; SILVA, K. M.; SILVA JÚNIOR, F. S.; SILVA, M. I. O. Influência de diferentes tipos de solos da Caatinga na germinação de espécies nativas. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 1, p. 1216-1226, 2020. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/5994/5343> Acesso em: 4 de jun. de 2022.

GUIMARÃES, I. P.; OLIVEIRA, F. N.; VIEIRA, F. E. R.; TORRES, S. B. Efeito da salinidade da água de irrigação na emergência e crescimento inicial de plântulas de mulungu. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 8, n. 1, p. 137-142, 2013. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/1190/119025752007.pdf> Acesso em: 11 de jun. de 2022.

HERCULANO, E. V. A.; SILVA, V. F.; RIBEIRO, I. R.; MARTINS, W. A.; FARIAS JÚNIOR, J. A.; SANTOS, V. M.; MENDONÇA, L. F. M. Influencia hídrica na germinação de sementes da espécie florestal *Mimosa Caesalpiniiifolia* Benth. **Research Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 10, n. 8, e 37310817431, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/17431/15588> Acesso em: 27 de ago. de 2021.

HERCULANO, E. V. A.; SILVA, V. F.; RIBEIRO, I. R.; MARTINS, W. A.; FARIAS JÚNIOR, J. A. Crescimento de mudas de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth submetida a diferentes níveis de irrigação. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 02, p. 913-925, 2022. Disponível em:

<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/251945/40873> Acesso em: 11 de jun. de 2022.

JACINTO, J. T. D.; BENETT, K. S. S.; BENETT, C. G. S. Influência do substrato e do teor de água sobre a germinação de sementes de soja. **Journal of neotropical agriculture**, Cassilândia, v. 1, n. 1, p. 97-102, 2014. Disponível em: <https://periodicosonline.uems.br/index.php/agrineo/article/view/219> Acesso em: 4 de jun. de 2022.

JIMÉNEZ-ALFARO B.; SILVEIRA F.A.; FIDELIS A.; POSCHLOD P.; COMMANDER L. E. Seed germination traits can contribute better to plant community ecology. **Journal of Vegetation Science**, v. 27, n. 1, p. 637-645, 2016. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/jvs.12375> Acesso em: 4 de jun. de 2022.

FARIAS JÚNIOR, J. A.; CUNHA, M. C. L.; FARIAS, S. G.; JÚNIOR, J. C. M. Crescimento inicial de mudas de turco sob diferentes tipos de recipientes e níveis de luminosidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 2, n. 3, p. 228-232, 2009. Disponível em: <http://www.agraria.pro.br/ojs-2.4.6/index.php?journal=agraria&page=article&op=view&path%5B%5D=290&path%5B%5D=547> Acesso em: 9 de set. de 2021.

KAMPF, A. N. Materiais regionais como alternativa ao substrato. *In*: ENCONTRONACIONAL SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS - Materiais Regionais como substrato, 6., 2018, Fortaleza. **Anais eletrônicos...**, Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2018. Disponível em: http://www.cnpat.embrapa.br/viensub/Trab_PDF/sub_2.pdf Acesso em: 25 de ago. de 2021.

KLAR, A. E.; PUTTI, F. F.; GABRIEL FILHO, L. R. A.; SILVA JÚNIOR, J. F.; CREMASCO, C. P. The effects of different irrigation depths on radish crops. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, p. 150-159, 2015. Disponível em: <https://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/2045/1269> Acesso em: 30 de jul. de 2021.

LABOURIAU, L. G.; VALADARES, M. G. On the germination of seeds of *Calotropis procera*. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 1, p. 174-186, 1976. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/v4qqQWX64T4v4QRz5zGknRn/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 27 de ago. de 2021.

LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. **Ecologia e conservação da caatinga**. 1 ed. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2003.

LIMA FILHO, P.; LELES, P. S. D. S.; ABREU, A. H. M. D.; SILVA, E. V. D.; FONSECA, A. C. D. Produção de mudas de *Ceiba speciosa* em diferentes volumes de tubetes utilizando o biossólido como substrato. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 29, n. 1, p. 27-39, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/19340/pdf> Acesso em: 30 de jul. de 2021.

LIMA, G. S. **Deficiência hídrica em plantas de pimentão (*Capsicum annun L*) fertirrigadas e seus efeitos sobre a produção de massa e parâmetros bioquímicos**. 2013. 72 f. Dissertação (Programa de pós-graduação em Agronomia). Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP, Botucatu, 2013. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/93850> Acesso em: 27 de ago. de 2021.

LUDWIG, L.; FERNANDES, D. M.; SANCHES, L. V. C.; VILLAS BOAS, R. L. Caracterização física de substratos formulados a partir de casca de pínus e terra vermelha. *In*: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS - Materiais Regionais como substrato, 6., 2008, Fortaleza. **Anais eletrônicos...**, Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2008. Disponível em: http://www.cnpat.embrapa.br/viensub/Trab_PDF/sub_2.pdf Acesso em: 25 de ago. de 2021.

MAGUIRE, J. D. Speed germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Scienc**, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.

Disponível em:

<https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2135/cropsci1962.0011183X00020020033x> Acesso em: 27 de ago. de 2021.

MAIA, J. M.; SOUSA, V. F. O.; LIRA, E. H. A.; LUCENA, A. M. A. Motivações socioeconômicas para a conservação e exploração sustentável do bioma Caatinga. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 41, n. 1, p. 295-310, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/319414057_Motivacoes_socioeconomicas_para_a_conservacao_e_exploracao_sustentavel_do_bioma_Caatinga Acesso em: 15 de set. de 2021.

MARTINS C. C.; PEREIRA M. R. R.; LOPES M. T. G. Germinação de sementes de eucalipto sob estresse hídrico e salino. **Bioscience Journal**, Uberlândia v. 30, n. 1, p. 318-329, 2014. Disponível em:

<https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/18058/14543> Acesso em: 4 de jun. de 2022.

MARTINS, S. V. **Recuperação de áreas degradadas**: ações em áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração. 4 ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2016.

MELO, A. S. T. Desertificação: Etimologia, Conceitos, Causas e Indicadores. **Revista da UNIPÊ**, João Pessoa, v. 2, n. 2, p. 21-35, 1998.

MELO, L. A.; ABREU, A. H. M.; LELES, P. S. S.; OLIVEIRA, R. R.; SILVA, T. D. Qualidade e crescimento inicial de mudas de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. produzidas em diferentes volumes de recipientes. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 1, p. 47-55, 2018. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/cflo/a/4g7GCLJhp3Zwffg44vJrSyQ/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 28 de jun. de 2022.

MESQUITA, E. F.; SÁ, F. V. S.; SUASSUNA, C. F.; SOUZA, F. M.; ANDRADE, L. R.; SANTOS, G. J. F. Fitomassa e eficiência do uso da água da mamoneira BRS Gabriela irrigada sob adubação orgânica. **Revista Brasileira de Agricultura**

Irrigada, Fortaleza, v. 11, n. 3, p. 1458-1467, 2017. Disponível em: <file:///C:/Users/user/Downloads/585-3309-1-PB.pdf> Acesso em: 27 de ago. de 2021.

MOLL-ROCEK, J.; GILBERT, M. E.; BROADBENT, E. N. Noz do Brasil (*Bertholletia excelsa*, Lecythidaceae) regeneração em clareiras madeireiras na Amazônia peruana. **International Journal of Forestry Research**, v. 1, n. 1, p. 1-8, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/270669520_Brazil_Nut_Bertholletia_excelsa_Lecythidaceae_Regeneration_in_Logging_Gaps_in_the_Peruvian_Amazon Acesso em: 10 de set. de 2021.

MORAIS, N. B.; BEZERRA, F. M. L.; MEDEIROS, J. F.; CHAVES, S. W. P. Resposta de plantas de melancia cultivadas sob diferentes níveis de água e de nitrogênio. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 3, p. 369-377, 2008. Disponível em: <http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/74/69> Acesso em: 15 de set. de 2021.

NASCIMENTO, R. S.; BRITO, J. I. B. Modelo de vegetação potencial para a região nordeste decorrente da precipitação pluvial. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 3, p. 511-519, 2007. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/908/90866319.pdf> Acesso em: 7 de set. de 2021.

OLIVEIRA, M. K. T.; DOMBROSKI, J. L. D.; MEDEIROS, R. C. A.; MEDEIROS, A. S. Desenvolvimento inicial de *Erythrina velutina* sob restrição hídrica. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 36, n. 88, p. 481-488, 2016. Disponível em: <https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/1261/541> Acesso em: 19 de jun. de 2022.

PINHEIRO, J. I.; OLIVEIRA, L. D.; DE SOUSA, A. M.; GARCIA, K. G. V.; LIMA, L. A. Mudanças de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth (Leguminosae: Mimosoideae) cultivadas em substratos orgânicos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 13, n. 2, p. 265-269, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/327638639_Mudas_de_Mimosa_caesalpiniaefolia_Benth_Leguminosae_Mimosoideae_cultivadas_em_substratos_organicos Acesso em: 11 de jun. de 2022.

PINTO, S. I. C.; NETO, A. E. F.; NEVES, J. C. L.; FAQUIN, V.; MORETTI, B. S. Eficiência nutricional de clones de eucalipto na fase de mudas cultivados em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 523-533, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/KYXhPHfjRjNhws6zYzs9gSv/?format=html&lang=pt> Acesso em: 19 de jun. de 2022.

QUEIROZ, M. A. Recursos genéticos vegetais da caatinga para o desenvolvimento do Semiárido Brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Juazeiro, v. 4, n. 6, p. 1135-1150, 2011. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/232770/26772> Acesso em: 7 de set. de 2021.

QUINTANA, N. R. G.; CARMO, M. S.; MELO, W. J. Valor agregado ao lodo de esgoto. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 24, n. 1, p. 121-129, 2009. Disponível em: <https://irriga.fca.unesp.br/Download>. Acesso em: 30 de jul. de 2021.

REBOUÇAS, J. R. L.; NETO, M. F.; DIAS, N. da S.; GOMES, J. W. S.; SOUSA, G. C.; QUEIROZ, I. S. R. Qualidade de mudas de Sabiá irrigadas com efluente doméstico. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 48, n. 2, p. 173-182, 2018. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/54366/35197> Acesso em: 30 de jul. de 2021.

RIBEIRO, J. E. S. Área foliar de *Erythrina velutina* Wild. (FABACEAE) usando equações alométricas. **Florestal**, Curitiba, v. 52, n. 1, p. 93-102, 2021. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br> Acesso em: 11 de jun. de 2022.

SAMPAIO, E. V. S. B.; GIULIETTI, A. M.; VIRGINIO, J.; GAMARRA-ROJAS, C. F. L. **Vegetação e flora de caatinga**. 1 ed. Recife: APNE/CNIP, 2002.

SANTANA, M. J.; CARVALHO, J. A.; ANDRADE, M. J. B.; GERVÁSIO, G. G.; BRAGA, J. C.; LEPRI, E. B. Viabilidade técnica e econômica da aplicação de água na cultura do feijoeiro comum (*Phaseolus Vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 532-538, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/L6KqvpWqVCXHq3f4vSdbZDn/?lang=pt> Acesso em: 30 de jul. de 2021.

SANTOS, L. W.; COELHO, M. F. B. Sombreamento e substratos na produção de mudas de *Erythrina velutina* Willd. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 4, p. 571-577, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cflo/a/b5nnQrpg3FZgRdc9ztJy3Dn/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 28 de jun. de 2022.

SHIBATA, M.; PAVELSKI, L. G.; MIRANDA, L.; OLIVEIRA, L. M. Germinação de sementes de *Mimosa flocculosa*. **Magistra**, v. 28, n. 1, p. 131-136, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hoehnea/a/svHhKDJNYFczygkL6qPPJKh/?format=pdf&lang=en> Acesso em: 4 de jun. de 2022.

SILVA, V. F.; BEZERRA, C. V.; NASCIMENTO, E.; FERREIRA, T. N.; LIMA, V. L.; ANDRADE, L. O. Production of chili pepper under organic fertilization and irrigation with treated wastewater. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 23, n. 2, p. 84-89, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/5ndSHRtv6pCVTfKHW9W4FBR/?lang=en&format=pdf> Acesso em: 27 de ago. de 2021.

SIQUEIRA, J. V. G.; BARROSA, J. P. A.; ARAÚJO, Y. P.; SILVAA, T. G. F.; SOUZA, L. S. B. Tratamentos pré-germinativos em sementes de espécies da Caatinga. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 2, n. 04, p. 499-508, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/320388732_Tratamentos_pre-germinativos_em_sementes_de_especies_da_Caatinga Acesso em: 26 de ago. de 2021.

SOUZA NETO, A. G. **Avaliação da área foliar de cinco espécies florestais ocorrentes no semiárido paraibano**. 2009. 30 f. Monografia de Conclusão do Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2009. Disponível em: http://www.cstrold.sti.ufcg.edu.br/grad_eng_florest/mono_ef/mono_aristides_goncalves.pdf Acesso em: 27 de ago. de 2021.

TAIZ, L.; ZEIGE, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. Disponível em: <https://www.meulivro.biz/biologia/biologia-vegetal/1467/fisiologia-e-desenvolvimento-vegetal-taiz-6-ed-pdf/> Acesso em: 11 de jun. de 2022.