

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA
E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL
CAMPUS IBIRUBÁ**

**PRODUÇÃO DE MUDAS DE ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) A
PARTIR DE MATRIZES SOMBREADAS E COM RADIAÇÃO SOLAR DIRETA
(Trabalho de Conclusão de curso)**

ÉMILI SALVA

Ibirubá, RS, Brasil

2025

ÉMILI SALVA

**PRODUÇÃO DE MUDAS DE ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) A
PARTIR DE MATRIZES SOMBREADAS E COM RADIAÇÃO SOLAR DIRETA
(Trabalho de Conclusão de curso)**

Trabalho de conclusão de curso apresentado junto ao curso de Bacharelado em Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientadora: Suzana Ferreira da Rosa

Ibirubá, RS, Brasil

2025

ÉMILI SALVA

**PRODUÇÃO DE MUDAS DE ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) A
PARTIR DE MATRIZES SOMBREADAS E COM RADIAÇÃO SOLAR DIRETA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado junto ao curso de Bacharelado em Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientadora: Suzana Ferreira da Rosa

Aprovado em 3 de agosto, 2025.

Prof. Dr. Suzana Ferreira da Rosa – Orientador

Engenheiro Florestal Andersson Pertuzzatti

Gestor Ambiental Milton José Busnello

Prof. Ben-Hur Costa de Campos – Coordenador
do Curso de Agronomia do IFRS – Campus Ibirubá

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho de conclusão de curso representa não apenas o fim de uma importante etapa acadêmica, mas também a concretização de um ciclo repleto de aprendizados, desafios e conquistas que levarei para toda vida.

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus, por estar sempre presente em minha vida, me fortalecendo, iluminando meus caminhos e me concedendo sabedoria nos momentos em que mais precisei.

À minha família, meu alicerce, deixo minha eterna gratidão pelo amor incondicional, apoio constante e por nunca deixarem de acreditar em mim. Em especial, meus pais e minha irmã, que estiveram sempre ao meu lado, e não mediram esforços para me ajudar a chegar até aqui.

À minha orientadora Prof. Suzana Ferreira da Rosa, registro meus mais profundos agradecimentos pela orientação precisa, pela paciência, dedicação, disponibilidade e por compartilhar seus conhecimentos de forma tão generosa. Sua presença foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao coorientador Milton Busnello, agradeço pelas contribuições pontuais e pelos auxílios prestados nos momentos em que foram necessários.

Aos professores e professoras do curso, que contribuíram de forma significativa para minha formação acadêmica e profissional. Levarei comigo os ensinamentos deixados.

Aos colegas e amigos que estiveram presentes nesta trajetória, pelo companheirismo, pelas conversas, pelas trocas e pelo apoio mútuo durante toda caminhada acadêmica.

Ao IFRS agradeço pela concessão da bolsa vinculada a este projeto. O apoio financeiro e institucional, que sem dúvidas foi fundamental.

À todas instituições, profissionais e colaboradores que, de alguma forma contribuíram para realização deste estudo, deixo aqui meu sincero reconhecimento.

Por fim, agradeço a todos que, direta ou indiretamente, fizeram parte deste percurso.

Muito obrigado(a)!

RESUMO

Trabalho de Conclusão de Curso

Curso de Agronomia

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - Campus Ibirubá

PRODUÇÃO DE MUDAS DE ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) A PARTIR DE MATRIZES SOMBREADAS E COM RADIAÇÃO SOLAR DIRETA

AUTOR: ÉMILI SALVA

ORIENTADOR: SUZANA FERREIRA DA ROSA

Ibirubá/RS, julho, 03, 2025.

A erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil) é uma espécie nativa da América do Sul, e desempenha um importante papel econômico, social e cultural na região Sul do Brasil. Tradicionalmente, a produção de mudas é realizada por meio da propagação sexuada, utilizando-se sementes. No entanto, essas sementes apresentam um mecanismo de dormência, exigindo a aplicação de tratamentos pré-germinativos, como a estratificação em areia, processo que dura em torno de seis meses antes da semeadura. Para acelerar o tempo de produção de mudas, a propagação por estaquia pode ser considerada uma técnica promissora. Apesar disso, sua adoção ainda é limitada, principalmente por apresentar uma baixa taxa de enraizamento das estacas. No entanto, as condições ambientais e a aplicação exógena de auxina influenciam o equilíbrio hormonal e a multiplicação da erva-mate, sendo essencial considerar ambos na propagação assexuada da planta. Diante disso, o presente estudo teve como objetivo avaliar a produção de mudas de erva-mate por meio da propagação sexuada e assexuada (estaquia), utilizando material coletado de plantas matrizes cultivadas sob diferentes condições de luminosidade: pleno sol e sombreamento. Na propagação por estaquia, foram realizados dois experimentos. O primeiro avaliou a interação entre dois ambientes (matrizes a pleno sol e sombreadas) e três concentrações de AIB (0, 500 e 1000 mg·L⁻¹). O segundo experimento considerou os fatores: ambiente (sol e sombra), idade da matriz (jovem e adulta) e duas concentrações de AIB (0 e 6000 mg·L⁻¹). Nos dois experimentos, foram contabilizadas a porcentagem de retenção foliar e de sobrevivência, onde em ambos, ao final das avaliações as taxas de sobrevivência foram nulas, não havendo resposta significativa a nenhum tratamento. Para o experimento com a propagação sexuada da erva-mate, foram utilizados dois tratamentos: sementes obtidas de matrizes sombreadas e sementes de matrizes em pleno sol, com 25 repetições. As variáveis avaliadas foram a emergência, altura e diâmetro do colo das mudas. Os resultados indicaram uma emergência mais rápida das sementes de matrizes a pleno sol; contudo, as sementes provenientes de matrizes sombreadas resultaram em maior número de plântulas ao final de 180 dias. Já em relação ao crescimento, as mudas provenientes de sementes de matrizes a pleno sol apresentaram maior altura e diâmetro de colo. No entanto, ressalta-se que tais variações podem estar associadas a diferenças genéticas entre as plantas matrizes, sugerindo a necessidade de novos estudos para maior precisão e controle das variáveis envolvidas.

Palavras-chave: Sombreamento; Estaquia; Propagação sexuada.

ABSTRACT

Completion of course work
Agronomy Course
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - Campus Ibirubá

PRODUCTION OF YERBA MATE (*Ilex paraguariensis* A. ST. HIL.) SEEDLINGS FROM MOTHER PLANTS GROWN UNDER SHADED AND FULL SUNLIGHT CONDITIONS

AUTHOR: ÉMILI SALVA
ADVISOR: SUZANA FERREIRA DA ROSA
Ibirubá/RS, julho, 03, 2025.

Yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil) is a native species of South America, the species provides an important economic, social and cultural role in southern Brazil. Traditionally, seedlings are produced through sexual propagation, using seeds. However, these seeds have a dormancy mechanism, requiring the application of pre-germination treatments, such as stratification in sand. This is a process that lasts around six months before sowing. The seedling production can be accelerated through vegetative propagation, this technique uses cuttings what can be a promising alternative. Nevertheless, the environmental conditions and the exogenous application of the hormonal auxin provide in balance and multiplication of yerba mate, and it is essential to consider both in the asexual propagation of the plant. The aim of this study was to evaluate the production of yerba mate seedlings through sexual and asexual propagation (cuttings). This study used cuttings collected from mother plants grown under different light conditions: full sun and shade. The propagation by cuttings it was by two experiments: The first experiment evaluated the interaction between two environments (full sun and shaded mother plants) and three concentrations of AIB (0, 500 and 1000 mg-L⁻¹). The second experiment used the following factors: environment (sun and shade), age of the matrix tree (young and adult tree) and two AIB concentrations (0 and 6000 mg-L⁻¹). In both experiments there was evaluated the percentage of leaf retention and the percentage survival of the cuttings. At the end of the evaluations, the survival rates were zero and there was no significant response to any treatment. For the experiment with the sexual propagation of yerba mate, there were used two treatments: seeds from the shaded tree and seeds from full sun tree, the both treatments had 25 repetitions. The variables were measured are emergence, height and neck diameter of the seedlings. The results indicated that the seeds from full sun matrices tree emerged more quickly; however, the seeds from shaded matrices tree resulted in a greater number of seedlings at the end of 180 days. The measured of the growth height and neck diameter the seedlings from seeds sown in full sun showed greater height and neck diameter. However, it was noted by that these variations may be associated with genetic differences between the parent plants tree. This is suggested if the need for further studies to improve precision and control of the variables involved.

Keywords: Shading; Cuttings propagation; Sexual propagation.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Distribuição do arranjo experimental.....17
- Figura 2** - Vasos utilizados para o plantio, cada vaso comportando 5 estacas de erva-mate...19
- Figura 3** - Número de plântulas emergidas em diferentes intervalos de tempo, de sementes de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) ao longo de 180 dias, obtidas de matrizes cultivadas a pleno sol e sombreadas.....33
- Figura 4** - Altura média (cm) de mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) em diferentes intervalos de tempo, ao longo de 180 dias, obtidas de matrizes cultivadas a pleno sol e sombreadas.....35

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Porcentagem de retenção foliar (%) e Taxa de sobrevivência (%) de estacas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) aos 30, 60 e 90 dias, obtidas de matrizes sombreadas e de pleno sol com diferentes doses de ácido indol butírico (AIB).....22
- Tabela 2** - Porcentagem de retenção foliar (%) e Taxa de sobrevivência (%) de estacas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) aos 30, 60 e 90 dias, obtidas de matrizes sombreadas e de pleno sol com diferentes doses de ácido indol butírico (AIB).....24
- Tabela 3** - Porcentagem de retenção foliar (%) e Taxa de sobrevivência (%) de estacas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) aos 30 e 60 dias, obtidas de matrizes sombreadas e de pleno sol com diferentes idades e dose de de ácido indol butírico (AIB).....26
- Tabela 4** - Porcentagem de retenção foliar (%) e Taxa de sobrevivência (%) de estacas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) aos 30 e 60, obtidas de matrizes sombreadas e de pleno sol com diferentes idades e doses de ácido indol butírico (AIB).....30
- Tabela 5** - Altura média (cm) e diâmetro médio (mm), de mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) aos 180 dias após a semeadura, obtidas de matrizes sombreadas e a pleno sol.....36

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 DESENVOLVIMENTO.....	10
2.1 REVISÃO DE LITERATURA.....	10
2.1.1 Erva-mate (<i>Ilex paraguariensis</i> A. St. Hil).....	10
2.1.2 Regiões Produtoras.....	11
2.1.3 Produção de mudas	12
2.1.3.1 Multiplicação Sexuada	12
2.1.3.2 Multiplicação Assexuada: Estaquia	14
2.2 METODOLOGIA.....	16
2.2.1 Experimento 1: Propagação vegetativa em diferentes níveis de sombreamento da matriz e doses de AIB.....	16
2.2.2 Experimento 2: Propagação vegetativa com matrizes de diferentes idades, cultivadas a pleno sol e sombreadas, com e sem o uso de AIB.....	18
2.2.3 Experimento 3: Propagação sexuada, com sementes obtidas de matrizes cultivadas a pleno sol e sombreadas	19
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
2.3.1 Experimento 1: Propagação vegetativa em diferentes níveis de sombreamento da matrizes e doses de AIB.....	21
2.3.2 Experimento 2: Propagação vegetativa com matrizes de diferentes idades, cultivadas a pleno sol e sombreadas, com e sem o uso de AIB.....	25
2.3.3 Experimento 3: Propagação sexuada, com sementes obtidas de matrizes cultivadas a pleno sol e sombreadas.....	32
3 CONCLUSÃO.....	37
4 REFERÊNCIAS.....	38

1 INTRODUÇÃO

A erva-mate (*Ilex paraguariensis* A St. Hill.) é uma espécie arbórea nativa da América do sul, endêmica da Floresta Ombrófila Mista, e abrange uma extensa área no Sul do Brasil, Paraguai e Argentina (Brito et al., 2017). A exploração comercial da espécie ocorre através do extrativismo de plantas nativas preservadas em propriedades rurais ou plantadas, resultando no que é conhecido no mercado como “erva-mate cultivada”(Hettwer, 2013).

O consumo predominante se dá através do chimarrão, porém, a indústria da erva-mate está expandindo com a fabricação de chás, energéticos, cosméticos, produtos de limpeza, entre outros. Além disso, a pesquisa sobre essa cultura vem crescendo consideravelmente devido aos benefícios à saúde oferecidos por suas propriedades (EMBRAPA; 2019).

Aproximadamente 80% da produção total de erva-mate é proveniente de propriedades com menos de 20 hectares e a mão de obra nessas propriedades consiste, em grande parte, de membros da família (Vasconcellos, 2012). A cultura tem sido essencial para agregar renda a pequenos e médios produtores, especialmente por se adaptar a terrenos irregulares que dificultam, de alguma forma, a mecanização. Ademais, essa cultura apresenta um alto rendimento produtivo, o que viabiliza uma renda expressiva mesmo com pequenas áreas cultivadas. De acordo com informações do IBGE (2023), a produção média de erva-mate foi de 8.976 kg por hectare cultivado.

No que se refere à eficácia e sucesso de produção, é imprescindível contar com mudas que possuam padrões genéticos e fisiológicos de alta qualidade, garantindo elevados índices de sobrevivência durante o plantio e resistência aos desafios ambientais (Winkelmann et al., 2022). Penteado e Goulart (2020) enfatizam também que, mudas de boa qualidade são aquelas capazes de resistir às adversidades do ambiente inserido, além de demonstrar altas taxas de sobrevivência no campo e gerar árvores com características desejáveis.

A obtenção de árvores altamente produtivas está diretamente relacionada à utilização de mudas de elevada qualidade, proveniente de matrizes geneticamente superiores. Para produção de mudas de erva-mate podem ser utilizados dois métodos: a multiplicação sexuada, amplamente adotada pelos viveiristas, e a multiplicação assexuada, sendo essa última representada, principalmente, pela propagação vegetativa por estaquia. É fundamental destacar que, independentemente do método escolhido, deve-se dominar todas as etapas do processo de produção, desde a seleção da matriz até o momento do plantio no campo, a fim de assegurar o desenvolvimento de mudas com qualidade e vigor, resultando em árvores adultas produtivas e robustas (Fowler; Sturion, 2000).

A técnica de propagar mudas a partir de sementes (multiplicação sexuada), embora largamente utilizada e com diversas vantagens, ainda enfrenta algumas adversidades, e a desuniformidade na germinação é considerado um dos principais problemas (Winhelmann, 2021). A autora ainda destaca que essa característica de crescimento desuniforme é devido às sementes apresentarem embrião imaturo, necessitando de um período para estratificação e dessa forma, conseguir completar seu desenvolvimento. Em decorrência de tais adversidades, pesquisas foram iniciadas, a fim de explorar a propagação vegetativa da erva-mate por meio da multiplicação assexuada por estaquia, fato que contribuiria para minimizar esses problemas.

A propagação vegetativa por estaquia possibilita que se realize a clonagem da planta matriz, permitindo dessa forma, selecionar as características de produção, tais como, alta produtividade de folhas verdes, resistência a estresses ambientais, vigor, dentre outros. Entre as vantagens deste método cabe destacar, a rapidez do processo e a uniformidade na produção. Quando conduzida adequadamente e com uma seleção criteriosa da planta matriz, essa técnica resultará em mudas de melhor qualidade em um menor período de tempo.

Neste sentido, busca-se identificar alternativas viáveis para obtenção de mudas de qualidade, com baixo custo e reduzida exigência tecnológica, visando oferecer ao produtor rural opções mais acessíveis e eficientes para a implantação de áreas de cultivo da erva-mate.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a produção de mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) por meio dos métodos de propagação sexuada (sementes) e assexuada via estaquia, utilizando material proveniente de plantas matrizes cultivadas sob diferentes condições de luminosidade: pleno sol e sombreamento.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 REVISÃO DE LITERATURA

2.1.1 Erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.)

A erva-mate pertence à família Aquifoliaceae, é uma planta da divisão das angiospermas, classe dicotiledônea e ordem Celastrales, cujo nome científico é designado de *Ilex paraguariensis* A. St. Hilaire (Carvalho; 2003).

É uma planta perene, capaz de conservar suas partes aéreas por várias estações, possui uma copa densa, e uma altura variável, que quando cultivada, oscila de 3 a 5 metros, e na floresta pode atingir até 30 metros de altura (Carvalho; 2003).

A erva-mate é uma espécie dióica, ou seja, os sexos se encontram separados em indivíduos distintos, exigindo, portanto, fecundação cruzada para sua reprodução (Stedille, 2020). Apesar de suas flores apresentarem, em sua morfologia, tanto estames quanto pistilos, essas estruturas não são simultaneamente funcionais (Ferreira Filho, 1957; Carvalho, 2003). Nas flores femininas, os estames encontram-se atrofiados e inativos, enquanto nas flores masculinas há degeneração do pistilo, o qual se deprime, tornando a fecundação cruzada a única forma reprodutiva viável para a espécie (Ferreira Filho, 1957).

De acordo com Brito et al. (2019), a erva-mate floresce tipicamente entre setembro e dezembro, variando conforme a região, enquanto a frutificação geralmente ocorre de dezembro a janeiro, terminando entre março e maio. Omar (2009) destaca que a reprodução da planta se inicia de forma gradual, a partir dos dois anos de idade em plantas que foram multiplicadas vegetativamente, e dos cinco anos em árvores oriundas de sementes.

Os frutos da erva mate são do tipo drupa, apresentando em média quatro sementes (Stedille, 2020), e o início de maturação das sementes é quando há uma mudança gradativa da coloração dos frutos, que quando maduros apresentam uma tonalidade violeta escuro (Zanon, 1988). A dispersão é zoocórica; os frutos quando maduros são ingeridos por pássaros, os quais disseminam as sementes por meio das fezes (Omar, 2009).

A qualidade fisiológica das sementes de erva-mate ainda é um desafio persistente, pois frutos amadurecidos contêm apenas 0,9% de sementes com embrião maduro, e tal fator é responsável pela germinação irregular e de baixa eficiência ao longo do tempo (Fowler; Sturion; Zuffellato-Ribas, 2010). Mesmo em condições ideais de umidade, temperatura e oxigênio, a semente recém-colhida de erva-mate não possui capacidade de germinar imediatamente, em razão do seu embrião imaturo e rudimentar, precisando passar por um período de dormência de até 2 anos para poder iniciar a germinação (Schaparini; Viecelli, 2011).

De maneira geral, a erva-mate é uma espécie que mostra adaptação a sombra em todos os estágios do seu desenvolvimento, porém suporta maior exposição à luz quando está na fase adulta, além de apresentar preferência por certos níveis de umidade. Embora seja uma árvore de sombra, ela apresenta um bom desenvolvimento sob a exposição solar direta, com exceção do período de transição (Omar, 2009).

2.1.2 Regiões produtoras

Natural da Floresta Ombrófila Mista, a erva-mate ocorre naturalmente no nordeste da Argentina, leste do Paraguai e na região sul do Brasil (Goulart, 2013). No Brasil, seu cultivo

comercial está especialmente presente nos estados do Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Mato Grosso do Sul (Gerhardt, 2003), desempenhando um importante papel no desenvolvimento econômico de municípios do Sul do país, onde se concentram os principais polos produtores de folha verde (Penteado e Goulart, 2019).

De acordo com informações do IBGE, no ano de 2023, o Brasil alcançou uma marca de produção superior a 783 mil toneladas de erva-mate. A região Sul é reconhecida como a maior produtora de folhas verdes da cultura, e durante o período de 2020/2022, o estado do Paraná se destacou ao contribuir com 46% da produção nacional, seguido pelo Rio Grande do Sul, com 39% da produção (ATLAS, 2022).

No estado do Rio Grande do Sul o cultivo está distribuído basicamente em cinco polos de produção, os quais incluem, Planalto e Missões, Vale do Taquari, Alto Taquari, Alto Uruguai e Nordeste Gaúcho (Winhelmann, 2012). Sendo que a maior parte da produção se concentra no Vale do Taquari, que nos anos de 2020 a 2022, teve como destaque o município de Arvorezinha, com uma média de produção de 36,440 toneladas por ano, e Ilópolis com 29,966 toneladas por ano (ATLAS, 2022).

2.1.3 Produção de mudas

A etapa de produção de mudas é uma das fases mais importantes para assegurar a produtividade e qualidade de espécies florestais (Wendling, Guastala; Dedecek, 2007). Conforme apontado por Dias et al. (2011), a utilização de mudas de alto padrão contribui para uma maior uniformidade no plantio e para o aumento da taxa de sobrevivência das plantas, reforçando a relevância estratégica dessa etapa no contexto de uma produção agrícola eficiente.

Para produção de mudas de erva-mate podem ser empregados dois métodos: a multiplicação sexuada, a qual utiliza as sementes como propágulo de reprodução; ou a multiplicação assexuada, realizada por meio da retirada de material vegetativo de uma planta matriz desejada (Davide e Melo, 2012).

2.1.3.1 Multiplicação sexuada

O método mais adotado pelos viveiristas para produção de mudas de erva-mate é o da multiplicação sexuada, a qual compreende uma sequência de etapas que inclui a coleta dos frutos, extração e beneficiamento das sementes, seguidos pela lavagem, semeadura,

germinação, emergência das plântulas e, por fim, a repicagem (Wendling; Guastala; Domingos, 2011).

A produção de mudas de erva-mate por meio da multiplicação sexuada é amplamente utilizada. Para realizar uma propagação eficiente, inicialmente deve-se observar as características da planta matriz de onde se coletam os frutos e a escolha deve ser feita baseada em objetivos de produção pré-estabelecidos e na qualidade fisiológica das plantas, em que características relacionadas ao vigor, sanidade e qualidade dos frutos devem ser consideradas (Radmann; Fachinello; Peters, 2002).

Esse método é muito difundido pois apresenta diversas vantagens, sobretudo a facilidade operacional e menor custo de produção, além de que, proporciona uma maior taxa de propagação, favorece a manutenção da maior variabilidade genética entre plantas e resulta em um sistema radicular mais bem desenvolvido (Penteado e Goulart, 2019; Wendling e Santin, 2015).

Contudo, plantios de erva-mate originados de sementes coletadas de forma não criteriosa tendem a apresentar um crescimento desigual, o que impacta negativamente na quantidade e qualidade da colheita (Wendling, 2004). Além disso, as mudas de erva-mate propagadas por sementes, apresentam, em geral, baixo poder germinativo, condição que segundo Winhelmann (2021) está atribuída ao mecanismo de dormência morfofisiológica característica das sementes da espécie. Nesse contexto, a dormência da semente de erva-mate configura-se como um dos principais entraves à produção eficiente de mudas. Fowler e Sturion (2000) acrescentam que, além do problema de imaturidade do embrião, as sementes se classificam como duras, ou seja, apresentam o tegumento impermeável, dificultando a absorção de água, as trocas gasosas e o processo de germinação.

Diante desse desafio, torna-se essencial o uso de técnicas que promovam a superação da dormência e o aumento da taxa germinativa. A estratificação é um processo amplamente utilizado e essencial para acelerar a superação da dormência das sementes, essa técnica envolve intercalar uma camada de sementes de até 2 cm de espessura entre duas camadas de areia, cada uma com 8 a 10 cm de profundidade, em um recipiente com fundo furado para assegurar que o excesso de água seja drenado (Penteado e Goulart, 2019). Por meio desse procedimento, evita-se o ressecamento do tegumento das sementes, ao mesmo tempo que baixa a tensão de oxigênio, e aumenta a de dióxido de carbono no meio, dessa forma, são criadas condições ideais para a maturação ou remoção de obstáculos que impedem o embrião de atingir seu pleno desenvolvimento (Cunha e Ferreira, 1978 *apud* Fowler e Sturion, 2000 p.4). Considerando, a dureza característica das sementes de erva-mate, Fowler e Sturion

(2000) indicam que antes de realizar a etapa de estratificação, após a despolpa deve-se deixá-las dentro da água por aproximadamente 24 horas, garantindo que o material glutinoso fermente, facilitando sua separação.

Após o período de estratificação, que dura aproximadamente seis meses, procede-se à semeadura, a qual pode ser realizada diretamente em sacos plásticos ou tubetes, ou ainda em canteiros para germinação, com posterior repicagem das plântulas emergidas para os recipientes definitivos onde ocorrerá seu pleno desenvolvimento (Penteado e Goulart, 2019).

O substrato utilizado deve ser bem aerado e com uma boa drenagem, a fim de garantir condições adequadas ao crescimento radicular (Wendling e Santin, 2015). A adubação de base deve ser ajustada conforme as características do substrato utilizado, enquanto a adubação de cobertura é feita com aplicação de solução nutritiva, cujos teores variam conforme o estágio de crescimento das mudas (Penteado e Goulart, 2019). Conforme ressalta Winhelmann (2021), para que as mudas possam se desenvolver adequadamente, é essencial fornecer os elementos minerais necessários, já que muitas vezes o substrato não contém os nutrientes em quantidade suficiente.

2.1.3.2 Multiplicação assexuada: Estaquia

De acordo com Bittencourt et al., (2009), a estratégia de multiplicar mudas por propagação vegetativa permite gerar exemplares geneticamente idênticos à planta mãe, ou seja, clones. Basicamente refere-se ao processo de multiplicação que acontece por meio de divisão e diferenciação celular, gerando novas estruturas de partes da planta-mãe e formando indivíduos geneticamente idênticos Fachinello; Hoffmann; Nachtigal, (2005). Essa técnica, pode ser usada no resgate de material genético superior, permitindo a reprodução de plantas com características produtivas desejáveis, por esse motivo, a seleção criteriosa das árvores-matrizes torna-se um processo fundamental para o sucesso da clonagem.

A estaquia consiste em promover o enraizamento de partes da planta, podendo ser ramos, raízes, folhas e até mesmo fascículos, e a capacidade de induzir essa regeneração radicular varia de acordo com a espécie, o genótipo e o estágio de maturação da planta doadora (Wendling, 2003). Essa técnica proporciona a produção de mudas com uma maior uniformidade, além de otimizar o tempo de crescimento e desenvolvimento da muda (Graça, 1998). Brondani et al. (2009) destacam que, embora a erva-mate possua matrizes com uma porcentagem de enraizamento baixa, a propagação vegetativa ainda se sobressai como a mais promissora dentro dos programas de melhoramento genético.

O que se destaca no processo de estaquia é o ganho genético obtido em um menor espaço de tempo, utilizando indivíduos selecionados (Quadros, 2009). Entretanto, essa técnica tem apresentado algumas limitações, sendo que, segundo Wendling (2004), os métodos de rejuvenescimento do material adulto vem sendo o principal entrave. Essa estratégia tem por objetivo obter materiais juvenis de uma árvore madura (Hackett e Murray, 1993 *apud* Quadros, 2009 p. 18). De acordo com Ferrari et al., (2004) quanto mais adulta for a planta matriz menor será a sua capacidade de enraizar. Bittencourt et al. (2009) recomendam o uso de material juvenil para a produção de estacas, ressaltando que esse material pode ser resgatado por meio de cortes rasos, e que a rebrota das árvores resultantes pode ser aproveitada na propagação vegetativa. Também podem ser realizados entalhes ou anelamento para induzir a formação de material vegetativo rejuvenescido.

Diversos fatores influenciam a regeneração e formação do sistema radicular das estacas. Para o êxito dessa técnica, primeiramente deve-se ter uma criteriosa seleção do material utilizado, bem como o tipo e época de coleta; a persistência de gemas e folhas e as condições ambientais durante o enraizamento (Hartmann et al., 2002 *apud* Quadros, 2009 p. 18).

Betanin e Nienow (2010), afirmam que o sucesso do enraizamento das estacas pode ser influenciado por diversos fatores relacionados tanto à planta matriz quanto ao ambiente em que o material é submetido. Entre os fatores internos, os autores destacam, aspectos como o estado fisiológico da planta mãe, a idade tanto da planta quanto das estacas, o tipo de estaca (que pode ser apical, mediana ou basal, além de herbácea, semi-lenhosa ou lenhosa), o momento da coleta, a predisposição genética para enraizamento, a saúde da planta, o equilíbrio hormonal e a tendência à oxidação dos compostos fenólicos. Já como fatores externos, Betanin e Nienow (2010), citam as condições ambientais, como temperatura, intensidade luminosa, umidade, características do substrato utilizado, além de práticas específicas de preparo das estacas, como a realização de cortes na base e o uso de reguladores de crescimento.

O enraizamento das estacas também é influenciado por diversos tipos de fitohormônios, como por exemplo as auxinas, citocininas, giberelinas, entre outros, sendo que a auxina vai promover uma maior eficácia na rizogênese das estacas, uma vez que ela é fundamental para iniciar o desenvolvimento de raízes adventícias e estimular à divisão celular (Quadros, 2009). Dentre as auxinas sintéticas mais utilizadas, Hettwer (2016) cita, o ácido indol-butírico (AIB) e o ácido naftalenoacético (ANA), onde segundo o autor, o AIB se destaca como um dos melhores estimulantes do enraizamento.

Wendling (2004) afirma que existe uma carência de estudos relacionados à aplicação de reguladores de crescimento no processo da estaquia, e as concentrações utilizadas variam de acordo de cada espécie, genótipo, estágio de maturação da matriz, entre outras (Xavier et al., 2009). Desta forma torna-se fundamental o estudo da aplicação deste fitohormônio na propagação vegetativa por estaquia da erva-mate.

2.2 METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido a partir de materiais de propagação coletados em matrizes de erva-mate existentes na área agrícola do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul Campus Ibirubá. O município de Ibirubá está localizado na região fisiográfica do Planalto Médio do Rio Grande do Sul, cujo clima é classificado como Cfa (subtropical úmido) (MORENO, 1961).

Este estudo foi estruturado em três experimentos: Os experimentos 1 e 2 através da propagação vegetativa por meio da estaquia, enquanto que o experimento 3 teve como foco a propagação sexuada, por sementes.

2.2.1 Experimento 1: Propagação vegetativa em diferentes níveis de sombreamento da matriz e doses de AIB

O experimento 1, é destinado ao estudo da propagação vegetativa da erva-mate por meio da técnica de estaquia, a qual buscou avaliar material proveniente de árvores sombreadas e pleno sol, bem como diferentes doses de AIB (ácido indolbutírico). O experimento foi conduzido na área experimental do IFRS - Campus Ibirubá, no ano de 2023. Para o desenvolvimento da pesquisa utilizou-se o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) em esquema bifatorial, com 4 repetições. Cada repetição foi composta por 7 estacas. Os tratamentos consistem em dois níveis de fator ambiente: planta matriz cultivada em ambiente sombreado e planta matriz cultivada à pleno sol (ambas de idade mais avançada, em torno de 40 anos); e três níveis do fator dose de AIB: 0 (testemunha), 500 mg.mg.l⁻¹ e 1000 mg.mg.l⁻¹.

Inicialmente, para realização do experimento, procedeu-se com a seleção das plantas matrizes. Para a produção de mudas originárias de matrizes mais velhas, recomenda-se a utilização de material rejuvenescido, a fim de favorecer o enraizamento adventício. Nesse contexto, realizaram-se podas nas plantas matrizes com o objetivo de estimular o desenvolvimento das brotações juvenis, as quais foram posteriormente utilizadas na obtenção das estacas. Vale ressaltar que as podas foram realizadas no mês de novembro de 2022.

Durante o período de inverno, oito meses após a poda e, com a brotação estabelecida, procedeu-se à coleta do material para a preparação das estacas. O material vegetativo foi coletado com uso de tesoura de poda e transportado em recipientes com água até o local destinado à produção de mudas. Esse cuidado no transporte é feito para preservar a hidratação do material vegetativo. Em seguida foram efetuadas a seleção dos ramos e a preparação das estacas.

Cada estaca foi confeccionada em um tamanho de 10 cm, cortadas em bisel na base e retas no ápice, deixando apenas um par de folhas reduzida à metade, a fim de reduzir a superfície de evapotranspiração.

Após a seleção das estacas, as bases das mesmas foram imersas por 10 segundos no AIB a 500 Mg.l^{-1} e a 1000 Mg.l^{-1} , enquanto que as repetições da testemunha foram colocadas diretamente no substrato. Esse processo foi realizado seguindo a distribuição aleatória do arranjo experimental conforme a Figura 1.

Figura 1 - Distribuição do arranjo experimental.



T1 corresponde a sombra + dose 0; T2 a sombra + 500 Mg.l^{-1} ; T3 a sombra + 1000 Mg.l^{-1} ; T4 a sol + dose 0; T5 a sol + 500 Mg.l^{-1} ; T6 a sol + 1000 Mg.l^{-1} .

Fonte: O autor, (2023)

As embalagens utilizadas para o plantio foram sacos plásticos, nos quais, no momento da produção das mudas já estavam preenchidos com substrato previamente preparado em outro momento. O substrato utilizado foi o da marca Dako, composto por uma mistura de turfa de sphagno, vermiculita expandida, casca de arroz torrefada, calcário dolomítico, gesso agrícola e fertilizante NPK, indicado para produção de espécies florestais. Os sacos plásticos com substratos foram dispostos em um canteiro, sendo distribuídos uma fileira com 7 embalagens correspondente a uma repetição. Após o plantio das estacas, foi montado uma

estrutura na parte superior, destinada à sustentação da tela de sombreamento (sombrite 50% de redução), com o intuito de reduzir a incidência de radiação solar direta sobre as estacas.

As estacas foram molhadas manualmente com o auxílio de um regador diariamente, exceto dias de chuva. Para as avaliações contabilizou-se a taxa de retenção foliar e a porcentagem de sobrevivência das estacas, aos 30, 60 e 90 dias após a implantação.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância em esquema bifatorial: ambiente da matriz X doses de AIB, e no caso de significância as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey para ambiente e análise de regressão para dose de AIB.

2.2.2 Experimento 2: Propagação vegetativa com matrizes de diferentes idades, cultivadas a pleno sol e sombreadas, com e sem o uso de AIB

No experimento 2, foi estudado também a propagação vegetativa da erva-mate por meio da técnica de estaquia, onde foram testados o nível de sombreamento e idade da matriz, e a aplicação de AIB. O experimento foi conduzido em uma estufa, na área experimental do IFRS - Campus Ibirubá, no ano de 2024. Nesse caso foi adotado o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), em esquema bifatorial, com quatro repetições. Os tratamentos foram compostos por planta matriz velha sombreada, planta velha cultivada a pleno sol, planta jovem sombreada e planta jovem à pleno sol; e aplicação de AIB na dose de $6.000 \text{ mg} \cdot \text{mg}^{-1}$ e testemunha (sem adição de AIB). Estima-se que a idade das matrizes velhas é em torno de 40 anos, enquanto que as jovens possuíam 6 anos de idade.

Assim como no experimento 1, a primeira etapa consistiu na seleção das plantas matrizes. Para as matrizes mais velhas, foram realizadas podas com o objetivo de induzir a brotação e, posteriormente, utilizar o material na confecção das estacas.

Cada estaca foi confeccionada em um tamanho de 15 cm, cortadas em bisel na base e retas no ápice, deixando apenas 50% da superfície das folhas por estaca a fim de reduzir a superfície de evapotranspiração. Com todas prontas, a base de cada estaca foi colocada em contato com pó do AIB a uma concentração de 6000 mg/l, de forma que observa-se a presença do pó esbranquiçado e imediatamente implantadas no substrato, e as estacas sem aplicação de AIB foram colocadas diretamente no substrato. As embalagens utilizadas para o plantio foram vasos plásticos com capacidade de 3 litros, onde cada vaso comportou 5 estacas. Cada vaso com 5 estacas corresponde a uma repetição (figura 2). O substrato utilizado foi Carolina Soil padrão composto por turfa de Sphagnum, vermiculita expandida, fibra de coco, resíduo orgânico, resíduo orgânico agroindustrial Classe A e calcário. No momento do plantio das estacas, as embalagens já estavam com o substrato previamente

preparado. As estacas foram colocadas em estufa de irrigação por aspersão automatizada, sendo irrigada 1 minuto a cada hora das 8h da manhã até as 18h.

Figura 2 - Vasos utilizados para o plantio, cada vaso comportando 5 estacas de erva-mate.



Fonte: O autor, (2024)

Para as avaliações, foram estimados o percentual de retenção foliar por estaca e a taxa de sobrevivência, aos 30 e 60 dias, pretendia-se realizar mais avaliações, no entanto a taxa de sobrevivência foi nula aos 90 dias.

2.2.3 Experimento 3: Propagação sexuada, com sementes obtidas de matrizes cultivadas a pleno sol e sombreadas

O experimento 3, é voltado para a propagação da erva-mate por meio de sementes. Para este estudo, adotou-se o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), formado por dois tratamentos: sementes proveniente de plantas matrizes cultivadas em ambiente sombreado e sementes oriundas de matrizes mantidas a pleno sol. Cada tratamento foi composto por 25 repetições (tubete plástico).

O experimento foi conduzido no município de Putinga, no estado do Rio Grande do Sul, no período de setembro de 2024 até maio de 2025, em uma estufa convencional utilizada para a produção de mudas de erva-mate. A estufa usada para o experimento é composta por cobertura plástica na parte superior e protegida nas laterais com tela de sombreamento

(sombrite), o que reduz a incidência direta de radiação solar, permite maior circulação de ar e atua como barreira física contra insetos maiores. Dessa forma, não há controle preciso da temperatura interna, por exemplo, sendo o único fator manejado de forma programada a irrigação, realizada por aspersão com horários previamente definidos.

Para a implantação do experimento, inicialmente foram selecionadas as plantas matrizes e quando os frutos alcançaram a plena maturação procedeu-se com a coleta. Após a coleta, os mesmos foram imersos em água por algumas horas, facilitando a remoção da polpa, para em seguida, com a polpa removida, realizarmos a retirada das sementes.

Considerando que as sementes da erva-mate apresentam um mecanismo de dormência, foi necessário submetê-las a um período de estratificação visando acelerar a superação desse estado. Para realizar esse processo, utilizaram-se dois baldes perfurados no fundo: um destinado às sementes das matrizes sombreadas e outro para as matrizes expostas ao sol. Cada recipiente foi preenchido com uma espessa camada de areia, seguida por uma fina camada de sementes e, por fim, outra camada mais fina de areia. O material foi mantido úmido constantemente ao longo do processo, que durou aproximadamente seis meses..

Finalizado o período de estratificação, as sementes foram cuidadosamente retiradas da areia e lavadas com o auxílio de uma peneira para a remoção de resíduos. Uma vez feito isso, procedeu-se à semeadura em tubetes previamente preenchidos com substrato, sendo três sementes inseridas por unidade. O substrato utilizado consistiu em uma mistura de casca de pinus decomposta e casca de arroz carbonizada, na proporção de 60% e 40%, respectivamente.

O experimento todo foi conduzido em estufa, as irrigações foram programadas para acionar 4 vezes por dia, com duração de 5 minutos.

Para avaliação do desenvolvimento das mudas, foram mensurados os seguintes parâmetros: número de plântulas emergidas, altura de plantas e diâmetro de colo.

A emergência das plântulas foi determinada com quantificação do número de indivíduos emergidos em cada um dos tratamentos avaliados (sol e sombra). A primeira contagem foi realizada já aos 30 dias após a semeadura. A partir dessa data, as avaliações subsequentes foram realizadas em intervalos regulares de 15 dias, totalizando um período de 180 dias de monitoramento contínuo.

Após o desenvolvimento das mudas, procedeu-se a avaliação de altura, a qual foi medida ao longo de 180 dias, com o auxílio de uma régua graduada. Para o diâmetro, foi realizada a medição aos 180 dias, com auxílio de um paquímetro digital.

As análises de emergência e altura de plantas ao longo de 180 dias a partir da semeadura foram expressas em gráficos para ilustrar a evolução e comportamento dos tratamentos ao longo do período. A altura e diâmetro medidos aos 180 dias foram submetidos à análise de variância e no caso de significância submetidas ao teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Experimento 1: Propagação vegetativa em diferentes níveis de sombreamento da matriz e doses de AIB

Nas avaliações das mudas propagadas via estaquia não foram observadas interações entre a condição ambiental (sol e sombra) com dose de AIB (enraizador ácido indol butírico) aos 30, 60 e 90 dias após o plantio, para as variáveis retenção foliar e porcentagem de sobrevivência.

Aos 120 dias após a implantação do experimento, todas as estacas encontravam-se mortas, dessa forma encerram-se às avaliações.

Na primeira avaliação efetuada aos 30 dias após o plantio, observou-se que as estacas oriundas de matrizes sombreadas apresentaram, significativamente, maior retenção foliar, com uma porcentagem de 26,20% em comparação com as provenientes de matrizes em pleno sol que mantiveram somente 2,38% de folhas nas estacas (Tabela 1). Esse padrão manteve-se aos 60 dias, com valores de 17,86% e 2,38% para sombra e sol, respectivamente, indicando uma maior capacidade das estacas provindas de matrizes sombreadas manterem folhas nos primeiros estágios do enraizamento.

Aos 90 dias, embora tenha ocorrido uma redução da retenção foliar em ambos os tratamentos, não houve diferença estatística significativa entre eles. O tratamento com estacas retiradas de matrizes sombreadas apresentou uma porcentagem de 7,14%, enquanto o tratamento com matrizes a pleno sol manteve 2,38% de retenção foliar, sugerindo que, ao final do período, a queda foliar foi generalizada independentemente das condições da origem das estacas.

Tabela 1 - Porcentagem de retenção foliar (%) e Taxa de sobrevivência (%) de estacas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) aos 30, 60 e 90 dias, obtidas de matrizes sombreadas e de pleno sol com diferentes doses de ácido indol butírico (AIB).

Tratamento	Retenção foliar (%)			Taxa de Sobrevivência (%)		
	30 dias	60 dias	90 dias	30 dias	60 dias	90 dias
Sombra	26,20 a	17,86 a	7,14 a	59,52 b	33,33 b	15,47 a
Sol	2,38 b	2,38 b	2,38 a	83,32 a	64,28 a	17,86 a

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Em relação aos valores da taxa de sobrevivência, o comportamento foi inverso ao da retenção foliar. Nas avaliações aos 30 dias, as estacas provindas de matrizes a pleno sol apresentaram uma maior taxa de sobrevivência em relação às de sombra, com uma porcentagem de 83,32% para sol e 58,52% para sombra. Aos 60 dias, esse padrão se manteve, houve uma queda no número de estacas sobreviventes para ambos tratamentos, no entanto o tratamento de sol ainda se sobressaiu com 64,28% e o de sombra manteve uma menor porcentagem, com 33,33%.

Na avaliação aos 90 dias, os tratamentos não diferiram entre si, com uma taxa de 17,86% para sol e 15,47% para sombra, evidenciando que houve uma queda acentuada na sobrevivência para ambos os tratamentos.

No início do experimento, observou-se a queda parcial das meias folhas, que apresentaram escurecimento progressivo antes de caírem. Apesar de muitas estacas permanecerem vivas mesmo após a abscisão foliar, ao final do período experimental todas acabaram secando e morrendo. Situação semelhante foi relatada por Higa (1982), que em um estudo que avaliou a capacidade de enraizamento das estacas de erva-mate em função do tipo de material vegetativo, observou que estacas confeccionadas a partir de material de rebrota, apresentaram uma elevada taxa de mortalidade logo nos primeiros dias, o que restringiu as avaliações ao período de 30 dias. Embora a autora não tenha identificado também a causa da mortalidade das estacas, Higa (1982) relatou que, assim como no presente experimento, as meia folhas apresentaram manchas escuras antes de caírem.

A porcentagem de retenção foliar aos 30, 60 e 90 dias foi maior para o tratamento de sombra. No entanto, ao relacionar esses dados com as avaliações de sobrevivência,

observou-se que as mudas que apresentaram os menores índices de retenção foram as que, paradoxalmente, permaneceram por mais tempo vivas, nesse caso as estacas providas de matrizes à pleno sol. Desta forma, inicialmente, a presença de folhas nas estacas não exerceu influência positiva sobre a taxa de sobrevivência. Contudo, aos 90 dias, essa diferença não foi mais observada, indicando que os tratamentos não diferiram significativamente entre si.

Efeito semelhante foi obtido por Santos (2011) que observou em seu estudo com a propagação vegetativa da erva-mate, que a aplicação de AIB em um dos genótipos resultou em uma retenção foliar de apenas 28,8%, mas, ainda assim, esse genótipo apresentou uma elevada taxa de sobrevivência das estacas, alcançando 91,7%. Em contraste, os demais genótipos analisados seguiram a correlação esperada entre retenção de folhas e sobrevivência. Diante desses resultados, o autor destaca que a relação entre a presença de folhas e a sobrevivência das estacas pode variar entre genótipos, o que evidencia a existência de variabilidade genética quanto à importância da retenção foliar para a manutenção da vitalidade das estacas.

Oliveira e Dorigon (2016), ao estudar a propagação vegetativa da erva-mate por estaquia com diferentes dosagens de AIB e épocas de plantio, verificou que estacas que perderam suas folhas apresentaram baixa sobrevivência. Vieira (2022), também constatou que a ausência de folhas comprometeu negativamente o enraizamento de estacas de erva-mate.

No presente estudo, esperava-se que a queda das meia folhas estivesse relacionada à com a sobrevivência das estacas. Hettwer (2016) afirma que a relação positiva entre a capacidade de retenção foliar e a sobrevivência devem ser destacadas, afinal as folhas garantem um bom suprimento de energia e são fontes produtoras de auxinas e cofatores, substâncias fundamentais para o processo de enraizamento. Complementando essa perspectiva, Morales (1990) ressalta que a presença de folhas em estacas é um requisito essencial para a propagação bem sucedida de algumas espécies perenes.

Ao se trabalhar com espécies de difícil propagação, é possível manter um maior enraizamento quando plantas matrizes são mantidas em ambientes com maior nível de sombreamento, que por sua vez, influencia a presença de inibidores naturais do crescimento e compostos fenólicos, o que reduz processos oxidativos e necrose nos tecidos, contribuindo para um ambiente mais favorável à formação de raízes Quadros (2009).

Ao final do presente estudo, ao contrário do esperado, a porcentagem de estacas vivas não foi afetada significativamente pelo nível de sombreamento das plantas matrizes, desta forma, se torna necessário novos estudos mais precisos, a fim de verificar como o fator radiação solar direta e pleno sombreamento poderiam influenciar no enraizamento de estacas.

No que se refere às doses de AIB, nas avaliações aos 30, 60 e 90 dias, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos, tanto para os dados de retenção foliar, quanto para a taxa de sobrevivência. Apesar disso, observou-se uma maior propensão de retenção foliar em estacas sem o tratamento com AIB (dose de 0 mg L⁻¹) em todas as avaliações.

Nas análises de retenção foliar aos 30 dias, as estacas sem o enraizante apresentaram uma média de 21,44%, enquanto as doses de 500 e 1000 mg.L⁻¹ resultaram em taxas de 7,15% e 14,29%, respectivamente (Tabela 2). Embora não haja diferença estatística neste primeiro levantamento, já pôde ser observado a tendência de maior retenção em estacas com dose de 0 mg.L⁻¹. Aos 60 dias, esse comportamento se manteve, em que na ausência de AIB obteve-se uma porcentagem de retenção foliar de 16,07%, na dose de 500 mg.L⁻¹ de 5,36% e na de 1000 mg.L⁻¹ de 8,93%. Ambos tratamentos mantiveram percentuais residuais, ou seja, não houve uma grande redução de retenção foliar.

Tabela 2 - Porcentagem de retenção foliar (%) e Taxa de sobrevivência (%) de estacas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) aos 30, 60 e 90 dias, obtidas de matrizes sombreadas e de pleno sol com diferentes doses de ácido indol butírico (AIB)

Doses (mg.l ⁻¹)	Retenção foliar (%)			Sobrevivência (%)		
	30 dias	60 dias	90 dias	30 dias	60 dias	90 dias
0	21,44 a	16,07 a	10,71 a	64,26 a	51,78 a	23,21 a
500	7,15 a	5,36 a	3,57 a	76,77 a	44,64 a	12,5 a
1000	14,29 a	8,93 a	0 a	73,21 a	49,99 a	14,28 a

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Aos 90 dias, os dados de retenção foliar foram baixos em todos os tratamentos, sendo 10,71% na dose zero, 3,57% na dose de 500 mg.L⁻¹ e 0% (nula) na dose de 1000 mg.L⁻¹, indicando que houve uma queda foliar generalizada, e por mais que pode ser observado inicialmente a tendência de que sem o AIB a retenção estava maior, as taxas em todas as avaliações não apresentaram diferença significativa.

No que se refere à porcentagem de sobrevivência, aos 30 dias, as estacas colocadas diretamente no substrato sem o AIB (0 mg.L⁻¹) apresentaram uma taxa de sobrevivência de

64,26%, enquanto as com doses de 500 mg.L⁻¹ e 1000 mg.L⁻¹, obtiveram uma taxa de 76,77% e 73,21%, respectivamente. Essa diferença não foi estatisticamente significativa.

Aos 60 dias, houve uma redução da sobrevivência em ambos tratamentos, na dose 0 mg.L⁻¹ reduziu para 51,57%, na dose de 500 mg.L⁻¹ para 44,64% e na de 1000 mg.L⁻¹ 49,99%. Nas avaliações dos 90 dias, todas as doses apresentaram uma queda acentuada nas taxas de sobrevivência das estacas, com os seguintes valores: 23,21% (0 mg.L⁻¹), 14,28% (500 mg.L⁻¹) e 12,5% (1000 mg.L⁻¹). Houve uma tendência de maior sobrevivência para estacas sem o AIB aos 60 e 90 dias de avaliação, no entanto, esses dados não diferiram significativamente entre si.

De modo geral, esperava-se que a aplicação do AIB contribuísse de forma positiva para o enraizamento, refletindo em maior retenção foliar e taxa de sobrevivência. No entanto, os resultados demonstraram que o uso do regulador de crescimento não exerceu influência sobre esses parâmetros nas condições avaliadas. Ainda que inicialmente as doses de 500 e 1000 mg L⁻¹ tenham apresentado numericamente maiores taxas de sobrevivência, os números foram reduzindo com o tempo, e as estacas sem o AIB tenderam a apresentar maiores taxas, no entanto por mais que haja essa propensão, os resultados não mostraram diferença estatística entre si, o que sugere que nenhum tratamento foi eficaz, levando em consideração também, que ao final a taxa de sobrevivência foi nula para todos os tratamentos.

O fato de que os resultados obtidos no presente estudo, não mostraram influência significativa no enraizamento das estacas e conseqüentemente na sobrevivência, corrobora com Santos (2011), que identificou que o sucesso da estaquia da erva-mate está mais relacionado ao genótipo do que a aplicação de auxina. Esse padrão é reforçado por Bittencourt et al. (2009), cujo estudo indicou que o rejuvenescimento dos ramos teve efeito mais expressivo no enraizamento do que a aplicação de AIB. Considerando que o presente trabalho utilizou material oriundo de matrizes mais velhas, com aplicação de AIB em concentrações moderadas, é possível que a resposta limitada ao regulador vegetal esteja relacionada tanto à idade das matrizes quanto à variabilidade genética do material testado.

2.3.2 Experimento 2 - Propagação vegetativa com matrizes de diferentes idades, cultivadas a pleno sol e sombreadas, com e sem o uso de AIB

Nas avaliações das mudas propagadas via estaquia não foram observadas interações entre a condição ambiental e idade (sol velho, sombra velha, sol jovem e sombra jovem) com dose de AIB (enraizador ácido indolbutírico) aos 30, 60 dias após o plantio, para as variáveis retenção foliar e porcentagem de sobrevivência.

Aos 90 dias após a implantação do experimento, todas as estacas encontravam-se mortas, dessa forma encerram-se às avaliações.

A Tabela 3 apresenta os valores de retenção foliar (%) e a taxa de sobrevivência (%) das estacas de erva-mate, aos 30 e 60 dias após o plantio, provindas de material rejuvenescido de matrizes sob diferentes condições de radiação solar (pleno sol sombra) e de diferentes idades (matrizes mais velhas e matrizes jovens).

Tabela 3 - Porcentagem de retenção foliar (%) e Taxa de sobrevivência (%) de estacas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) aos 30 e 60 dias, obtidas de matrizes sombreadas e de pleno sol com diferentes idades e dose de de ácido indol butírico (AIB).

Tratamento	Retenção foliar (%)		Sobrevivência (%)	
	30 dias	60 dias	30 dias	60 dias
Sombra velha	0 b	0	22,5 b	0 a
Sol velha	0 b	0	52,5 ab	2,5 a
Sombra Jovem	10 b	0	57,5 a	2,5 a
Sol Jovem	35 a	0	70,0 a	7,5 a

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Na primeira avaliação realizada aos 30 dias após a implementação, observou-se que as estacas provenientes de plantas matrizes jovens cultivadas a pleno sol (tratamento “sol jovem”) apresentaram uma maior taxa de retenção foliar, com uma porcentagem de 35%. Já os demais tratamentos, sombra jovem, sol velha e sombra velha, não apresentaram diferença estatística entre si, apresentando valores de 10%, 0% e 0% , respectivamente. Tais resultados sugerem que inicialmente a idade das matrizes e o nível de sombreamento exerceu influência sobre a capacidade das estacas de manterem folhas. Aos 60 dias, nenhuma estaca, independente do tratamento, manteve folhas.

No que diz respeito à taxa de sobrevivência, nas avaliações aos 30 dias após a implantação do experimento, também foi evidenciada a influência conjunta da idade da planta-matriz e da condição de radiação solar. Os resultados aos 30 dias indicaram um desempenho superior em tratamentos oriundos de matrizes jovens, em que o tratamento “sol jovem” apresentou um percentual de sobrevivência de 70%, seguido por “sombra jovem” com um índice de 57,5%. Ambos não diferiram estatisticamente entre si. Os tratamentos sombra e sol com matrizes de idade mais avançadas apresentaram percentuais de 22,5% e 52,5%, respectivamente. Observa-se nesse contexto, que o tratamento conduzido com estacas

coletadas a partir de matrizes mais velhas sob sombreamento, resultou no menor percentual de sobrevivência entre todos os grupos avaliados aos 30 dias.

Aos 60 dias, após a instalação do experimento, verificou-se uma redução expressiva nas taxas de sobrevivência em todos os tratamentos, com valores consideravelmente inferiores aos registrados nas avaliações aos 30 dias. O tratamento “sol jovem” (matrizes jovens cultivadas a pleno sol) apresentou uma porcentagem de 7,5% de sobrevivência. Já estacas provindas de matrizes jovens sombreadas (“sombra jovem”), alcançaram apenas 2,5% de sobrevivência - mesmo percentual foi obtido para o tratamento “sol velho”. Por sua vez, o grupo composto por estacas de matrizes mais velhas sob ambiente sombreado, não apresentou sobrevivência, registrando índice nulo (0%). Embora os dados numéricos indiquem uma leve tendência de maior persistência das estacas no tratamento “sol jovem”, a análise estatística revelou que não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Ao relacionar os dados de retenção foliar com os de sobrevivência, observa-se que as estacas que apresentaram maior retenção de folhas nos primeiros 30 dias, foram as que permaneceram vivas por mais tempo. A influência positiva da presença de folhas com a sobrevivência foi constatada por Nienow et al., (2010), em um estudo com a estaquia de quaresmeira (*Tibouchina sellowiana*), ao observar que a morte de estacas tem relação direta com a retenção de folhas, afirmando que a capacidade de enraizamento está intimamente ligada à presença das folhas. Os autores ainda destacam que a manutenção de folhas nas estacas pode favorecer a produção de fotoassimilados, auxinas e cofatores essenciais ao enraizamento.

A relação entre a presença de folhas e a taxa de sobrevivência das estacas também foi confirmada por outros pesquisadores em diferentes espécies. Betanin e Nienow (2010), por exemplo, destacaram que a presença de folhas nas estacas é um fator crucial para o êxito da propagação vegetativa por estaquia. Em seus experimentos com estacas caulinares herbáceas da corticeira-da-serra sem folhas com dois anos de idade, observaram alta mortalidade e ausência de enraizamento nas estacas desprovidas de folhas. Por outro lado, estacas que foram mantidas dois folíolos laterais reduzidos a metade e tratadas com AIB (3.000 mg L⁻¹) apresentaram enraizamento moderado. Fochesato et al. (2006), em um estudo com a estaquia do louro (*Laurus nobilis* L.), realizaram testes mantendo 0, 2 ou 4 folhas nas estacas, e verificaram que o número de folhas presentes nas estacas apresentaram influência direta com a sobrevivência. Os resultados apresentaram uma mortalidade de 100% em estacas com ausência de folhas, por outro lado com a manutenção de 2 e 4 folhas, a mortalidade foi de 16,7% e 11,5%, respectivamente. Os autores atribuíram a elevada mortalidade das estacas

com ausência de folhas, ao esgotamento das reservas para a brotação, e à ausência de hormônios e carboidratos. Dessa forma, o fato de ter ocorrido uma queda precoce das folhas nas estacas, pode ter influenciado no processo de enraizamento, não havendo formação de raízes e conseqüentemente acarretou a não sobrevivência das estacas.

No presente estudo, os resultados obtidos nos mostram que as estacas que foram confeccionadas a partir de material vegetativo coletado de matrizes jovens, foram as que inicialmente se mostraram mais promissoras ao desenvolvimento do que comparadas às estacas de brotos rejuvenescidos oriundos de matrizes mais velhas. Fato semelhante foi comprovado por Iritani (1981), em um experimento com estaquia de erva-mate a partir de matrizes com 40 anos de idade, a qual constatou uma mortalidade de aproximadamente 90%. À medida que a planta envelhece, ocorrem reduções nas taxas de divisão celular e na capacidade regenerativa, o que compromete o enraizamento das estacas Wang e Anderson (1989 *apud* Schwengber e Kersten, 2000 p. 32).

A relação da idade da planta matriz com o sucesso do estabelecimento de cultivos clonais, também foi evidenciado por Stuepp et al (2015), ao avaliar o enraizamento de estacas de erva-mate provenientes de brotações induzidas por anelamento e de cepa. O estudo considerou variáveis como a influência da brotação, idade das plantas matrizes, aplicação de ácido indolbutírico e a época de coleta. Entre os resultados, destacou que estacas obtidas de matrizes com 17 anos apresentaram um maior número de raízes por unidade, diferindo significativamente de estacas oriundas de plantas com mais de 80 anos, as quais apresentaram um menor desempenho. Estacas obtidas de matrizes e idades juvenis geralmente apresentam uma maior capacidade de enraizamento quando comparadas àquelas oriundas de indivíduos em estágios mais avançados de maturação Reineke et al., (2002, *apud* Stuepp et al., 2015 p. 523).

O estabelecimento de clones de erva-mate a partir de exemplares adultos representa um obstáculo significativo para pesquisadores Wendling et al, (2007), no entanto, por mais que haja essa maior dificuldade, muitos estudos apresentam resultados positivos quando realizado o rejuvenescimento da planta a partir da de cepa, método utilizado no presente estudo. Ademais, neste experimento não foram obtidos resultados positivos. Bitencourt et al. (2009), ao estudar o enraizamento de estacas de erva-mate providas de brotações rejuvenescidas, obtiveram resultados superiores de porcentagem de enraizamento (65,50%), quando comparadas àquelas provenientes de brotações do ano (8,50%), os autores ainda complementam que ramos obtidos pela de cepa da matriz terão maior capacidade de enraizar, possibilitando que se faça a clonagem de plantas consideradas difíceis de enraizar.

Wendling et al., (2007), apontam que a dificuldade de enraizamento em árvores adultas está associada a diversos fatores limitantes, entre os quais se destaca a ausência de métodos eficazes de rejuvenescimento, além da necessidade de ajustes nas práticas de manejo e técnicas de propagação vegetativa. Esses obstáculos contribuem para a redução da capacidade de regeneração e dificultam a clonagem de indivíduos mais velhos. Complementando essa perspectiva, Hunsen (2012), sugere que o maior vigor observado em plantas jovens pode estar relacionado à presença de inibidores fisiológicos e a redução gradual do conteúdo de cofatores, à medida que a planta vai se tornando adulta. Tais considerações reforçam a importância de se investigar estratégias que favoreçam o enraizamento, especialmente com materiais de matrizes adultas, como forma de superar as limitações que podem estar impostas.

Casagrande Junior (1999), em um experimento que avaliou a ocorrência de carboidratos não estruturais e fenóis solúveis totais de folhas e caules de estacas semilenhosas de plantas matrizes de araçazeiro, submetidas a diferentes níveis de radiação solar, ressalta que o sombreamento representa um fator benéfico no contexto da preparação do material vegetativo destinado a propagação. Casagrande Junior (1999) observou que o aumento do sombreamento teve relação direta com o acúmulo de amido em folhas e caules, além de promover uma redução significativa de compostos fenólicos, especialmente nas folhas. Por outro lado, a redução do sombreamento resultou em menores teores de carboidratos redutores tanto nas folhas quanto nos caules, enquanto os teores de carboidratos solúveis apresentaram uma leve redução, embora sem impacto estatístico relevante. Esses resultados reforçam a importância do manejo de luminosidade na formação do material vegetativo, destacando o sombreamento como um fator promissor para obtenção com estacas de maior teor de reservas energéticas e menor presença de substâncias potencialmente inibitórias ao enraizamento. Sendo assim, se faz fundamental a realização de novos estudos que investiguem como diferentes níveis de radiação solar na planta-matriz interferem na sobrevivência e desenvolvimento fisiológico das estacas.

Quanto aos efeitos da aplicação do ácido indol butírico (AIB), nas avaliações aos 30 e 60 dias, inicialmente foram observadas diferenças significativas para os dados de retenção foliar e aos 60 dias não houve diferença significativa entre os tratamentos. Apesar disso, pode-se afirmar que ocorreu uma tendência de maior retenção em estacas tratadas com o AIB.

Com relação à retenção foliar aos 30 dias, observa-se que as estacas tratadas com o AIB a 6000 mg.L^{-1} apresentaram maior capacidade de manter folhas com uma taxa de 18,75% (Tabela 4), em comparação a sem aplicação que somente 3,75% das estacas foram capazes de

manter uma retenção. Dessa forma, nessa primeira avaliação pode-se afirmar que o AIB contribuiu positivamente para a manutenção das folhas. Aos 60 dias, os dados de retenção foram nulos (0%) para ambos os tratamentos.

Tabela 4 - Porcentagem de retenção foliar (%) e Taxa de sobrevivência (%) de estacas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) aos 30 e 60, obtidas de matrizes sombreadas e de pleno sol com diferentes idades e doses de ácido indol butírico (AIB).

Doses (mg.l ⁻¹)	Retenção foliar (%)		Sobrevivência (%)	
	30 dias	60 dias	30 dias	60 dias
0	3,75 b	0	42,50 a	2,75 a
6000	18,75 a	0	58,75 a	3,75 a

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

No que se refere a taxa de sobrevivência, os dados dos 30 dias indicam uma propensão de sobrevivência das estacas com AIB (58,75%), em comparação ao grupo sem tratamento (42,50%). Apesar dessa diferença percentual, estatisticamente não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Aos 60 dias, ambas as doses apresentaram redução na taxa de sobrevivência, sendo os valores de 2,75% para a dose 0 (zero) e 3,75% para o tratamento com AIB. Embora os valores sejam baixos, o tratamento com AIB ainda manteve uma taxa ligeiramente superior, no entanto, estatisticamente esses valores não diferem entre si, por isso houve apenas uma tendência de sobrevivência de um tratamento em comparação ao outro. Tal comportamento reforça o padrão observado anteriormente, e que o período entre 30 e 60 dias parecem representar uma fase crítica para a sobrevivência da estaca, mesmo com uso de hormônio.

Observou-se que a relação entre a retenção foliar e a planta matriz apresentou um padrão de correlação semelhante às avaliações realizadas com base na idade das plantas matrizes. Na primeira avaliação, verificou-se diferença significativa entre os tratamentos, sendo que as estacas submetidas a aplicação de auxina sintética (AIB) apresentaram uma maior taxa de retenção foliar. Entretanto, na avaliação de sobrevivência, não foram constatadas diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos. Ainda assim, os dados numéricos indicam uma propensão de maior sobrevivência das estacas tratadas com AIB, sugerindo uma possível correlação entre a retenção foliar e a sobrevivência das estacas. Com tudo, não foi possível obter resultados conclusivos devido à mortalidade total das estacas em ambos os tratamentos (com e sem AIB).

Oliveira e Dorigon (2016), ao avaliarem diferentes concentrações de AIB em estacas caulinares de erva-mate, constataram que a concentração de 6000 ppm proporcionou resultados significativamente superiores quanto à emissão de raízes, em comparação a outros tratamentos. Com base nesses resultados, as autoras ainda recomendam essa dosagem para a técnica de estaquia, destacando que tal concentração estimula o enraizamento ou, ao menos não compromete. Horbach (2008), também em testes com diferentes doses de AIB (0, 4.000 e 8.000 mg.L⁻¹), constatou também um aumento de estacas enraizadas com a aplicação da auxina sintética.

Em contraste com os resultados positivos observados em alguns estudos, Gratieri-Sossella et al. (2008), não obtiveram efeitos expressivos com a utilização do AIB. No experimento conduzido pelos autores foram aplicadas diferentes concentrações de ácido indolbutírico (0, 1.000, 2.000, 3.000 e 4.000 mg L⁻¹), para estaquia de *Erythrina crista-galli* L., em variados tipos de estacas (lenhosas, semilenhosas, herbáceas e foliares). Os resultados obtidos mostraram que mesmo com o uso do regulador de crescimento, estacas lenhosas e semilenhosas apresentaram baixo percentual de enraizamento, variando entre 1,5% e 5%. Wendling e Souza Júnior (2003), em um estudo com miniestacas de erva-mate, obtiveram resultados positivos de até 75% de sobrevivência das mudas sem a utilização de auxinas, as quais de acordo com os autores, não exerceram influência significativa. Endres et al., (2007), em um experimento com estacas de pau-brasil, verificaram que as concentrações de auxinas não tiveram efeito sobre a sobrevivência das estacas enraizadas.

Segundo Fachinello; Hoffmann; Nachtigal, (2005), a concentração ideal de auxina exógena varia conforme os níveis naturais presentes nos tecidos das plantas, sendo essencial que se tenha um equilíbrio para que o processo de enraizamento seja estimulado de forma eficaz, ou seja, não existe uma única dose de auxina (como o AIB) que funcione de forma igual para todas as plantas, visto que, as plantas já produzem auxinas naturalmente. Esse estímulo, promovido pela aplicação de auxinas ocorre até um certo limite de concentração, onde a partir desse ponto, doses superiores podem gerar um efeito reverso, inibindo o desenvolvimento radicular (Radmann; Fachinello; Peters, 2002).

Nienow et al., (2010), destaca que embora o AIB promova o enraizamento em diversas espécies vegetais, existem diversos fatores que também interferem para esse sucesso, os quais podem variar de acordo com o tipo de estaca, espécie utilizada, condições nutricionais da matriz, estágio fenológico, condições ambientais proporcionada. No presente trabalho, embora tenha sido observada uma tendência de maior retenção foliar e ligeira superioridade na taxa de sobrevivência com o uso de AIB, os resultados não foram

significativos, o que indica que a resposta do hormônio pode ter sido limitada por outros fatores. Assim, embora o AIB tenha mostrado efeitos positivos iniciais sobre a retenção foliar, a queda acentuada da sobrevivência aos 60 dias sugere a existência de uma fase crítica no processo de propagação, que pode requerer a adoção de estratégias complementares, como por exemplo, um controle ambiental mais rigoroso.

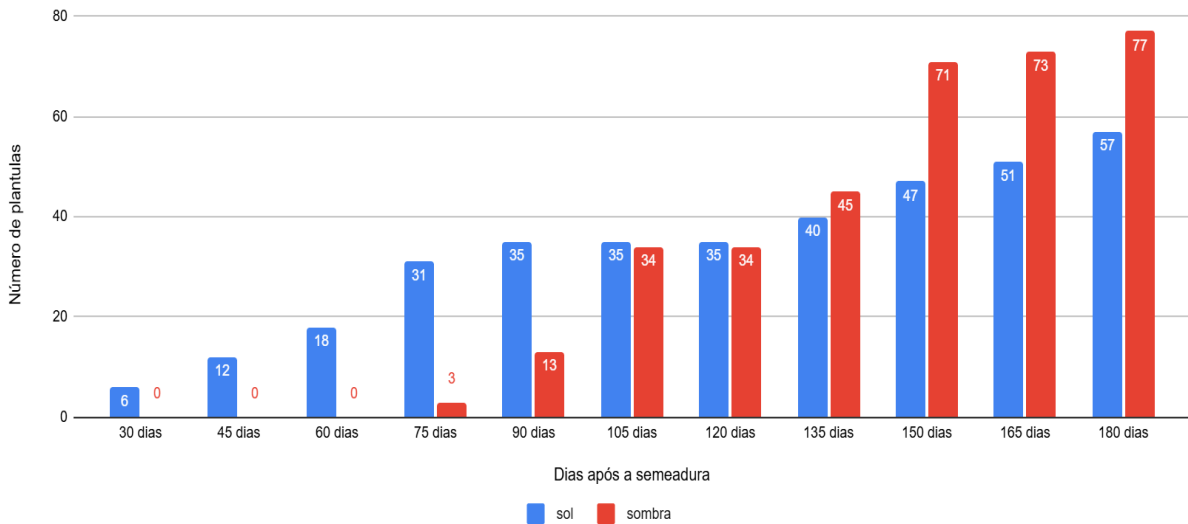
Com base nestes resultados, destaca-se a importância de se realizar novos estudos que levem em consideração a época de coleta do material vegetativo e um estudo mais preciso de como as condições de radiação solar da planta matriz interfere quanto ao acúmulo de substância de reserva e na presença de cofatores de enraizamento. E além disso, recomenda-se a implementação de um controle ambiental mais favorável, abrangendo variáveis como temperatura e umidade de maneira mais controlada, com o intuito de criar condições mais favoráveis ao desenvolvimento radicular, visto que, neste estudo a estufa onde o experimento foi conduzido não possibilitou um controle com tanto rigor. A combinação desses aspectos, podem melhor contribuir para a identificação das condições ideais para o sucesso da estaquia da erva-mate. Pois considerando as condições em que o experimento foi desenvolvido não se recomenda a produção de mudas de erva-mate por meio de enraizamento de estacas.

2.3.3 Experimento 3: Propagação sexuada, com sementes obtidas de matrizes cultivadas a pleno sol e sombreadas

Com base nos dados apresentados na Figura 3, o qual está representando a emergência de plântulas ao longo de 180 dias após semeadura, pode-se analisar que houve diferenças marcantes no comportamento germinativo entre os tratamentos avaliados. Inicialmente as sementes provindas de matrizes cultivadas a pleno sol apresentaram uma emergência mais rápida, destacando-se nos primeiros períodos de avaliação. No entanto, ao longo do tempo, especialmente nas avaliações finais, as sementes provindas de matrizes sombreadas, apresentaram desempenho superior, superando o número total de plântulas emergidas em relação ao tratamento de pleno sol. Esses resultados indicam um comportamento germinativo distinto em função da condição de origem das sementes.

Nos primeiros 60 dias, observou-se emergência de plântulas apenas no tratamento de matrizes a pleno sol, com um aumento gradual do número de indivíduos emergidos, atingindo um total de 18 plântulas aos 60 dias. A partir dos 75 dias após a semeadura, se iniciou a emergência do tratamento de matrizes sombreadas, com somente 3 plântulas, enquanto as de sol já haviam apresentado um total de 31 nessa avaliação.

Figura 3 - Número de plântulas emergidas em diferentes intervalos de tempo, de sementes de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) ao longo de 180 dias, obtidas de matrizes cultivadas a pleno sol e sombreadas.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Entre os 90 e 135 dias, observa-se uma aproximação do número de emergência entre os dois tratamentos. E a partir dos 135 dias, pode-se observar que o número de plântulas do tratamento de sombra supera o de sol, e essa tendência se intensifica até o final do período avaliado.

Aos 180 dias após a semeadura, o número total de plântulas emergidas de sementes obtidas a partir de matrizes sombreadas, atinge 77, enquanto as de ambiente sob sol registra 57. Embora inicialmente a emergência do tratamento “sombra” foi baixo, no decorrer do período de avaliação aumentou rapidamente, o qual resultou em um número superior de mudas emergidas que do tratamento “pleno sol”. Tais resultados indicam que houve um comportamento germinativo distinto, sugerindo que possivelmente as condições onde a matriz está inserida poderá influenciar na velocidade de germinação das sementes.

Esse padrão diferenciado de emergência pode estar relacionado ao mecanismo de dormência característico das sementes de erva-mate. Conforme descrevem Fowler, Sturion e Zuffellato-Ribas (2010), essa dormência está associada a características físicas, e às variações do desenvolvimento embrionário das sementes. Os autores apontam que fatores ambientais como, temperatura, luminosidade e fertilidade do solo, no local de desenvolvimento da planta matriz, influenciam diretamente o estágio de desenvolvimento dos embriões nas sementes. Em sua pesquisa, constataram que locais com maior temperatura média e maior número de

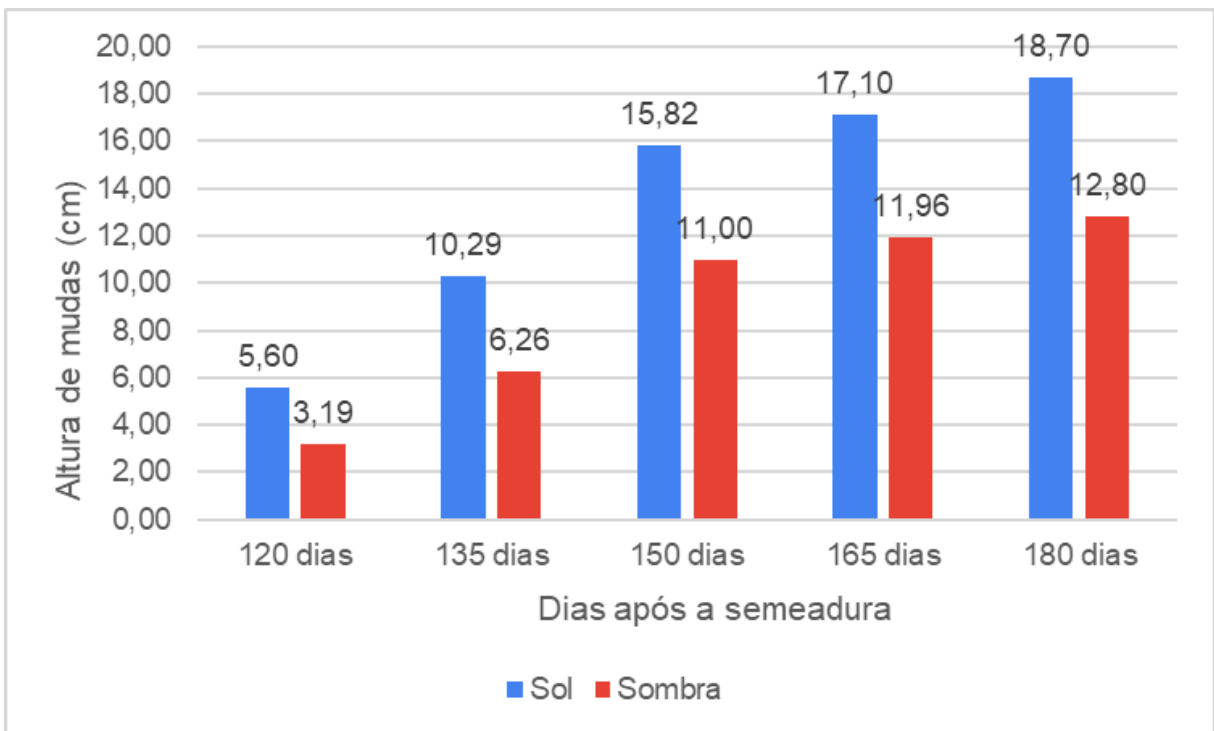
horas de sol, apresentam embriões mais desenvolvidos. Fato que pode explicar a maior velocidade de desenvolvimento inicial de sementes providas de matrizes a pleno sol, na qual a dormência pode ter sido menor quando comparado às de matrizes sombreadas, por isso demandaram de um período mais prolongado para iniciar o processo germinativo, constatado neste estudo através da emergência.

Além do mecanismo de dormência, outro fator que pode influenciar a qualidade e viabilidade das sementes é a maturação dos frutos. De acordo com Zanon (1988), a maturação dos frutos de *Ilex paraguariensis* pode variar mesmo dentro de uma mesma planta, sendo influenciada diretamente pelas condições ambientais. Frutos que amadurecem precocemente tendem a permanecer por mais tempo expostos a fatores ambientais adversos, o que pode favorecer o aumento de sementes deterioradas, ou seja, sementes que sofrem alterações físicas, fisiológicas e bioquímicas, e como consequência pode haver um menor número de sementes viáveis Winhelmann et al., (2022). Nesse contexto, considerando que as matrizes a pleno sol apresentam um processo de maturação mais acelerado, é possível que seus frutos tenham ficado expostos por um período mais prolongado, tornando-os mais suscetíveis a deterioração. Esse fator pode, portanto, ter contribuído para a redução na taxa de germinação observada nas sementes provenientes dessas matrizes.

A qualidade física e fisiológica das sementes sobre o desempenho germinativo é amplamente reconhecida, Souza et al. (2020) avaliaram sementes de erva-mate provenientes de diferentes localidades e constataram a existência de variações significativas entre os lotes, especialmente no que se refere à incidência de sementes vazias e deterioradas - fatores que impactam diretamente na proporção de sementes viáveis, comprometendo o potencial germinativo e, conseqüentemente, a eficiência na produção de mudas. Winhelmann et al., (2022), realizaram avaliações da qualidade da semente de erva-mate oriundas de diferentes plantas matrizes, e verificaram diferenças nas porcentagem de sementes deterioradas providas de matrizes diferentes, e com relação aos testes de viabilidade, obtiveram uma média geral de 26,2% de sementes viáveis, fato que justifica a baixa porcentagem de germinação da espécie. Esses resultados evidenciam que a variabilidade na qualidade das sementes de erva-mate está diretamente associada a fatores genéticos e ambientais que afetam o desenvolvimento das matrizes. Assim, destaca-se a importância da seleção criteriosa de plantas matrizes, considerando o ambiente que está inserida e as suas características de produção, tornando essas estratégias fundamentais para garantir sementes de maior potencial germinativo e conseqüentemente mudas mais vigorosas e uniformes.

A Figura 4 apresenta os valores médios de altura das mudas de erva-mate aos 120, 135, 150, 165 e 180 dias após a semeadura sob condições de matrizes a pleno sol e sombreadas. Observa-se que as mudas provindas de matrizes sob radiação solar direta apresentaram maior desenvolvimento de altura em todos os períodos avaliados, com diferença acentuada a partir dos 150 dias. De modo geral, os dados sugerem que a maior radiação solar sob a planta matriz possa ter favorecido o desenvolvimento em altura das mudas. Além disso, há o fator genético da matriz, variável não controlada no estudo, o qual pode contribuir nesse resultado, pois materiais de propagação provenientes de matrizes com maior potencial de crescimento, tendem a desenvolver-se de forma mais rápida, produzindo mudas maiores e mais vigorosas.

Figura 4 - Altura média (cm) de mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) em diferentes intervalos de tempo, ao longo de 180 dias, obtidas de matrizes cultivadas a pleno sol e sombreadas.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

A Tabela 5 apresenta os valores médios de altura e diâmetro do colo das mudas de erva-mate aos 180 dias após a semeadura.

Tabela 5 - Altura média (cm) e diâmetro médio (mm), de mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) aos 180 dias após a semeadura, obtidas de matrizes sombreadas e a pleno sol.

Tratamentos	Altura (cm)	Diâmetro (mm)
Sombra	12,8 b	3,4 b
Sol	18,7 a	3,9 a

* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Observa-se que o tratamento com sementes oriundas de matrizes a pleno sol apresentou desempenho significativamente superior, com altura média de 18,7 cm e diâmetro de 3,9 mm. Já as mudas provenientes de sementes de matrizes sombreadas apresentaram menor desenvolvimento, com altura média de 12,8 cm e diâmetro de 3,4 mm.

De acordo com Fowler, Sturion e Zuffellato-Ribas (2010), às diferenças de origem de plantas de erva-mate, bem como a diversidade de árvores dentro de uma mesma região, podem representar fontes significativas de variação para diversos caracteres morfofisiológicos, em razão da heterogeneidade ambiental e da variabilidade genética inerente à espécie, e essas variações refletem-se diretamente na germinação das sementes, influenciadas por diferenças no tamanho médio do embrião, do fruto e da própria semente. E os autores ainda ressaltam que tais fatores afetam não apenas a velocidade e uniformidade da emergência, mas também o vigor das plântulas, sendo, portanto, aspectos fundamentais a serem considerados em programas de produção de mudas e seleção de matrizes.

Os resultados obtidos neste sugerem que a condição de maior luminosidade nas matrizes pode ter favorecido a produção de sementes com maior vigor fisiológico, refletindo em um crescimento mais expressivo das plântulas. No entanto, é importante destacar que o experimento não controlou a variável genética das matrizes, o que limita a atribuição exclusiva dos efeitos da luminosidade. Assim, é possível que parte das diferenças no desempenho das mudas esteja relacionado ao potencial genético intrínseco de cada matriz, considerando que determinados genótipos podem apresentar maior capacidade produtiva e desempenho fisiológico do que outros, independentemente do ambiente de formação.

Em estudo realizado por Kras et al., 2007, ficou evidenciado que a altura e o diâmetro são características herdáveis de alta magnitude, ou seja, com a devida seleção de plantas pode haver ganho genético para essas variáveis. Mesmo que as diferenças nas avaliações do desenvolvimento das mudas sejam evidentes, é fundamental considerar o potencial genético

das matrizes. Dessa forma, embora os resultados apontem para uma tendência de melhor desenvolvimento de mudas oriundas de matrizes cultivadas sob luz solar direta, é importante que esses dados sejam avaliados de maneira criteriosa, levando em conta as possíveis influências genéticas e as interações com o ambiente. Por isso, reforça-se a necessidade de novos estudos que controlem de forma mais rigorosa as variáveis genéticas e ambientais, a fim de esclarecer com uma maior precisão os efeitos isolados e combinados da luminosidade da matriz e do genótipo no desempenho fisiológico das mudas.

3 CONCLUSÃO

Nos experimentos voltados à propagação vegetativa por estaquia, em ambos, independentemente das variáveis analisadas, ao final das avaliações as taxas de sobrevivência foram nulas, não havendo resposta significativa a nenhum tratamento. Esse resultado indica a baixa eficiência da técnica nas condições adotadas neste estudo. Dessa forma, torna-se evidente a necessidade de novos estudos que explorem diferentes ambientes de crescimento, tipos e idades de estacas, épocas de coleta e substratos, a fim de identificar condições mais favoráveis à indução do enraizamento e ao sucesso da propagação vegetativa da erva-mate.

No estudo com a propagação sexuada, houve uma resposta inicial ao tratamento em relação à emergência, na qual as sementes provenientes de matrizes cultivadas a pleno sol apresentaram emergência mais precoce. Contudo, ao final de 180 dias, as sementes oriundas de matrizes sombreadas resultaram em maior número total de plântulas emergidas. Quanto ao crescimento das mudas, aquelas originadas de sementes de matrizes a pleno sol apresentaram maior altura média e diâmetro de colo. No entanto, esse resultado não pode ser atribuído somente às condições de luminosidade, mas também a possíveis diferenças genéticas entre as plantas matrizes. Isso reforça a necessidade de novos estudos com maior controle das variáveis envolvidas, incluindo a padronização genética das matrizes e o monitoramento mais preciso das condições ambientais, visando a obtenção de informações mais consistentes sobre a influência desses fatores no desempenho germinativo e no desenvolvimento das mudas.

4 REFERÊNCIAS

- _____. ATLAS Socioeconômico do Rio Grande do Sul. **Erva-mate**: O Rio Grande do Sul é o segundo maior produtor nacional de folha verde de erva-mate. 7^o ed. Porto Alegre, 2022. Disponível em: [Erva-mate - Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul \(atlassocioeconomico.rs.gov.br\)](https://atlassocioeconomico.rs.gov.br). Acesso em: 27 mai. 2024.
- BETANIN, L.; NIENOW, A. A. Propagação vegetativa da corticeira da serra (*Erythrina falcata* Benth.) por estaquia caular e foliar. 2010. **Semina: Ciências Agrárias**. Londrina, PR. v. 31, n. 4, p. 871 - 880, out/dez.2010. Disponível em: <https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2a'hUKEwi6gMTKj7-NAxWEGbkGHZJ1N6UQFnoECBgQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.uel.br%2Fvistas%2Fuef%2Findex.php%2Fsemagrarias%2Farticle%2Fdownload%2F2513%2F6682&usq=AOvVaw21I1DprMnSmU-tBhOoI0FK&opi=89978449>. Acesso em: 25 maio 2025.
- BRITO, F. C. de.; *et al.* **Estágios de maturação dos frutos de erva-mate, *Ilex paraguariensis***. Colombo, PR. Comunicado Técnico Embrapa n^o 433. Maio, 2019. 433 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/197388/1/CT-433-1636-final-13-maio.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2024.
- BRONDANI, G. E. et al. Composições de substratos e ambientes de enraizamento na estaquia de *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil. **Revista floresta**. Curitiba, PR, V. 39, n.1, p. 41- 49, jan/mar. 2009. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/315998>. Acesso em: 25 jun. 2024.
- BITENCOURT, J. et al. Enraizamento de estacas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hill.) provenientes de brotações rejuvenescidas. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, [S.L.], v. 11, n. 3, p. 277-281, 2009. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbpm/a/jrCTb8Ty9RzCKyQxhfYwSpG/?lang=pt#>. Acesso em: 14 abr. 2025
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Embrapa Florestas, v. 1, 2003. Colombo, PR. Disponível em: [Livros - Espécies Arbóreas Brasileiras - Portal Embrapa](https://www.embrapa.br/livros-esp%C3%A9cies-arb%C3%B3reas-brasileiras). Acesso em 10 jun. 2024.
- CASAGRANDE JUNIOR, J. G., *et al.* Influência do sombreamento sobre os teores de carboidratos e fenóis em estacas semilenhosas de araçazeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S.L.], v. 34, n. 12, p. 2219-2223, dez. 1999. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x1999001200007>. Acesso em: 29 maio 2025.
- COSTA JUNIOR, W. H. da; SCARPARE FILHO, J. A.; BASTOS, D. C. Estiolamento da planta matriz e uso de ácido indolbutírico no enraizamento de estacas de goiabeiras. **Revista Brasileira de Fruticultura**, [S.L.], v. 25, n. 2, p. 301-304, ago. 2003. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-29452003000200030>. Acesso em: 29 maio 2025.
- DAVIDE, A. C.; MELO, L. A. Produção de mudas de candeia. **O manejo sustentável da candeia: o caminhar de uma nova experiência florestal em Minas Gerais**. Lavras: UFLA, p. 43-60, 2012.
- DANIEL, Omar. **Erva-mate: sistema de produção e processamento industrial**. Dourados, MS: Ed. Universidade Federal da Grande Dourados, 2009. 288 p. Disponível em: <http://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/handle/prefix/1803>. Acesso em: 16 jun. 2024.
- DIAS, B. A. S.; *et al.* Análise Econômica de Dois Sistemas de Produção de Mudanças de Eucalipto. **Floresta e Ambiente**, [S.L.], v. 18, n. 2, p. 171-177, 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2011.035>. Disponível em: <https://www.floram.org/doi/10.4322/floram.2011.035>. Acesso em: 24 maio 2024.
- DORIGON, E. B.; DE OLIVEIRA, A. C. Propagação vegetativa de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). **Jornada Integrada em Biologia**, [S. l.], p. 75-82, 2016. Disponível em:

<https://periodicos.unoesc.edu.br/jornadaintegradaembologia/article/view/10252>. Acesso em: 1 maio. 2025.

EMBRAPA. **A erva-mate**. Dezembro, 2019. EMBRAPA FLORESTAS. Disponível em: [Erva-mate - Portal Embrapa](#). Acesso em: 24 mai. 2024.

ENDRES, L.; et al. Enraizamento de estacas de Pau-Brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.) tratadas com ácido indol butírico e ácido naftaleno acético. *Ciência Rural*, Santa Maria, RS, v. 37, n. 3, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782007000300046>. Acesso: 20 maio 2025.

FACHINELLO, J. C; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C. Propagação de plantas frutíferas. Brasília: Embrapa Florestas, 2005. 221 p. (Embrapa Florestas: Informações Tecnológicas). Disponível em: [Figura4](#). Acesso: 22 maio 2025.

FERRARI, M. P.; GROSSI, F.; WENDLING, L. **Propagação vegetativa de espécies florestais**. Colombo: Embrapa Florestas – CNPF, 2004. 22 p, (Documentos, n.94). Disponível em: [Infoteca-e: Propagação vegetativa de espécies florestais. \(embrapa.br\)](#). Acesso em: 21 jul. 2024.

FERREIRA, FILHO, J.C. **Cultura e preparo da erva-mate**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1957. Editora Signor .64 p.

FOCHESATO, M. L.; et al. Propagação de louro (*Laurus nobilis* L.) por estacas semilenhosas com diferentes quantidades de folhas e tratadas com ácido indolbutírico. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 8, n. 3, p. 72-77, 2006. Disponível em: [v8_n3](#). Acesso 14 abr. 2025.

FOWLER, J. A. P.; STURION, J. A. **Aspectos da formação do fruto e da semente na germinação da erva-mate**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2000. 5 p. (Comunicado Técnico, n. 45). Disponível em: [comun-tec-45.PDF \(embrapa.br\)](#). Acesso em: 27 maio 2024.

FOWLER, J. A. P.; STURION, J. A. ZUFFELLATO-RIBAS, K. C. **Variação do desenvolvimento embrionário das sementes de erva-mate**. Pesquisa Florestal Brasileira, [S. l.], n. 54, p. 105, 2010. Disponível em: <https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/134>. Acesso em: 6 jun. 2025.

GRAÇA, M. E. C.; et al. Estaquia **de erva-mate**. EMBRAPA-CNPF, 1988. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/291005>. Acesso em: 25 jun. 2024.

GRATIERI-SOSSELLA, A. et al. Propagação da corticeira do banhado (*Erythrina crista-galli* L.) (FABACEAE) pelo processo de estaquia. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 1, fev. 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622008000100018>. Acesso em: 29 maio 2025.

GERHARDT, M. **História ambiental da erva-mate**. 2003. 209 f. Tese (Doutorado em História). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Disponível em: [318857.pdf \(ufsc.br\)](#). Acesso em: 27 mai. 2024.

GOULART, I. C. G. dos R. Sistemas de produção de erva-mate cultivada: planejamento e implantação. **Embrapa Florestas**. Brasília, DF, 2023. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/item/221>

HEINRICH, R.; MALAVOLTA, E. Composição mineral do produto comercial da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). **Ciência Rural**, [S.L.], v. 31, n. 5, p. 781-785, out. 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/x7zp3KbQj6tJBfsnrWqpXQt/#>. Acesso em: 19 abr. 2024.

HETTWER, V. F. J. M. **Propagação de erva-mate por estaquia: Enraizamento, respostas metabólicas ao ácido indolbutírico (AIB) e desenvolvimento de mudas após o plantio**. 2016. 140 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo, RS, 2016. Disponível em: [TEDE UPE: Propagação de erva-mate por estaquia: enraizamento, respostas](#)

[metabólicas ao ácido indolbutírico \(AIB\) e desenvolvimento de mudas após o plantio](#). Acesso em: 21 jul. 2024.

HIGA, R. C. V. **Estaquia de erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire): resultados preliminares**. In: EMBRAPA. Unidade Regional de Pesquisa Florestal Centro-Sul (Curitiba). *Contribuição da URPFCS ao 4. Congresso Florestal Brasileiro*. Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, 1982. p. 43–47. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/299751/1/EstaquiaErvaMate0001.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2025.

HETTWER, V. F. J. M. **Variabilidade fenotípica e potencial de enraizamento por estaquia de genótipos de erva-mate cambona 4**. 2013. 110 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2013. Disponível em: [UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO \(upf.br\)](#). Acesso em: 22 jun. 2024.

HORBACH, M.A. **Propagação in vitro e ex vitro de erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire - Aquifoliaceae)**. 2008. 52 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008. Disponível em: <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/8628>. Acesso: 14 jun. 2025.

HUSEN, A. Changes of soluble sugars and enzymatic activities during adventitious rooting in cuttings of *Grewia optiva* as affected by age of donor plants and auxin treatments. *Am J Plant Physiol*, New York, v.7, p.1-16, 2012. Alterações de açúcares solúveis e atividades enzimáticas durante o enraizamento adventício em estacas de *Grewia optiva* em função da idade de plantas doadoras e tratamentos com auxina. Acesso em: 26 maio 2025.

IBGE. **Produção de erva-mate (cultivo)**. Disponível em: [Produção de Erva-mate \(cultivo\) no Brasil | IBGE](#). Acesso em: 18 ago. 2024.

IRITANI, C. **Ação de reguladores do crescimento na propagação vegetativa por estaquia de *Ilex paraguariensis* Saint Hilaire e *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze**. 1981. 163p. Dissertação (Mestrado em Ciências - Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba. Disponível em: <http://educapes.capes.gov.br/handle/1884/26614>. Acesso em: 26 maio 2025.

KRAS, S.M.; COSTA, R. B da; RESENDE, M. D. V. de; ROA, R. A. R. Vigor juvenil em progênies de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) nativas do estado de Mato Grosso do Sul. **Ciência Florestal**. Santa Maria, v. 17, n.1,p.33-41, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cflo/a/Yxd7BvvjvKswCWQRdMMsYcB/?format=pdf&lang=pt> . Acesso em: 09 jun. 2025.

MORENO, J.A. Clima do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. Secretaria da Agricultura, 1971. 73 p. <https://revistas.planejamento.rs.gov.br/index.php/boletim-geografico-rs/article/view/3236>. Acesso em: 20 jul. 2024.

NIENOW, Augusto Alexandre; et al. Enraizamento de estacas de quaresmeira em duas épocas e concentrações de ácido indolbutírico. **Revista Agrônômica Brasileira**. 2010, v.16, n. 1-4. p. 139-142, jan-dez, 2010. Disponível em: https://www.google.com.br/url?sa=t&ret=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2a_hUKewiKhZa6IL-NAxVoO7kGHUntI5YQFnoECBcQAO&url=https%3A%2F%2Fperiodicos.ufpel.edu.br%2Findex.php%2FCAST%2Farticle%2Fview%2F2022%2F1859&usg=AOvVaw3cZ33LBa9BjK--lUwO7h0h&opi=89978449. Acesso em: 25 maio 2025.

PENTEADO, J. F.; GOULART, I. C. G. dos R. **Erva 20: sistema de produção para erva-mate**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. 152 p. il. color. TT florestal: transferência de tecnologia florestal.

QUADROS, K. M. de. **Propagação vegetativa de erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire Aquifoliaceae)**. 2009. 69 f.. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) -Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009. Disponível em: [Microsoft Word - DISSERTAÇÃO KENIA.doc \(ufsm.br\)](#). Acesso em: 21 jul. 2024.

RADMANN, E. B.; FACHINELLO, J. C.; PETERS, J. A. Efeito de auxinas e condições de cultivo no enraizamento in vitro de porta-enxertos de macieira 'M-9'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, [S.L.], v. 24, n. 3, p. 624-628, dez. 2002. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-29452002000300011>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/WHsvdn7hR9Ycn4LMMfJvY7r/#>. Acesso em: 19 jun. 2025.

SANTIN, D. et al. Sobrevivência, crescimento e produtividade de plantas de erva-mate produzidas por miniestacas juvenis e por sementes. **Ciência Florestal**, [S.L.], v. 25, n. 3, p. 571-579, 30 set. 2015. Universidade Federal de Santa Maria. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509819608>. Acesso em: 18 jun. 2024.

SANTOS, S.R.F.Dos. **Multiplicação dos genótipos de erva-mate pelo processo de estaquia**. 2011. 86 f. Dissertação, (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2011. Disponível em: [TEDE UPF: Multiplicação de genótipos de erva-mate pelo processo de estaquia](#). Acesso em: 15 maio 2025.

SCHAPARINI, P. S.; VIECELLI, C. A. Superação de dormência de sementes de erva mate. **Revista Cultivando o Saber**, v. 4, n. 4, p. 163-170, 2011. Disponível em: [TÍTULO \(fag.edu.br\)](#). Acesso em: 19 jun. 2024.

STEDILLE, L. I. B. **Genética e ecologia de erva-mate na floresta ombrófila mista: fundamentos para o manejo**. 2020. 175 f. Tese (Doutorado) - Curso de Produção Vegetal, Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, Sc, 2020. Disponível em: https://www.udesc.br/arquivos/cav/id_cpmenu/2430/Tese_LilianStedille_Gen_tica_e_ecologia_de_erva_mate_na_Floresta_Ombr_fila_Mista_1607626624135_2430.pdf. Acesso em: 19 jun. 2024.

STUEPP, Carlos André *et al.* Propagação de erva-mate utilizando brotações de anelamento e de cepa em matrizes de duas idades. **Cerne**, [S.L.], v. 21, n. 4, p. 519-526, dez. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/01047760201521041864>. Acesso em: 20 maio 2025.

VASCONCELLOS, F. C. F. **Os impactos da criação do Mercosul no mercado de erva-mate no Rio Grande do Sul**. 2012. 66 f. Monografia (Graduação em Ciências Econômicas) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1106677>. Acesso em: 18 jun. 2024.

VIEIRA, L.M. ***Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.: Miniestaquia, caracterização química e produtiva de diferentes genótipos em sistema semi-hidropônico**. 2022. 141 f. Tese (Doutorado) - Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação Agronomia (Produção Vegetal), Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2022. Disponível em: [LEANDRO MARCOLINO VIEIRA.pdf](#). Acesso em: 07 junho, 2025.

WENDLING, I.; GUASTALA, D.; DEDECEK, R. Características físicas e químicas de substratos para produção de mudas de *Ilex paraguariensis* St. Hil. **Revista Árvore**, v. 31, p. 209-220, 2007. Disponível em: [SciELO - Brasil - Características físicas e químicas de substratos para produção de mudas de Ilex paraguariensis St. Hil. Características físicas e químicas de substratos para produção de mudas de Ilex paraguariensis St. Hil.](#) Acesso em: 24 maio 2024

WENDLING, I.; GUASTALA, D.; DOMINGOS, D. M. Substratos para Produção de Mudas de Erva-Mate em Tubetes Plásticos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, [S. l.], n. 52, p. 21, 2011. Disponível em: <https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/212>. Acesso em: 24 maio 2024.

WENDLING, I. In: SEMANA DO ESTUDANTE UNIVERSITÁRIO, 1., 2003, Colombo. Florestas e Meio Ambiente: palestras. Colombo: **Embrapa Florestas**, 2003. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/308609>. Acesso em: 25 jun.2024

WENDLING, I. **Propagação vegetativa de erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire): estado da arte e tendências futuras.** Colombo: Embrapa Florestas, 2004, 46 p. (Documentos n.91). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/308921>. Acesso em: 20 jul. 2024.

WENDLING, I.; SANTIN, D. Propagação e nutrição de erva-mate. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 195.

WENDLING, I.; SOUZA JÚNIOR, L. Propagação vegetativa de erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire) por miniestaquia de material juvenil. In: **Congresso Sul-Americano da erva-mate**. 2003. p. 1. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/104714/1/PropagacaoVegetativa.pdf>. Acesso em: 20 jul 2025.

WINHELMANN, M. C.; *et al.* Avaliação da qualidade de sementes de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A.St.-Hil.) oriundas de diferentes plantas matrizes. **Ciência Florestal**, [S.L.], v. 32, n. 1, p. 247-265, 25 mar. 2022. Universidade Federal de Santa Maria. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509848110>.

WINHELMANN, M. C.. **Qualidade de sementes e aspectos da propagação sexuada de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.)**. 2021. Disponível em: <001137839.pdf> (ufrgs.br). Acesso em: 27 maio 2024.

WINHELMANN, M. C.; VARGAS, L. J. de; GASTMANN, J.; JAEGER, A. P.; FREITAS, E. M. de; FIOR, C. S. Avaliação da qualidade de sementes de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A.St.-Hil.) oriundas de diferentes plantas matrizes. **Ciência Florestal**, [S. l.], v. 32, n. 1, p. 247–265, 2022. DOI: 10.5902/1980509848110. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/48110>. Acesso em: 6 jun. 2025.

ZANON, Ayrton et al. **Produção de sementes de erva-mate**. EMBRAPA-CNPQ, 1988. Disponível em: [circ-tec 16.PDF](circ-tec-16.PDF) (embrapa.br) Acesso em: 19 jun. 2024.