ReGeo
ISSN: 2177-3246

PLASTICIDADE FENOTÍPICA E AJUSTES MORFOFISIOLÓGICOS DE MUDAS DE LUEHEA DIVARICATA MART. & ZUCC. SUBMETIDAS A DIFERENTES NÍVEIS DE SOMBREAMENTO

PHENOTYPIC PLASTICITY AND MORPHOPHYSIOLOGICAL ADJUSTMENTS OF SEEDLINGS OF LUEHEA DIVARICATA MART. & ZUCC. SUBJECTED TO DIFFERENT SHADE LEVELS

PLASTICIDAD FENOTÍPICA Y AJUSTES MORFOFISIOLÓGICOS DE PLÁNTULAS DE LUEHEA DIVARICATA MART. & ZUCC. SOMETIDAS A DIFERENTES NIVELES DE SOMBREAMIENTO

https://doi.org/10.56238/revgeov17n7-158

Data de submissão: 13/06/2026 **Data de publicação:** 28/07/2026

Aldeize Santos Tribuzy
Doutora em Clima e Ambiente: Interações Clima Biosfera-Atmosfera da Amazônia
Instituição: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA)
E-mail: astribuzy@gmail.com
Orcid: https://orcid.org/0000-0003-1073-7033

João Vitor Camargo Soares
Mestrado em Agronomia Tropical
Instituição: Universidade Federal do Amazonas (UFAM)
E-mail: joao.soares@inpa.gov.br
Orcid: https://orcid.org/0009-0003-5178-2364

Adrya da Silva Figueiredo
Doutora em Biotecnologia
Instituição: Universidade Federal do Amazonas (UFAM)
E-mail: adrya.figueiredo@inpa.gov.br
Orcid: https://orcid.org/0000-0003-1839-2578

Edgard Siza Tribuzy
Doutor em Ecologia Aplicada
Instituição: Universidade de São Paulo (USP)
E-mail: estribuzy@gmail.com
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-6834-8535

Daniela Pauletto
Doutora em Biodiversidade e Biotecnologia
Instituição: Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA)
E-mail: paulettoflorestal@gmail.com
Orcid: https://orcid.org/0000-0003-1855-6077

Gabriel Brito Costa
Doutor em Ciências: Ecologia Aplicada
Instituição: Universidade de São Paulo (USP)
E-mail: gabriel.costa@ufopa.edu.br
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-5254-489X

Luciane Almeri Tabaldi
Doutora em Agronomia
Instituição: Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
E-mail: lutabaldi@yahoo.com.br
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-3644-2543

César Augusto Guimarães Finger
Doutorado em Doktoratstudium der Bodenkultur
Instituição: Universität für Bodenkultur
E-mail: cesarfinger.ufsm@gmail.com

RESUMO
O conhecimento da dinâmica de crescimento de Luehea divaricata Mart. & Zucc., espécie da família Malvaceae, e de sua interação com fatores ambientais é fundamental para o desenvolvimento de técnicas de manejo, produção de mudas e restauração florestal. Este estudo avaliou os efeitos de diferentes níveis de sombreamento e do tempo sobre o crescimento e a produção de biomassa da espécie. As mudas foram submetidas a quatro níveis de sombreamento (0, 30, 50 e 70%), utilizando sombrite, com avaliações mensais durante seis meses. Foram mensuradas altura, diâmetro do caule, número de folhas e brotos, massas fresca e seca de folhas, caule e raízes, além do volume radicular. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizados, com comparação de médias pelo teste de Tukey (95%). Luehea divaricata apresentou elevada capacidade de adaptação às diferentes condições de luminosidade, sem diferenças significativas entre os tratamentos para altura, diâmetro do caule, número de folhas e emissão de brotos, evidenciando elevada plasticidade fenotípica. A variação temporal influenciou mais o crescimento que os níveis de sombreamento, com menores incrementos no inverno e maior desenvolvimento na primavera. As variáveis de biomassa responderam de forma diferenciada: o cultivo em pleno sol favoreceu maior desenvolvimento radicular, enquanto o sombreamento de 70% promoveu maior acúmulo de biomassa no caule. O tratamento com 50% de sombreamento apresentou os menores valores para diversas variáveis de biomassa. Recomenda-se maior disponibilidade de luz para produção de mudas, embora níveis moderados de sombreamento possam favorecer a aclimatação em viveiro antes do plantio em áreas de restauração.

Palavras-chave: Produção de Mudas. Restauração Ecológica. Aclimatação. Biomassa.

ABSTRACT
Knowledge of the growth dynamics of Luehea divaricata Mart. & Zucc., a tree species belonging to the Malvaceae family, and its interactions with environmental factors is essential for the development of management practices, seedling production, and forest restoration strategies. This study evaluated the effects of different shade levels and time on the growth and biomass production of the species. Seedlings were subjected to four shade levels (0, 30, 50, and 70%) using shade cloth, and were evaluated monthly over a six-month period. The following variables were measured: plant height, stem diameter, number of leaves and shoots, fresh and dry mass of leaves, stems, and roots, as well as root volume. The experiment was conducted using a completely randomized design, and treatment means were compared using Tukey's test at the 5% significance level. Luehea divaricata exhibited a high

capacity to adapt to different light conditions, with no significant differences among shade treatments for plant height, stem diameter, number of leaves, or shoot production, demonstrating high phenotypic plasticity. Seasonal variation had a greater influence on seedling growth than shade levels, with lower growth increments during winter and enhanced development in spring. Biomass-related variables responded differently to light availability: seedlings grown under full sunlight showed greater root development, whereas 70% shade promoted higher stem biomass accumulation. The 50% shade treatment resulted in the lowest values for several biomass variables. Greater light availability is recommended for seedling production to promote root development, although moderate shading may be beneficial during the nursery phase to improve seedling acclimation before outplanting in forest restoration areas.

Keywords: Seedling Production. Ecological Restoration. Acclimation. Biomass Allocation. Shade Tolerance.

RESUMEN

El conocimiento de la dinámica del crecimiento de Luehea divaricata Mart. & Zucc., especie de la familia Malvaceae, y su interacción con factores ambientales es fundamental para el desarrollo de técnicas de manejo, producción de plántulas y restauración forestal. Este estudio evaluó los efectos de diferentes niveles de sombreamiento y el tiempo en el crecimiento y la producción de biomasa de la especie. Las plántulas fueron sometidas a cuatro niveles de sombreamiento (0, 30, 50 y 70%), utilizando tela de sombra, con evaluaciones mensuales durante seis meses. Se midieron altura, diámetro del tallo, número de hojas y brotes, masa fresca y seca de hojas, tallos y raíces, así como volumen radicular. El experimento se condujo en un diseño completamente aleatorizado, con comparación de medias mediante la prueba de Tukey (95%). Luehea divaricata mostró elevada capacidad de adaptación a diferentes condiciones de luminosidad, sin diferencias significativas entre tratamientos para altura, diámetro del tallo, número de hojas y emisión de brotes, evidenciando elevada plasticidad fenotípica. La variación temporal ejerció mayor influencia en el crecimiento que los niveles de sombreamiento, con incrementos menores en invierno y mayor desarrollo en primavera. Las variables de biomasa respondieron de manera diferenciada: el cultivo a pleno sol favoreció mayor desarrollo radicular, mientras que el sombreamiento de 70% promovió mayor acumulación de biomasa en el tallo. El tratamiento con 50% de sombreamiento presentó los menores valores para diversas variables de biomasa. Se recomienda mayor disponibilidad de luz para la producción de plántulas, aunque niveles moderados de sombreamiento pueden favorecer la aclimatación en vivero antes de la plantación en áreas de restauración.

Palabras clave: Producción de Plántulas. Restauración Ecológica. Aclimatación. Asignación de Biomasa. Tolerancia a la Sombra.

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento da dinâmica de crescimento das espécies florestais e de sua relação com os fatores ambientais é fundamental para subsidiar estratégias de manejo, produção de mudas florestais para o reflorestamento e restauração ecológica. O crescimento vegetal resulta da interação entre fatores genéticos e ambientais, sendo influenciado principalmente pelas condições climáticas, microclimáticas e edáficas, com destaque para a disponibilidade de radiação solar, que exerce papel central nos processos fisiológicos relacionados ao desenvolvimento das plantas (ALMEIDA, 2007; SANTOS, 2005; TAIZ *et al.*, 2017).

A luminosidade é um parâmetro físico climático que influencia diretamente a fotossíntese, processo responsável pela produção da maior parte da biomassa vegetal. Aproximadamente 90% da matéria seca acumulada pelas plantas é proveniente da assimilação de carbono atmosférico por meio da atividade fotossintética, enquanto o restante depende da absorção de água e nutrientes minerais do solo (ANDRADE *et al.*, 2010). Dessa forma, a intensidade luminosa regula importantes processos fisiológicos, como expansão foliar, eficiência fotossintética, alocação de biomassa e adaptação das espécies a diferentes ambientes (LARCHER, 2006; TAIZ *et al.*, 2017; TRIBUZY, A. S. et. al., 2023).

As respostas das espécies florestais à luminosidade variam de acordo com suas características ecológicas e estratégias adaptativas, havendo espécies mais eficientes em ambientes ensolarados e outras adaptadas ao sombreamento. Assim, estudos sobre tolerância à luz são essenciais para orientar programas de restauração ecológica, conservação genética e produção de mudas em viveiro (VALLADARES; NIINEMETS, 2008; POORTER *et al.*, 2019). Ademais, adaptação das plantas pode ser avaliada por características morfológicas e fisiológicas, como altura, diâmetro do caule e produção de biomassa, além da distribuição de biomassa entre folhas, caule e raízes, indicadores importantes da capacidade de aclimatação ao ambiente luminoso (SCALON *et al.*, 2002; DIAS-FILHO, 1997; POORTER *et al.*, 2012). Além da luz, fatores como temperatura, disponibilidade hídrica e fertilidade do solo atuam conjuntamente sobre processos fisiológicos que determinam o crescimento e a produtividade das espécies florestais (SYVERTSEN; LLOYD, 1994; KOZLOWSKI; KRAMER; PALLARDY, 2012, TRIBUZY, A. S. et. al., 2023).

Entre as espécies nativas do Rio Grande do Sul, Brasil, de interesse florestal, destaca-se *Luehea divaricata* Mart. & Zucc. (açoita-cavalo), pertencente à família Malvaceae, amplamente distribuída na Mata Atlântica e em regiões associadas ao Pampa brasileiro (BACKES; IRGANG, 2002; FLORA E FUNGA DO BRASIL, 2025). Trata-se de uma espécie arbórea de rápido crescimento, com relevante importância para recuperação de áreas degradadas, recomposição de matas ciliares e restauração florestal (LONGHI, 1995). Embora seja classificada como heliófila (REITZ *et al.*, 1988), alterações na

intensidade luminosa podem modificar seu desenvolvimento durante a fase de viveiro, influenciando características como crescimento, expansão foliar, formação do fuste e acúmulo de biomassa.

Além de seu valor ecológico, *L. divaricata* possui madeira de boa qualidade tecnológica, utilizada na fabricação de móveis e outros produtos madeireiros, e apresenta potencial medicinal devido à presença de compostos bioativos empregados tradicionalmente no tratamento de diversas enfermidades (BACKES; IRGANG, 2002; LORENZI, 2020; TANAKA *et al.*, 2005; SILVA *et al.*, 2021). Nesse contexto, compreender a resposta da espécie a diferentes níveis de luminosidade é essencial para aperfeiçoar técnicas de produção de mudas e aumentar a eficiência de programas de restauração florestal, contribuindo para a obtenção de mudas de maior qualidade e melhor estabelecimento em campo.

Desta forma, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de diferentes níveis de sombreamento e do tempo sobre o crescimento, o incremento biométrico e a produção de biomassa de mudas de *L. divaricata* Mart. & Zucc., visando gerar informações técnicas para a produção da espécie em ambientes protegidos e sua utilização em programas de restauração e manejo de florestas nativas. Assim, a comparação entre ambientes de pleno sol e diferentes reduções da radiação incidente possibilita identificar a faixa de luminosidade mais favorável ao crescimento inicial de *Luehea divaricata*, fornecendo subsídios para programas de produção de mudas e restauração florestal (GANDOLFI; JOLY, 2010; POORTER *et al.*, 2019; VALLADARES; NIINEMETS, 2008; TRIBUZY, A. S. et. al., 2023).

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área experimental pertencente ao Laboratório de Manejo Florestal da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), localizada no campus sede da instituição, no município de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. A pesquisa foi desenvolvida em casa de vegetação equipada com estruturas destinadas à imposição de diferentes níveis de sombreamento, possibilitando o controle parcial da disponibilidade de radiação incidente sobre as plantas.

O município de Santa Maria está situado na região fisiográfica central do estado do Rio Grande do Sul, aproximadamente nas coordenadas geográficas de 29°41' S de latitude e 53°48' W de longitude, com altitude média de 113 m em relação ao nível do mar. A localização apresenta condições climáticas representativas da região Sul do Brasil, sendo frequentemente utilizada em estudos relacionados à ecofisiologia e ao crescimento de espécies florestais. De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima regional é do tipo Cfa, caracterizado como subtropical úmido, sem estação seca

definida e com verões quentes (KÖPPEN, 1931). Essa classificação permanece válida para a região segundo atualizações do zoneamento climático brasileiro propostas por Alvares *et al.* (2013).

As condições climáticas locais são caracterizadas por temperatura média anual próxima de 19 °C, precipitação média anual em torno de 1.700 a 1.800 mm, distribuída relativamente de forma homogênea ao longo do ano, e elevada umidade relativa do ar, características que favorecem o desenvolvimento de espécies florestais nativas (MORENO, 1961). Durante o período experimental nos meses de julho a novembro, correspondente às estações de inverno e primavera, foram utilizados dados meteorológicos provenientes da estação convencional do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada no município de Santa Maria. As informações abrangeram temperatura máxima, temperatura mínima, precipitação pluviométrica, umidade relativa do ar e insolação diária, permitindo o acompanhamento das condições ambientais durante todo o período de avaliação.

Os registros meteorológicos indicaram que as maiores temperaturas máximas ocorreram nos meses de outubro e novembro, enquanto as menores foram registradas entre junho e agosto. Comportamento semelhante foi observado para as temperaturas mínimas, verificando-se pequena amplitude térmica durante os meses de inverno e aumento gradual da temperatura a partir do início da primavera. Em relação ao regime pluviométrico, observou-se distribuição relativamente uniforme das precipitações ao longo do período experimental, com menores acumulados registrados em agosto e novembro. A umidade relativa do ar apresentou maiores valores no início do experimento (junho), reduzindo-se gradativamente até novembro, enquanto a insolação aumentou progressivamente com o avanço da primavera, acompanhando o padrão sazonal característico da região Sul do Brasil. Essas informações são compatíveis com as séries históricas disponibilizadas pelo INMET para a região de Santa Maria e corroboram o comportamento climático típico do clima subtropical úmido (Medeiro, E. S. *et al* 2024).

A espécie florestal utilizada no estudo foi *Luehea divaricata* Mart. & Zucc. (açoita-cavalo), pertencente à família Malvaceae (anteriormente Tiliaceae), amplamente distribuída nos biomas Mata Atlântica e Pampa, sendo considerada uma espécie nativa de elevado potencial para programas de restauração ecológica, recuperação de áreas degradadas e arborização urbana, em razão de seu rápido crescimento inicial e elevada plasticidade ecológica (LORENZI, 2020; FLORA E FUNGOS DO BRASIL, 2025).

As mudas foram obtidas junto ao Viveiro Florestal da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ), produzidas a partir de sementes provenientes de uma única árvore-matriz, visando minimizar a variabilidade genética entre os indivíduos experimentais. No momento da instalação do experimento, as plantas apresentavam aproximadamente dois anos e dois

meses de idade, além de características morfológicas homogêneas quanto à altura, diâmetro do colo, arquitetura da copa e estado fitossanitário.

Após o transporte para o Laboratório de Manejo Florestal da Universidade Federal de Santa Maria, as mudas permaneceram em ambiente protegido, onde receberam irrigação inicial para redução do estresse hídrico decorrente do transporte. Posteriormente, foram transplantadas para recipientes plásticos com capacidade volumétrica de 20 L, contendo solo previamente homogeneizado, permanecendo em casa de vegetação durante todo o período experimental. O substrato utilizado foi constituído por Argissolo Amarelo Distrófico, horizonte A, coletado em área próxima ao local do experimento. Atualmente, essa classe de solo é definida conforme os critérios estabelecidos pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), sendo caracterizada por apresentar horizonte superficial mineral sobre horizonte B textural, baixa saturação por bases e elevada suscetibilidade à variação das propriedades físico-hídricas em função do manejo (SANTOS *et al.*, 2018; SANTOS *et al.*, 2025). Antes do enchimento dos recipientes, o solo foi peneirado para remoção de resíduos vegetais, pedras e materiais grosseiros, buscando uniformizar as condições físicas entre as unidades experimentais.

Durante a condução do experimento, as plantas permaneceram sob irrigação diária, realizada duas vezes ao dia ou sempre que necessário, considerando as condições ambientais e a umidade do solo. Cada ambiente experimental foi equipado com sistema de irrigação por aspersão aérea, garantindo que o suprimento hídrico não se tornasse um fator limitante ao crescimento das mudas. Dessa forma, as diferenças observadas entre os tratamentos foram atribuídas predominantemente aos diferentes níveis de disponibilidade luminosa, reduzindo possíveis interferências decorrentes do déficit hídrico.

O delineamento experimental foi constituído por quatro níveis de disponibilidade de luz, correspondentes aos tratamentos de 0% (pleno sol), 30%, 50% e 70% de sombreamento. Os ambientes sombreados foram obtidos mediante a utilização de telas de polietileno de cor preta (“sombrites”), material amplamente empregado em pesquisas ecofisiológicas por proporcionar redução controlada da radiação fotossinteticamente ativa incidente sem alterar significativamente a qualidade espectral da luz (TAIZ *et al.*, 2017; LARCHER, 2006).

A utilização de diferentes níveis de sombreamento fundamenta-se na elevada influência da radiação solar sobre processos fisiológicos relacionados à fotossíntese, transpiração, crescimento em altura, expansão foliar, alocação de biomassa e desenvolvimento radicular. A intensidade luminosa constitui um dos principais fatores ambientais responsáveis pela plasticidade fenotípica de espécies arbóreas nativas, especialmente durante a fase juvenil, podendo modificar significativamente a

arquitetura das plantas e sua capacidade de aclimatação (POORTER *et al.*, 2019; VALLADARES; NIINEMETS, 2008).

Foram distribuídas, quinze plantas por tratamento**,** totalizando sessenta unidades experimentais. A distribuição foi realizada de forma inteiramente casualizada dentro de cada ambiente de sombreamento, buscando minimizar possíveis efeitos associados à posição das plantas na casa de vegetação. E pós a instalação do experimento, estabeleceu-se um período inicial de 30 dias de aclimatação, durante o qual nenhuma avaliação biométrica foi realizada. Esse procedimento teve como objetivo permitir a estabilização fisiológica das mudas após o transplante e a adaptação às novas condições ambientais, reduzindo possíveis interferências provocadas pelo estresse de transplantio sobre as variáveis de crescimento avaliadas posteriormente (KOZLOWSKI; KRAMER; PALLARDY, 2012). As avaliações experimentais tiveram início após esse período de adaptação e foram conduzidas entre os meses de junho e novembro de 2014, abrangendo as estações de inverno e primavera.

O experimento foi conduzido em casa de vegetação utilizando delineamento inteiramente casualizado (DIC), composto por quatro tratamentos correspondentes a diferentes níveis de disponibilidade luminosa: 0% (pleno sol), 30%, 50% e 70% de sombreamento. Cada tratamento foi constituído por 15 mudas, totalizando 60 unidades experimentais. Os diferentes níveis de sombreamento foram obtidos por meio da instalação de telas de polietileno de cor preta, conhecidos como sombrite, posicionadas sobre estruturas metálicas independentes, permitindo a redução da radiação solar incidente conforme a porcentagem nominal especificada pelo fabricante. Esse método é amplamente empregado em experimentos ecofisiológicos por possibilitar o controle da intensidade luminosa incidente sem restringir significativamente a circulação de ar no ambiente de cultivo (TAIZ *al.*, 2017; POORTER *et al.*, 2019).

Após o transplante para os recipientes experimentais, as mudas permaneceram durante 30 dias em período de aclimatação, destinado à recuperação do estresse ocasionado pelo transplante e à adaptação às novas condições ambientais. Durante essa fase não foram realizadas medições biométricas, sendo mantidos apenas os tratos culturais necessários para garantir a sobrevivência e a uniformidade das plantas. E concluído o período de adaptação, iniciou-se a fase experimental propriamente dita, com duração de seis meses, compreendendo o período entre junho e novembro de 2014. Durante todo o experimento foram mantidas condições uniformes de irrigação e manejo fitossanitário entre os tratamentos, de forma que a disponibilidade de radiação solar permanecesse como o único fator experimental de interesse.

As unidades experimentais foram distribuídas aleatoriamente dentro de cada ambiente de sombreamento, sendo periodicamente inspecionadas quanto à ocorrência de pragas, doenças ou

qualquer fator que pudesse interferir no desenvolvimento das mudas. Esse procedimento visou reduzir possíveis fontes de variação não controladas, aumentando a confiabilidade dos resultados obtidos. Apesar dos níveis de sombreamento representassem o fator principal do estudo, o tempo de avaliação também foi considerado na interpretação das variáveis de crescimento. As medições biométricas foram realizadas mensalmente durante seis avaliações consecutivas, permitindo acompanhar a dinâmica temporal do desenvolvimento das mudas submetidas às diferentes condições de luminosidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CRESCIMENTO EM ALTURA E INCREMENTO EM ALTURA

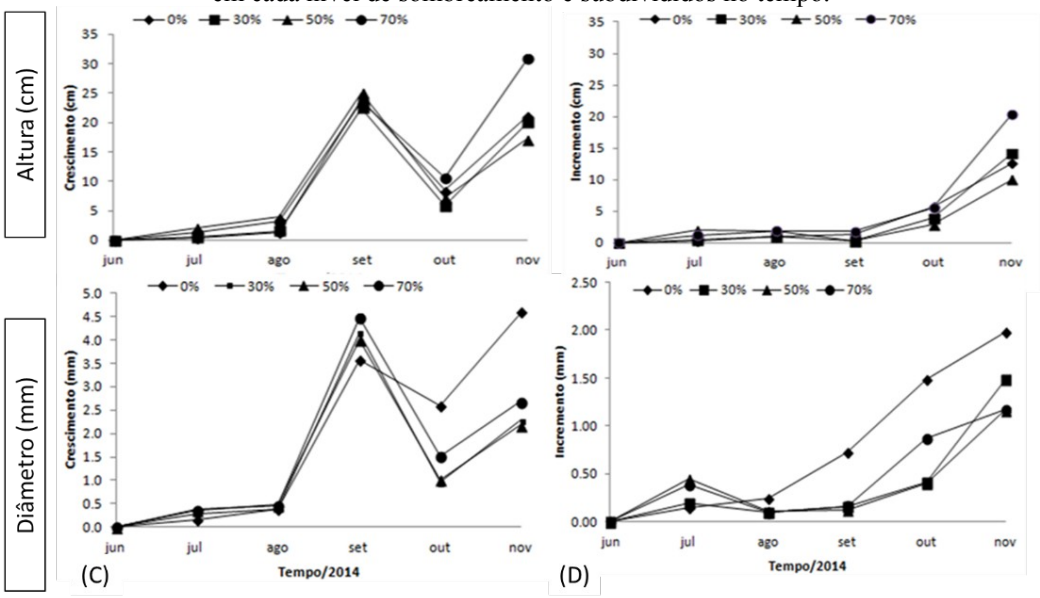
Os níveis de sombreamento avaliados não promoveram diferenças significativas no crescimento em altura das mudas de *L. divaricata* Mart. & Zucc. ($p = 0,1934$; $F = 1,7801$), assim como no incremento mensal em altura ($p = 0,198$; $F = 1,7557$). Esses resultados indicam que, durante o período experimental, a redução da disponibilidade luminosa entre 30, 50 e 70% não foi suficiente para modificar o padrão de crescimento vertical das plantas em comparação ao tratamento conduzido sob pleno sol.

A ausência de resposta significativa entre os níveis de sombreamento sugere que a espécie apresenta elevada plasticidade morfológica durante a fase inicial de desenvolvimento, permitindo manter taxas semelhantes de crescimento em diferentes condições de disponibilidade luminosa. Espécies florestais nativas podem apresentar mecanismos de aclimatação que envolvem alterações na arquitetura da copa, distribuição de folhas, eficiência fotossintética e alocação de carbono, possibilitando a manutenção do crescimento mesmo sob alterações ambientais (VALLADARES; NIINEMETS, 2008; TAIZ *et al.*, 2017). Apesar de não tenham sido observadas diferenças entre os tratamentos luminosos, houve efeito significativo do tempo sobre o crescimento e incremento em altura das plantas ($p < 0,0001$). Esse comportamento demonstra que a variação temporal associada às mudanças sazonais exerceu maior influência sobre o crescimento das mudas do que os níveis de sombreamento impostos.

Para o crescimento em altura (Figura 1A), os meses de junho e julho apresentaram comportamento semelhante entre si, porém diferiram dos meses de setembro, outubro e novembro. O mês de agosto apresentou diferença em relação aos meses de setembro e novembro, enquanto setembro diferenciou-se dos meses de junho, julho, agosto e outubro. Outubro apresentou diferenças em relação aos meses de junho, julho, setembro e novembro. O incremento mensal em altura (Figura 1B) apresentou comportamento semelhante, com o mês de outubro diferindo apenas de junho, enquanto novembro apresentou diferenças em relação aos meses de junho, julho, agosto e setembro. Esse padrão

evidencia uma aceleração do crescimento a partir do início da primavera, período caracterizado pelo aumento gradual da temperatura e da disponibilidade energética, favorecendo a retomada da atividade metabólica das plantas.

Figura 1. Apresenta o crescimento (A) e incremento (B) em altura, e o crescimento (B) e incremento (D) em diâmetro, em cada nível de sombreamento e subdivididos no tempo.



Fonte: TRIBUZY, A. S. *et al.* (2026)

Durante os meses de inverno, as menores taxas de crescimento podem estar relacionadas às condições ambientais menos favoráveis, especialmente às menores temperaturas médias e à redução da radiação solar incidente. Plantas lenhosas de regiões subtropicais frequentemente apresentam redução do metabolismo durante períodos frios, diminuindo a expansão celular, a atividade fotossintética e o crescimento vegetativo como estratégia de economia energética e manutenção da sobrevivência (LARCHER, 2006; KOZLOWSKI; KRAMER; PALLARDY, 2012).

A partir de setembro, com a elevação das temperaturas máximas e mínimas, observou-se aumento no crescimento em altura, indicando maior disponibilidade de recursos ambientais para a atividade fisiológica das plantas. Esse comportamento está relacionado ao caráter sazonal das espécies arbóreas, que ajustam seus processos fisiológicos conforme as condições ambientais, principalmente temperatura, luminosidade e disponibilidade hídrica (SYVERTSEN; LLOYD, 1994; TRIBUZY, A. S. et. al., 2023).

Para o crescimento em diâmetro do caule, não foram observadas diferenças significativas entre os níveis de sombreamento avaliados ($F = 3,0895$; $p = 0,0584$). Da mesma forma, o incremento diamétrico mensal não apresentou diferença estatística entre os tratamentos ($F = 1,2502$; $p = 0,3268$). A ausência de efeito significativo dos tratamentos sobre o diâmetro indica que *Luehea divaricata*

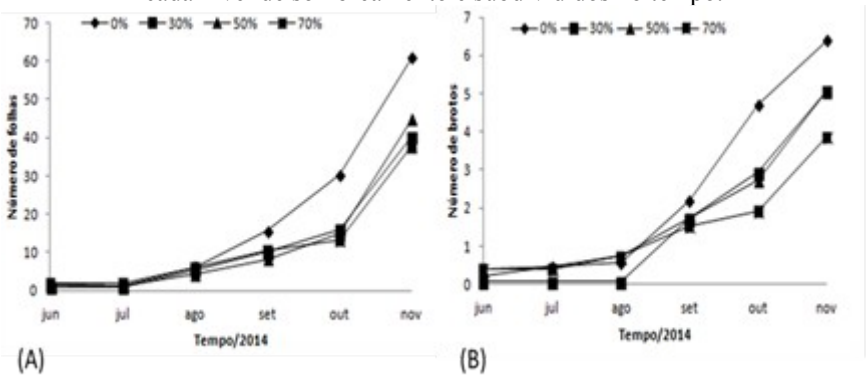
apresentou capacidade de ajuste ao gradiente luminoso avaliado, mantendo crescimento secundário semelhante sob diferentes condições de radiação. Essa resposta pode estar relacionada à estratégia ecológica da espécie, considerada pioneira e adaptada a ambientes com elevada disponibilidade luminosa, mas capaz de apresentar ajustes fisiológicos durante a fase juvenil (LONGHI, 1995; REITZ *et al.*, 1988). Entretanto, foi constatado efeito significativo do tempo sobre o crescimento diamétrico ($p < 0,0001$; $F = 33,4747$). As diferenças ocorreram entre os meses de junho e setembro, outubro e novembro; entre julho e setembro e novembro; enquanto junho, agosto e outubro apresentaram comportamento semelhante entre si, porém diferiram dos meses de setembro e novembro (Figura 1C).

Para o incremento diamétrico também foi observado efeito significativo do período de avaliação ($p < 0,0001$; $F = 18,4842$). O mês de novembro apresentou valores distintos dos meses de junho, julho, agosto, setembro e outubro, enquanto outubro diferiu de junho e agosto (Figura 1 D). O aumento do diâmetro ao longo da primavera demonstra que a elevação da temperatura e da disponibilidade luminosa contribuiu para intensificar os processos fisiológicos relacionados ao crescimento secundário. O crescimento cambial das espécies arbóreas está diretamente relacionado às condições ambientais, principalmente temperatura, disponibilidade hídrica e balanço de carbono, fatores que determinam a atividade meristemática e a formação de tecidos lenhosos (KOZLOWSKI; PALLARDY, 1997). Resultados semelhantes foram observados por estudos envolvendo espécies florestais submetidas a diferentes condições luminosas, nos quais o efeito do ambiente sobre o crescimento frequentemente se manifesta de maneira mais evidente ao longo do tempo do que em avaliações pontuais, indicando que respostas de aclimatação podem ocorrer gradualmente durante o desenvolvimento das plantas (POORTER *et al.*, 2019).

O número de folhas e brotos das mudas de *Luehea divaricata* Mart. & Zucc. não apresentou diferença significativa entre os níveis de sombreamento avaliados. Entretanto, foram observadas diferenças significativas entre os períodos de avaliação, considerados como blocos, tanto para o número de folhas ($F = 55,7147$; $p < 0,0001$) quanto para o número de brotos ($F = 44,0474$; $p < 0,0001$). Para o número de folhas (Figura 2A), as diferenças ocorreram entre os meses de junho, julho e agosto em relação aos meses de outubro e novembro, além das diferenças observadas entre setembro, outubro e novembro. Esse comportamento demonstra que houve aumento progressivo da emissão e manutenção de folhas ao longo do período experimental, principalmente a partir do início da primavera, quando as condições ambientais tornaram-se mais favoráveis ao crescimento vegetativo. O número de brotos apresentou comportamento semelhante (Figura 2B), com diferenças entre os meses de junho, julho e agosto em relação aos meses de setembro, outubro e novembro. Além disso, setembro

e outubro diferiram de novembro, indicando aumento da atividade meristemática no final do período avaliado.

Figura 2. Número de folhas (A) e número de brotos (B) em altura, e o crescimento (B) e incremento (D) em diâmetro, em cada nível de sombreamento e subdivididos no tempo.



Fonte: TRIBUZY, A. S. *et al.* (2026)

A ausência de diferenças entre os tratamentos de sombreamento indica que a espécie apresenta capacidade de manter a produção foliar em diferentes condições de disponibilidade luminosa. Esse comportamento pode estar relacionado à plasticidade fenotípica característica de espécies florestais, nas quais ajustes morfológicos permitem compensar alterações na quantidade e qualidade da radiação incidente, mantendo o equilíbrio entre captura de luz e demanda energética (VALLADARES; NIINEMETS, 2008).

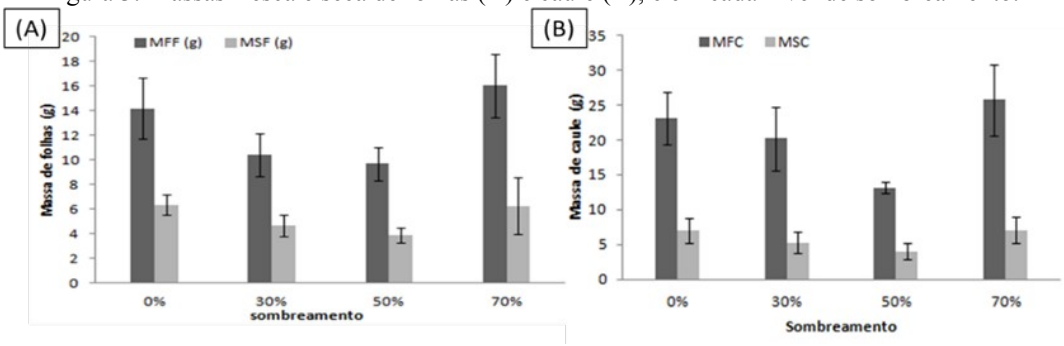
A produção de folhas constitui uma importante estratégia adaptativa das plantas submetidas a diferentes ambientes luminosos, pois alterações na área foliar e no número de folhas podem aumentar a eficiência de interceptação da radiação fotossinteticamente ativa. Plantas desenvolvidas sob baixa luminosidade frequentemente apresentam maior investimento em estruturas fotossintéticas, como aumento da área foliar específica e maior concentração de clorofila, enquanto plantas sob alta luminosidade tendem a apresentar folhas mais espessas e maior capacidade fotossintética por unidade de área (LARCHER, 2006; TAIZ *et al.*, 2017).

O aumento do número de folhas e brotos observado a partir de setembro coincide com a elevação das temperaturas médias e o aumento da disponibilidade energética característica da transição entre inverno e primavera na região de estudo. Durante períodos mais frios, espécies arbóreas podem reduzir a emissão de novos tecidos devido à menor atividade metabólica e menor eficiência fotossintética, retomando o crescimento quando as condições ambientais se tornam favoráveis (KOZLOWSKI; KRAMER; PALLARDY, 2012). Resultados semelhantes foram observados por Scalon *et al.* (2002), que verificaram que espécies florestais nativas apresentam alterações sazonais no

crescimento vegetativo, com maior emissão foliar associada ao aumento da temperatura e da disponibilidade luminosa. Dessa forma, os resultados obtidos indicam que, para *L. divaricata*, a variação temporal apresentou maior influência sobre a dinâmica de produção de folhas e brotos do que os níveis de sombreamento avaliados.

Foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos de luminosidade para a massa fresca de folhas (MFF) ($p = 0,0007$) e massa seca de folhas (MSF) ($p = 0,0229$). Para a MFF, o tratamento com 70% de sombreamento apresentou comportamento semelhante ao tratamento em pleno sol, diferindo dos tratamentos com 30% e 50% de sombreamento ($p < 0,01$). A menor média de massa fresca foliar foi observada no tratamento com 50% de sombreamento, enquanto os maiores valores ocorreram nos tratamentos sob pleno sol e 70% de sombreamento (Figura 3 A). Para a MSF, o tratamento em pleno sol apresentou diferença em relação ao tratamento com 50% de sombreamento, porém foi semelhante ao tratamento com 70% de sombreamento. O menor acúmulo de matéria seca foliar ocorreu no tratamento com 50% de sombreamento, enquanto os maiores valores foram observados nos tratamentos com maior disponibilidade luminosa (pleno sol) e maior restrição luminosa (70% de sombreamento).

Figura 3. Massas fresca e seca de folhas (A) e caule (B), e em cada nível de sombreamento.



Fonte: Elaborada pelos autores

Este comportamento observado demonstra que a espécie apresentou respostas diferenciadas conforme o nível de restrição luminosa, indicando possível ajuste na alocação de carbono para formação de tecidos foliares. Em ambientes com menor disponibilidade de luz, algumas espécies podem aumentar o investimento relativo em folhas como estratégia para ampliar a captura de radiação, enquanto em condições de maior luminosidade ocorre maior produção de biomassa devido ao aumento da atividade fotossintética (POORTER *et al.*, 2012). Entretanto, o menor desempenho observado no tratamento com 50% de sombreamento sugere que esse nível intermediário de luminosidade pode ter representado uma condição menos favorável para o balanço energético das plantas. Segundo Valladares e Niinemets (2008), respostas intermediárias de sombreamento nem sempre resultam em maior

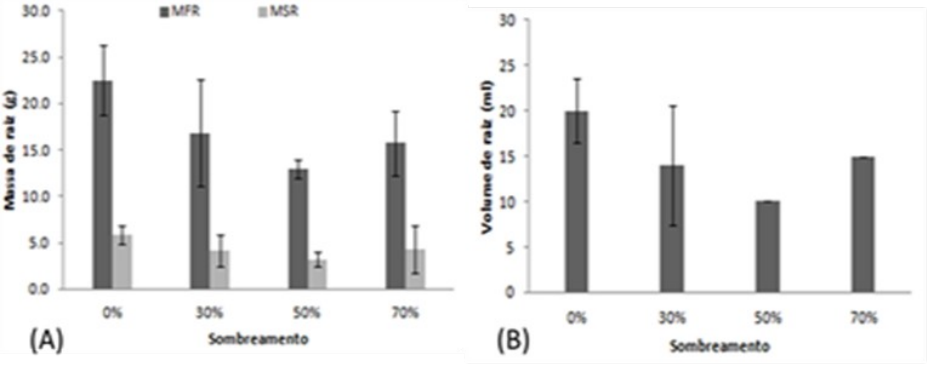
crescimento, pois a adaptação depende da capacidade da espécie em ajustar seus mecanismos fisiológicos ao ambiente luminoso. Em estudos realizados por Vilella e Ravetta (2000) e Campos e Uchida (2002) demonstraram que espécies florestais podem apresentar diferentes padrões de alocação de biomassa conforme a disponibilidade luminosa, sendo que o sucesso adaptativo está associado à capacidade de ajustar características morfológicas e fisiológicas para maximizar a utilização da energia disponível.

As massas frescas e seca do caule apresentaram diferenças significativas entre os níveis de sombreamento avaliados. Para a massa fresca de caule (MFC), houve diferença entre o tratamento com 50% de sombreamento e os tratamentos em pleno sol e 70% de sombreamento ($p < 0,01$). O maior valor médio foi observado no tratamento com 70% de sombreamento, enquanto o menor ocorreu no tratamento com 50% de sombreamento. E para a massa seca de caule (MSC), também foram observadas diferenças entre os níveis de sombreamento, sendo que o tratamento com 50% apresentou menor média, enquanto o tratamento com 70% de sombreamento apresentou o maior acúmulo de biomassa seca (Figura 3B).

O maior investimento em biomassa caulinar no tratamento com maior sombreamento pode estar relacionado a uma estratégia de busca por luz, conhecida como resposta de escape ao sombreamento. Nessas condições, algumas espécies aumentam o crescimento longitudinal e a alocação de carbono para o caule, favorecendo o posicionamento das folhas em regiões com maior disponibilidade luminosa (TAIZ *et al.*, 2017). Entretanto, o fato de o tratamento com 70% de sombreamento apresentar maior biomassa caulinar indica que *L. divaricata* possui capacidade de ajustar seu crescimento estrutural mesmo sob baixa disponibilidade luminosa. Essa resposta demonstra plasticidade fisiológica, característica importante para espécies utilizadas em restauração florestal, pois permite adaptação a diferentes condições ambientais durante o estabelecimento inicial.

Foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para massa fresca de raiz (MFR), massa seca de raiz (MSR) e volume radicular (VolR). Em todas as variáveis avaliadas, as diferenças ocorreram principalmente entre o tratamento em pleno sol e o tratamento com 50% de sombreamento. As maiores médias de massa fresca, massa seca e volume radicular foram observadas nas plantas submetidas ao pleno sol, enquanto os menores valores ocorreram no tratamento com 50% de sombreamento (Figura 4A-B).

Figura 4. Massas seca e fresca (A) e volume (B) de raiz em quatro níveis de sombreamento.



Fonte: TRIBUZY, A. S. *et al.* (2026)

O maior desenvolvimento radicular sob elevada disponibilidade luminosa pode estar relacionado à maior produção de fotoassimilados pelas folhas e consequente maior disponibilidade de carbono para crescimento e manutenção do sistema radicular. A maior produção de raízes favorece a exploração do solo, aumentando a capacidade de absorção de água e nutrientes e contribuindo para maior estabilidade fisiológica das plantas (KOZLOWSKI; KRAMER; PALLARDY, 2012). Segundo Vilella e Ravetta (2000) e Campos e Uchida (2002), a adaptação das espécies às condições ambientais está diretamente relacionada aos padrões de distribuição de biomassa entre os diferentes órgãos vegetais. Plantas submetidas a ambientes com maior disponibilidade energética tendem a apresentar maior produção total de biomassa, enquanto condições limitantes podem alterar a proporção de carbono destinada às raízes, folhas ou caule. Ademais, Castro e Alvarenga (2002) destacam que as plantas apresentam capacidade de modificar seu aparelho fotossintético e seu padrão de crescimento em resposta às condições ambientais, buscando maior eficiência no uso da energia luminosa disponível. Essas respostas adaptativas são refletidas diretamente nas características morfológicas, no crescimento e na produção de biomassa. Assim, os resultados obtidos indicam que *Luehea divaricata* apresenta elevada capacidade de ajuste ao ambiente luminoso, modificando a distribuição de biomassa conforme as condições de radiação. Embora alguns parâmetros de crescimento não tenham sido influenciados pelos níveis de sombreamento, características relacionadas à produção de biomassa evidenciaram respostas diferenciadas, demonstrando a importância da disponibilidade luminosa para o estabelecimento inicial da espécie.

Ademais, a intensidade luminosa constitui um dos principais fatores ambientais responsáveis pelo crescimento e desenvolvimento das espécies arbóreas, influenciando diretamente a fotossíntese, a condutância estomática, a produção de biomassa, a expansão foliar, a arquitetura da copa e a alocação de fotoassimilados entre os diferentes órgãos da planta (LARCHER, 2006; VALLADARES; NIINEMETS, 2008; ; TRIBUZY, A. S. et. al., 2023). Em espécies nativas, especialmente durante a fase

juvenil, alterações na disponibilidade de luz promovem respostas morfofisiológicas que refletem estratégias adaptativas relacionadas à plasticidade fenotípica e ao uso eficiente dos recursos ambientais (POORTER *et al.*, 2019).

3.2 SÍNTESE GERAL DOS RESULTADOS E INTERPRETAÇÃO ECOLÓGICA DA RESPOSTA DE LUEHEA DIVARICATA AO SOMBREAMENTO

Os resultados obtidos demonstram que as mudas de *L. divaricata* Mart. & Zucc. apresentaram capacidade de adaptação às diferentes condições de disponibilidade luminosa impostas pelos tratamentos de sombreamento, evidenciada pela manutenção do crescimento em altura, diâmetro do caule, número de folhas e emissão de brotos, independentemente dos níveis de radiação avaliados. Entretanto, características relacionadas ao acúmulo de biomassa, especialmente nas folhas, caule e raízes, responderam de maneira diferenciada às condições de luminosidade, indicando ajustes no padrão de alocação de recursos conforme o ambiente de cultivo.

A ausência de diferenças significativas entre os tratamentos para crescimento em altura e diâmetro sugere que a espécie apresenta elevada plasticidade fenotípica durante a fase inicial de desenvolvimento. Essa característica é particularmente importante para espécies utilizadas em programas de restauração florestal, pois permite maior flexibilidade de estabelecimento em ambientes com diferentes condições de disponibilidade de luz. Segundo Valladares e Niinemets (2008), a plasticidade fenotípica representa uma estratégia adaptativa essencial para espécies vegetais submetidas a ambientes heterogêneos, permitindo ajustes morfológicos e fisiológicos capazes de manter o funcionamento metabólico mesmo diante de alterações ambientais.

Embora *L. divaricata* seja considerada uma espécie pioneira e predominantemente heliófila (REITZ *et al.*, 1988; LONGHI, 1995), os resultados indicam que suas mudas apresentam capacidade de tolerar níveis moderados e elevados de sombreamento durante a fase inicial de crescimento. Essa característica pode estar relacionada à estratégia ecológica da espécie, uma vez que indivíduos jovens frequentemente ocorrem em ambientes com diferentes níveis de disponibilidade luminosa, como clareiras naturais, bordas florestais e áreas em processo de regeneração. Segundo Poorter *et al.* (2019), espécies florestais apresentam diferentes estratégias de adaptação ao ambiente luminoso, podendo modificar características como área foliar, espessura das folhas, eficiência fotossintética e distribuição da biomassa entre órgãos vegetativos. Essas alterações permitem maximizar a captura de luz em ambientes sombreados ou aumentar a capacidade de aproveitamento energético em ambientes com maior disponibilidade de radiação.

No presente estudo, a maior produção de biomassa radicular observada no tratamento a pleno sol evidencia que a maior disponibilidade energética favoreceu a produção de fotoassimilados e sua translocação para o sistema radicular. O aumento da massa e do volume das raízes pode representar uma vantagem adaptativa, pois ampla a capacidade de exploração do solo e favorece a absorção de água e nutrientes, fatores fundamentais para o estabelecimento das plantas em campo. Esse comportamento está de acordo com os resultados apresentados por Vilella e Ravetta (2000) e Campos e Uchida (2002), que demonstraram que a disponibilidade luminosa influencia diretamente os padrões de alocação de biomassa das plantas, sendo que espécies adaptadas a diferentes ambientes luminosos ajustam a distribuição de carbono entre folhas, caules e raízes conforme a necessidade de aquisição de recursos. Dessa forma, o crescimento vegetal não depende apenas da quantidade total de biomassa produzida, mas também da forma como essa biomassa é distribuída entre os órgãos responsáveis pela captura de recursos.

O maior acúmulo de biomassa no caule observado no tratamento com 70% de sombreamento sugere uma possível resposta de aclimatação associada à busca por luz. Em ambientes com baixa disponibilidade luminosa, algumas espécies direcionam maior proporção de carbono para o crescimento vertical, promovendo alongamento do caule e melhor posicionamento das folhas no dossel. Esse mecanismo, conhecido como resposta de escape ao sombreamento, permite aumentar a interceptação da radiação disponível e representa uma estratégia comum em espécies florestais jovens submetidas à competição luminosa (TAIZ *et al.*, 2017). Por outro lado, o menor desempenho observado no tratamento com 50% de sombreamento para diversas variáveis de biomassa indica que condições intermediárias de luminosidade podem não representar necessariamente o ambiente mais favorável para o desenvolvimento da espécie. Esse comportamento pode ocorrer quando a redução da radiação não é suficiente para induzir respostas compensatórias de adaptação, mas já limita a disponibilidade energética necessária para maximizar a produção de matéria seca. De acordo com Larcher (2006), a resposta das plantas à luminosidade depende do equilíbrio entre aquisição e utilização de energia, sendo que níveis intermediários de radiação podem resultar em menor eficiência quando não coincidem com a faixa ótima de aclimatação da espécie.

A variação temporal exerceu influência significativa sobre a maioria das características avaliadas, principalmente crescimento em altura, diâmetro, número de folhas e emissão de brotos. Os menores valores observados durante os meses de inverno (junho, julho e agosto) estão associados às condições climáticas menos favoráveis, caracterizadas por menores temperaturas e menor disponibilidade de radiação solar. Com o início da primavera, a elevação das temperaturas e o aumento do fotoperíodo promoveram retomada da atividade metabólica, resultando em maior crescimento

vegetativo. Esse padrão sazonal é esperado para espécies arbóreas de regiões subtropicais, nas quais os processos fisiológicos são regulados pelas condições ambientais ao longo do ano. Durante períodos desfavoráveis, as plantas reduzem o crescimento como mecanismo de conservação de energia, retomando o desenvolvimento quando há maior disponibilidade de recursos ambientais (KOZLOWSKI; KRAMER; PALLARDY, 2012).

A produção de folhas e brotos apresentou aumento principalmente nos meses de setembro, outubro e novembro, coincidindo com o período de maior atividade fisiológica das plantas. A expansão da área foliar durante a primavera aumenta a capacidade de interceptação da radiação fotossinteticamente ativa, favorecendo a produção de carboidratos e sustentando o crescimento dos demais órgãos vegetativos (TAIZ *et al.*, 2017). De maneira geral, os resultados indicam que *L. divaricata* apresenta comportamento intermediário entre espécies estritamente dependentes de alta luminosidade e espécies altamente tolerantes ao sombreamento. Embora seu caráter pioneiro esteja associado a ambientes abertos e maior disponibilidade de luz, a espécie demonstrou capacidade de ajustar seu crescimento e sua distribuição de biomassa sob diferentes níveis de radiação.

Desta forma, essa característica amplia seu potencial de utilização em programas de restauração ecológica, especialmente em ambientes onde ocorre variação temporal e espacial da luminosidade, como áreas degradadas em processo de regeneração natural, sistemas agroflorestais e plantios mistos de recuperação ambiental. A capacidade de manter crescimento satisfatório sob diferentes condições luminosas representa uma vantagem ecológica, pois aumenta a probabilidade de estabelecimento e sobrevivência das mudas após o plantio.

Assim, considerando os resultados obtidos, recomenda-se que a produção de mudas de *Luehea divaricata* possa ser realizada tanto em condições de maior disponibilidade luminosa quanto sob níveis moderados de sombreamento, desde que sejam considerados os objetivos do plantio. Para produção de mudas destinadas a ambientes abertos e recuperação de áreas degradadas, o cultivo sob maior luminosidade tende a favorecer maior desenvolvimento radicular e maior acúmulo total de biomassa, características desejáveis para o estabelecimento inicial em campo.

4 CONCLUSÃO

- O presente estudo demonstrou que *Luehea divaricata* Mart. & Zucc. apresenta elevada capacidade de adaptação a diferentes níveis de disponibilidade luminosa durante a fase inicial de crescimento. Os tratamentos de sombreamento não promoveram diferenças significativas nas variáveis de altura, diâmetro do caule, número de folhas e emissão de brotos, evidenciando elevada plasticidade fisiológica e morfológica da espécie.

- A variação temporal exerceu maior influência sobre o desenvolvimento das mudas do que os níveis de luminosidade, refletindo os efeitos das condições sazonais, especialmente temperatura e disponibilidade de radiação. Os menores incrementos ocorreram durante o inverno, em função da redução da atividade metabólica, enquanto a primavera favoreceu maior crescimento devido às condições ambientais mais favoráveis.
- As variáveis relacionadas à biomassa responderam de forma distinta aos tratamentos. O cultivo em pleno sol proporcionou maior desenvolvimento do sistema radicular, com maiores valores de massa fresca, massa seca e volume de raízes, enquanto o maior sombreamento estimulou maior investimento de biomassa no caule, indicando ajustes adaptativos na alocação de recursos.
- Os resultados evidenciam o potencial de *L. divaricata* para programas de restauração ecológica, recuperação de áreas degradadas e produção de mudas florestais.
- Recomenda-se o cultivo em maior disponibilidade luminosa para obtenção de mudas com sistema radicular mais desenvolvido, embora níveis moderados de sombreamento possam favorecer a aclimatação em viveiro. Estudos futuros devem avaliar o desempenho da espécie após o transplante para campo e sua resposta fisiológica em diferentes ambientes.

REFERÊNCIAS

Almeida, S.M.Z.; Soares, A.M.; de Castro, E.M.; Vieira, C.V.; Gajego, E.B. Alterações morfológicas e alocação de biomassa em plantas jovens de espécies florestais sob diferentes condições de sombreamento. **Ciência Rural,** v.35, n.1, p.62-68, 2005.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ANDRADE, R.; LIMA, A.; CAVALCANTE, S.; SANTOS, J.; SILVA, M.; LIMA,S.; PAIVA, R. **Caracterização da radiação solar acumulada no crescimento vegetativo do algodoeiro colorido BRS Rubi submetidas a diferentes lâminas de irrigação**. 2010.

AYRES, M. *et al*. ; **Aplicações estatísticas nas áreas das ciências Bio** – médicas. Bio Estat 5. 0. Belém – PA. 2007.

BACKES, P. & IRGANG, B**. Árvores do Sul**: Guia de Identificação & Interesse Ecológico. p.326. 2002.

BACKES, P.; IRGANG, B. Árvores do Sul: guia de identificação e interesse ecológico. Porto Alegre: Instituto Souza Cruz, 2002.

CAMPOS, M. A. A.; UCHIDA, T. Influência do sombreamento no crescimento de mudas de três espécies amazônicas. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 37, n. 3, p. 281-288, 2002.

CAMPOS, M.A.A.; UCHIDA, T.: Influência do sombreamento no crescimento de mudas de três espécies amazônicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.37, n.3, p.281-288. 2002.

CASTRO, E. M.; ALVARENGA, A. A. Aspectos fisiológicos de plantas submetidas ao estresse luminoso. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 26, p. 110-118, 2002.

DIAS-FILHO, M. B. Physiological responses of two tropical weeds to shade. Photosynthetica, v. 34, p. 495-503, 1997.

DIAS-FILHO, M.B. Physiological response of *Solanum crinitum* Lam. to contrasting light enviroments. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v.32, n.8, p.789-796, 1997.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 6. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2025.

FLORA E FUNGA DO BRASIL. Luehea divaricata Mart. & Zucc. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2025. Disponível em: https://floradobrasil.jbrj.gov.br. Acesso em: 20 jul. 2026.

FLORA E FUNGOS DO BRASIL. Luehea divaricata Mart. & Zucc. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2025.

GANDOLFI, S.; JOLY, C. A. Functional ecology, ecophysiology and conservation of Brazilian forest species. Natureza & Conservação, v. 8, n. 2, p. 95–101, 2010.

GOMES, F. P. Curso de Estatística Experimental. 15. ed. Piracicaba: FEALQ, 2009.

INMET.: **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acessado em 15/03/2015.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Dados meteorológicos da estação convencional de Santa Maria, RS.

KOZLOWSKI, T. T.; KRAMER, P. J.; PALLARDY, S. G. The physiological ecology of woody plants. 2. ed. San Diego: Academic Press, 2012.

KOZLOWSKI, T. T.; PALLARDY, S. G. Physiology of woody plants. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1997.

KÖPPEN, W. Grundriss der Klimakunde. Berlin: Walter de Gruyter, 1931.

LARCHER, W. Ecofisiologia Vegetal. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2006.

LONGHI, R. A. Livro das árvores: árvores e arvoretas do Sul. Porto Alegre: L&PM, 1995.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 8. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2020.

Medeiro, E. S. Oliveira, W. Dos S.; Silva, P. V. Da S.; Souza, A.; Bicalho, C. C.; Mauad, M.; Souza, S. A. Mapping Rainfall Variability in the São Francisco River Basin: Insights for Water Resource Management . Revista Brasileira de Meteorologia, v. 39, e39240050, 2024.

MONTGOMERY, D. C. Design and Analysis of Experiments. 10. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2020.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 42 p.

POORTER, H. *et al.* A meta-analysis of plant responses to light intensity for 70 traits ranging from molecules to whole plant performance. New Phytologist, v. 223, p. 1073-1105, 2019.

POORTER, H. *et al.* Biomass allocation to leaves, stems and roots: meta-analyses of interspecific variation and environmental control. New Phytologist, v. 193, p. 30-50, 2012.

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. Projeto Madeira do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1988.

REITZ, R.; KLEIN, R.N.; REIS, A. **Projeto madeira do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: SUDESUL, Governo do Rio grande do Sul, Herbário Barbosa Rodrigues, 525 p.1988.

SANTOS, H. G. *et al.* Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5. ed., rev. e ampl. − Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SANTOS, M. D. M. **Fotossíntese**. Unespe, Jaboticabal. 2005.

SCALON, S. de P.Q.; MUSSURY, R. M.; RIGONI, M. R.; FILHO, H. S. Crescimento inicial de mudas de espécies florestais nativas sob diferentes níveis de sombreamento. **Revista Árvore**, v.26, p.1-5, 2002.

SYVERTSEN, J. P.; LLOYD, J. Carbon assimilation and water use efficiency in citrus trees. Horticultural Reviews, v. 15, p. 287-357, 1994.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TANAKA, J. C. A., SILVA, C. C., DIAS FILHO, B. P.. **Chemical constituents of *Luehea divaricata* Mart. (Tiliaceae).** Quím. Nova, v.28, n.5, p.834-837, 2005.

TRIBUZY, A. S. et. al., 2023; Finger, C. A. G; Tabaldi, L. A; Pauletto, D.; Rarújo, A. J. C; Camargo, P. B; Silva, K. G.; Tribuzy, E. S.: INFLUÊNCIA DOS DIFERENTES NÍVEIS DE LUMINOSIDADE SOBRE O CRESCIMENTO INICIAL DE PLANTAS DE *Myrocarpus frondosusAllemão* (FABACEAE). RevistaContemporânea, v. 3, n. 10, 2023. ISSN 2447-0961. DOI: 10.56083/RCV3N10-049.

UCHIDA, T. & CAMPOS, M. A. A. : **Influência do sombreamento no crescimento de Mudas de Cumarú (Dipterix odorata (AUBL.) WILLD. – FABACEAE) Cultivadas em viveiro**. 2000.

VALLADARES, F.; NIINEMETS, Ü. Shade tolerance, a key plant feature of complex nature and consequences. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, v. 39, p. 237-257, 2008.

VILELA, A.E.; RAVETTA, D.A.: The effect of radiation on seedling growth and physiology in four species of Proposis L. Mimosaceae). **Journal of Arid Environmental,** London, v.44, n.4, p.415-423. 2000.