










Aspectos técnicos da produção de mudas de *Hymenaea courbaril* L.: síntese sobre biometria, viabilidade, dormência e substratos

Hudson Eduardo Moreira MAIA ^{*1} , Jéssica Terra SOARES ¹ , João Pedro Vieira Fraga de ASSIS ¹ ,
Paula Alves OLIVEIRA ² , Elzimar Oliveira GONÇALVES ¹ , Marco Vinicius Winckler CALDEIRA ¹ ,
Cristiane Coelho de MOURA ¹ 

¹ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES, Brasil.

² SESI - Serviço Social da Indústria, Conceição do Mato Dentro, MG, Brasil.

*Email: hudsonemaia@gmail.com

Submitido em: 02/01/2025; Aceito em: 02/05/2025; Publicado em: 20/05/2025.

RESUMO: O avanço das pesquisas em Silvicultura de nativas busca otimizar o processo, priorizando técnicas que garantam a eficiência e a qualidade da produção, fundamentando a silvicultura multifuncional de espécies como jatobá (*Hymenaea courbaril*). O objetivo deste estudo foi uma síntese da biometria e germinação das sementes, além de avaliar a emergência de plântulas e desenvolvimento de mudas sob influência de diferentes recipientes e composições de substratos, especialmente aqueles oriundos de resíduos do manejo da arborização urbana. Sementes de *H. courbaril*, coletadas entre 2018 e 2022 foram submetidas a testes para avaliação da viabilidade após armazenamento. Também foram submetidas a diferentes métodos de superação da dormência, conduzidas em B.O.D, em caixas do tipo GERBOX®, utilizando como substrato areia fina e papel germitest. O experimento de produção de mudas avaliou dois tipos de recipientes e diferentes combinações de substratos, incluindo substrato comercial (100% - SC), e combinações orgânicas, como misturas de vermiculita fina com casca de arroz carbonizada (V+CA), terra de subsolo arenoargilosa com fibra de coco (TS+FC), esterco bovino curtido (TS+EB) e resíduo de arborização urbana (TS+RAU). As sementes de *H. courbaril* apresentam variabilidade em suas dimensões e, quando armazenadas por mais de dois anos, demonstraram perda acentuada da viabilidade. A maior taxa de germinação observada (87%), correspondeu ao lote mais recente. A escarificação mecânica destacou-se como o método mais eficiente e eficaz para superação da dormência. As combinações de V+CA e TS+FC apresentaram taxas de emergência de plântulas superior às do substrato comercial especialmente quando cultivadas em vasos plásticos.

Palavras-chave: silvicultura multifuncional; produção de mudas; substratos alternativos; sementes florestais.

Technical aspects of seedling production of *Hymenaea courbaril* L.: a synthesis on biometrics, viability, dormancy, and substrates

ABSTRACT: The advancement of research in the silviculture of native species aims to optimize the process by prioritizing techniques that ensure efficiency and quality in production, thus supporting the multifunctional silviculture of species such as *Hymenaea courbaril* (jatobá). This study aimed to synthesize seed biometry and germination data and evaluate seedling emergence and development under the influence of different containers and substrate compositions, particularly those derived from urban tree management residues. Seeds of *H. courbaril* collected between 2018 and 2022 were subjected to viability tests after storage and to different dormancy-breaking methods conducted in a B.O.D. incubator using GERBOX® containers with fine sand and germitest paper as substrate. The seedling production experiment evaluated two types of containers and various substrate combinations, including a commercial substrate (100% – CS) and organic mixtures such as fine vermiculite with carbonized rice husk (V+CRH), sandy-clay subsoil with coconut fiber (SS+CF), subsoil with cured cattle manure (SS+CM), and subsoil with urban tree pruning residue (SS+UTR). The seeds showed variability in size and, when stored for more than two years, exhibited a marked loss in viability, with the highest germination rate (87%) observed in the most recent seed lot. Mechanical scarification was the most efficient and effective method for overcoming dormancy. The V+CRH and SS+CF combinations provided higher seedling emergence rates than commercial substrate, especially when grown in plastic pots.

Keywords: multifunctional Forestry; seedling production; substrates; forest seeds.

1. INTRODUÇÃO

A silvicultura de espécies florestais nativas apresenta desafios técnicos que impactam diretamente a qualidade e a eficiência da produção de mudas. Estudos recentes apontam

a necessidade de desenvolver e padronizar métodos que integrem avaliações precisas de biometria, viabilidade e vigor de sementes com técnicas eficazes para a superação da

dormência, além da definição de substratos e volumes de recipientes ideais para o desenvolvimento de plântulas. Em espécies com elevada relevância socioeconômica e usos múltiplos, esses parâmetros técnicos tornam-se especialmente críticos (Leão et al., 2015; Rolin et al., 2020). , como *Hymenaea courbaril* L. O jatobá pode ser potencialmente valorizado por suas propriedades medicinais (Judd et al., 2009) e alimentícias, com sua inclusão na alimentação por meio de farinha rica em nutrientes essenciais produzida a partir da polpa do fruto (Santos et al., 2020) e contribuir em uma dieta alternativa para pessoas em situação de vulnerabilidade alimentar; além disso, pode se destacar pela qualidade de sua madeira e sua importância na construção civil rústica (ROLIN; PIOTTO, 2018). Além da atribuição à herança cultural que ajuda a promover uma consonância entre a economia e a ecologia para uma silvicultura multifuncional, sustentável e rentável (CARVALHO, 2019).

Contudo, muitos dos estudos existentes abordam esses fatores de forma isolada, e as análises de viabilidade sob diferentes períodos de armazenamento de sementes e condições ambientais, ainda carecem de uma síntese que permita identificar os limites e possibilidades para a manutenção do vigor germinativo ao longo do tempo. Da mesma forma, métodos para a superação da dormência variam desde tratamentos térmicos e químicos até abordagens mecânicas, sem consenso sobre qual a técnica mais eficaz e economicamente viável para sementes de *H. courbaril*. Além disso, os substratos e o volume dos recipientes utilizados na produção de mudas têm papel determinante no estabelecimento inicial das plântulas e, consequentemente, na qualidade final das mudas produzidas. A literatura aponta para o uso de substratos à base de materiais orgânicos e minerais, que, quando combinados a recipientes dimensionados adequadamente, podem otimizar a troca gasosa e a retenção hídrica, promovendo melhor desenvolvimento radicular (CAIXETA, 2015).

Assim objetivou-se nesta pesquisa apresentar uma síntese de informações pertinentes para a produção de mudas de *H. courbaril*, de forma a compilar todas as informações referentes à biometria, viabilidade de sementes sob períodos de armazenamento, a melhor e mais acessível forma de superação da dormência, o tipo de substrato e volume de recipiente mais adequado para produção de mudas de qualidade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Obtenção das sementes de *H. courbaril*

As sementes, fornecidas pela empresa Anglo American Brasil, foram coletadas em cinco matrizes selecionadas e monitoradas ao longo dos anos, equidistantes em, no mínimo 10 metros, de uma Floresta Estacional Semidecídua preservada, situada na borda leste da serra do Espinhaço Meridional, no município de Conceição do Mato Dentro – MG. Esta fitocenose está em uma região que é caracterizada por apresentar áreas de ecótonos, ou seja, região resultante do contato entre o domínio Cerrado e domínio Atlântico. O clima da região é do tipo Cwa (clima temperado úmido com inverno seco e verão quente) de acordo com a classificação de Köppen. A altitude média é 735 m e apresenta temperatura média anual de 20°C e precipitação média anual de 1450 mm, com chuvas concentradas no período de novembro a março.

Estas sementes foram coletadas nos anos de 2018, 2019, 2020 e 2022, e submetida ao beneficiamento (i. e., extração e limpeza das sementes), removendo a polpa farinácea que a envolve, excluindo sementes danificadas, e posteriormente sendo armazenadas em embalagens impermeáveis sob refrigeração ($6\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$). Para o traslado até laboratório de Sementes e Propagação de mudas do Viveiro Florestal Universitário da UFES tendo sido acondicionadas embalagem de polietileno, refrigeradas com o auxílio de bolsas térmicas para conservação.

2.2 Amostragem - biometria

As mensurações foram realizadas mediante uma amostragem aleatória de 100 sementes coletadas do ano de 2022, em que se procedeu a mensuração do comprimento, largura e espessura. As variáveis biométricas foram, determinadas com auxílio de um paquímetro universal, com precisão de 0,01mm.

Os dados foram descritos pelas suas médias e desvios padrões, bem como classificados por meio de distribuição de frequência e plotados em histogramas de frequência em que o número de classes foi determinado pela regra de Sturges.

2.3. Experimento 1 – Tempo de armazenamento

Os testes de germinação foram conduzidos a partir de lotes de sementes coletadas nos anos de 2018, 2019, 2020 e 2022 (i. e., tratamentos), visando avaliar a viabilidade do armazenamento de sementes de *H. courbaril* ao longo do tempo. Foi determinado como tratamento pré-germinativo para a superação da dormência das sementes, a escarificação mecânica com lixa nº 80 feita no lado oposto à micrópila. Como método de desinfestação, todas as sementes foram embebidas em uma solução de hipoclorito de sódio na concentração de 2%, como sugerido nas regras para análise de sementes (RAS, 2009).

O teste de germinação foi realizado em quatro repetições contendo 25 sementes cada, dispostas em caixas de acrílico do tipo Gerbox®, utilizando como substrato areia fina lavada com uma solução de hipoclorito de sódio em uma concentração de 2% para a desinfestação e seca em estufa a 65 °C durante 24h. A assepsia das caixas e pinças foi realizada com álcool a 70%. A manutenção da umidade do substrato era realizada diariamente e conduzido em germinadores do tipo BOD (Demanda Bioquímica de Oxigênio) sob luz branca fluorescente com fotoperíodo controlado de 12h, ajustado na temperatura 25 °C.

A avaliação da germinação iniciou no primeiro dia após a instalação do experimento e encerrada no 30º dia, adotando como critério de germinação a protrusão da raiz primária.

2.4. Experimento 2 – superação da dormência

Para superação da dormência das sementes, foram utilizadas sementes coletadas no ano de 2020. O grau de umidade (%) foi determinado pelo método da estufa com circulação forçada de ar, a $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$ durante 24h, contendo três sub amostras de 10 sementes (30 sementes).

Foram determinados diferentes tratamentos pré-germinativos para verificar o melhor método para superação da dormência, sendo: T1: Testemunha (i. e., sem aplicação de métodos); T2: Escarificação mecânica (Lixa nº 80) no lado oposto à micrópila; T3: Escarificação mecânica (Lixa nº 80) no lado oposto à micrópila + Embebição em água destilada por 24h; T4: Imersão em Ácido Sulfúrico PA durante 5

minutos; T5: Imersão em Ácido Sulfúrico PA durante 10 minutos; T6: Choque térmico em água a 100 °C.

A condução à germinação das sementes submetidas ao teste de superação da dormência foi realizada sob o mesmo número de repetições e unidade amostral (i. e., 4 repetições com 25 sementes, totalizando 100 sementes) sob as mesmas condições do teste de germinação supracitado. As análises da germinação foram realizadas por meio do cálculo da porcentagem de germinação (G%), Índice de Velocidade de Germinação (IVG) e Tempo Médio de Germinação (TMG). O IVG foi calculado de acordo com a fórmula apresentada por Maguire (1962), o TMG, segundo (LABOURIAU 1983).

2.5. Produção de mudas

O experimento foi conduzido em casa de vegetação e a semeadura, com o lote de sementes de 2022, foi realizada em dois tipos de recipientes (Fator 1); vasos flexíveis de polipropileno para produção de mudas com capacidade de 1 L (Litro) e tubetes de polipropileno rígido e cônico com capacidade de 280 cm³, contendo como substratos (Fator 2) as composições: T1- Substrato à base de Casca de *Pinus* spp.- Terra Nutri® (100%) – SC; T2- Mistura de vermiculita fina com casca de arroz carbonizada na proporção 7:3 – V+CA; T3- Mistura de terra de subsolo arenoargilosa com fibra de coco (1:1) – TS+FC; T4- Mistura de terra de subsolo arenoargilosa com esterco bovino curtido (1:1) – TS+EB e T5- Mistura de terra de subsolo arenoargilosa com resíduo de arborização urbana (1:1) – TS+RAU. Todas as composições de substrato foram adubadas com 8 g.L⁻¹ de fertilizante com liberação controlada de 9 a 12 meses na proporção N-P-K (15-9-12).

A confecção do substrato composto pelos resíduos de Arborização Urbana, foi realizada a partir da coleta dos resíduos de poda e serapilheira nas áreas arborizadas do DCFM/UFES. Ressalta-se que, galhos de dimensões superiores a 50 cm de comprimento e 20 mm de diâmetro foram descartados, bem como frutos grandes e carnosos (e. g. frutos de *Mangifera indica* - Anacardiaceae). Com o auxílio de um moinho de laboratório, o resíduo foi moído em frações pequenas, para que formasse um substrato propício para emergência e produção de mudas de espécies florestais.

Para verificar a possibilidade da presença de substâncias alelopáticas no substrato alternativo, foi realizada a semeadura de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) como visto por Silveira (2014) sendo considerada uma espécie com alta sensibilidade à alelopatia se tornando uma indicadora da presença. Logo, foram comparadas com as taxas germinativas e desenvolvimento inicial em substrato comercial, que possuem qualidade certificada. Este teste foi realizado contendo 3 repetições e colocadas para germinar em câmaras de germinação do tipo BOD, sob temperatura de 25 °C, fotoperíodo de 12h e a avaliação feita após 15 dias de instalação.

Por fim, após a instalação do experimento de produção de mudas, a contagem de plântulas emergidas de *H. courbaril* foram feitas do 1º ao 40º dia, sendo registrada diariamente no mesmo horário. O desempenho da emergência de plântulas foi avaliado por meio da porcentagem de emergência (%), Índice de Velocidade de Emergência (IVE) e Tempo Médio de Emergência (TME).

As mudas conduzidas foram mensuradas por meio da altura (H) em cm (da base da muda até a gema apical); do diâmetro do coleto (DAC) (mm) e a contagem do número total de folhas presente na muda aos 90, 120, 150 e 180 dias

após a semeadura. Após 210 dias, foi avaliada por meio de contagem, a porcentagem de mortalidade (%) e foram selecionadas aleatoriamente 50% das mudas vivas de cada tratamento para a quantificação da biomassa seca aérea e radicular. O material de raiz e parte aérea foi separado, ambas as partes foram colocadas separadamente em sacos de papel kraft devidamente identificados, submetidos à secagem em estufa a 80°C e pesados em balança de precisão (0,001g) periodicamente, até peso constante. A influência dos substratos associados aos recipientes sobre o desempenho das mudas foi avaliada por meio da quantificação da massa seca da parte aérea (g) (MSPA) e massa seca da raiz (g) (MSR) e, a partir de tais valores foi determinada a massa seca total (g) (MST) e a razão MSPA/MSR. Além disso, foram calculadas as razões entre altura (cm) e diâmetro (cm) (H/D) e H/MSPA e realizado o Índice de Qualidade de Dickson (DICKSON et al., 1960).

Ainda, foi avaliado como variável ecofisiológica a clorofila *a* e *b*. A clorofila foi determinada com base em leituras efetuadas em, no mínimo, 2 folhas por indivíduo de forma não destrutiva, com o uso do clorofilômetro, aferido individualmente pelo medidor portátil ClorofiLOG1030®.

O presente estudo foi montado em um delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial duplo (i. e., 2 recipientes e 5 composições de substratos) totalizando dez tratamentos. Cada tratamento foi composto de quatro repetições, sendo utilizadas quatro sementes por repetição.

Para análise estatística, os pressupostos de normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e de homocedasticidade (teste de Bartlett) foram testados a um nível de 5% de significância e os dados submetidos ao teste F para análise de variância ao nível de significância de 5%, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade do erro e as análises ao longo do tempo, caso significativa, foi realizada regressões para verificar seu comportamento.

Para todas as análises, utilizou-se o software estatístico gratuito R- 4.3.0 (2023) e o pacote ExpDes (Experimental Designs) (Ferreira et al., 2013) Para os resultados que não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) foi utilizado a análise descritiva por meio de médias e gráficos.

3. RESULTADOS

3.1. Amostragem - biometria

O lote de sementes analisado apresentou médias morfométricas de $20,5 \pm 1,77$ mm para o comprimento, $12,0 \pm 4,11$ mm para a largura e $8,5 \pm 1,37$ mm para a espessura. Ao se considerar a distribuição de frequência relativa (Figura 1), observou-se que a maioria das sementes estava concentrada nas classes de 19,80 F- 21,00 mm para o comprimento, 9,70 F- 11,30 mm para a largura, e 9,50 F- 10,40 mm para a espessura.

Esses intervalos representam as faixas com maior frequência relativa, indicando que, embora haja certa variação nos dados, as sementes tendem a se concentrar em medidas intermediárias. A largura e a espessura apresentaram distribuição mais restrita, sugerindo maior uniformidade nessas dimensões, enquanto o comprimento demonstrou uma leve dispersão, refletindo uma heterogeneidade moderada do lote.

A Tabela 1, apresenta valores para desempenho germinativo em diferentes períodos de armazenamento. Logo, observa-se que o IVG apresentou tendência de aumento ao longo dos anos, partindo de 0,784 em 2018 e

atingindo 1,319 em 2022, indicando que sementes armazenadas por períodos mais recentes germinam de forma mais rápida. O tempo médio de germinação (TMG) variou pouco entre os anos, mantendo-se entre 16 e 19 dias, sem tendência clara de aumento ou redução significativa.

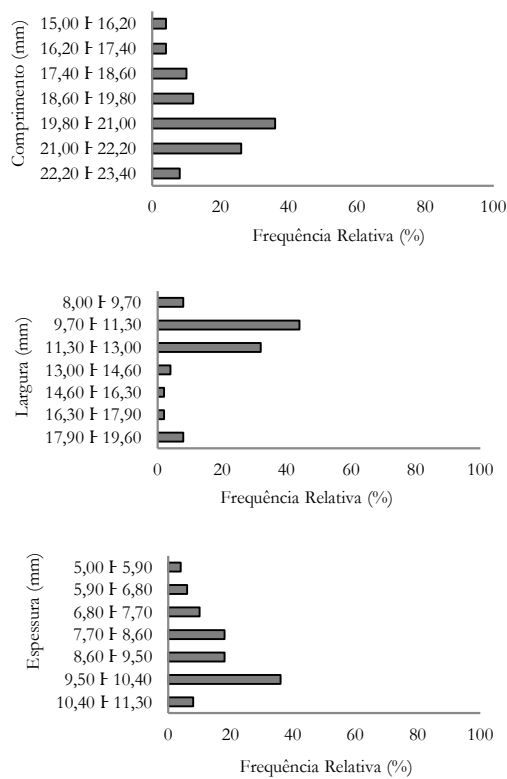


Figura 1. Frequência relativas das médias de comprimento, largura e espessura em milímetros de sementes de *Hymenaea courbaril*.
Figure 1. Relative frequency of the mean length, width, and thickness in millimeters of *Hymenaea courbaril* seeds.

Tabela 1. Resultados em valores médios para índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de Germinação (TMG) e porcentagem de germinação (%) em relação ao tempo de armazenamento das sementes de *Hymenaea courbaril*.
Table 1. Results in mean values for germination speed index (GSI), mean germination time (MGT), and germination percentage (%) related to seed storage time of *Hymenaea courbaril*.

Tempo	IVG	TMG	G(%)
2018	0,784 ± 0,077	19 ± 4	56,0 ± 12,6
2019	0,788 ± 0,375	16 ± 3	47,0 ± 21,3
2020	0,901 ± 0,271	16 ± 3	54,0 ± 19,2
2022	1,319 ± 0,274	18 ± 3	87,0 ± 6,8

Quanto à porcentagem de germinação, os dados revelam um comportamento oscilante entre 2018 e 2020, com valores variando de 47% a 56%, mas apresentando um expressivo aumento em 2022, atingindo 87%. Na Figura 2, observa-se que o lote de 2022 apresentou desempenho superior em relação aos demais, com uma curva crescente e sustentada de germinação, atingindo 87% de germinação ao final do experimento. No entanto, destaca-se que o lote de 2020 apresentou uma taxa inicial de germinação mais rápida. Por volta do 11º dia de avaliação, aproximadamente 20% das sementes já haviam germinado, sendo que a primeira protrusão da raiz primária foi registrada já no 6º dia.

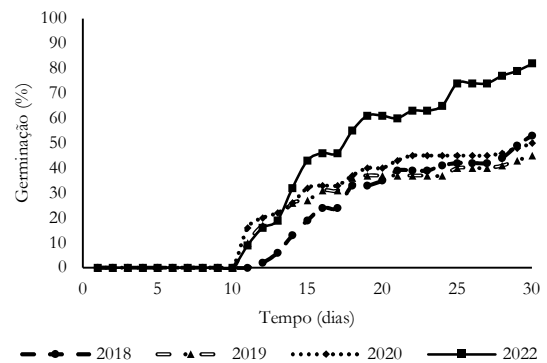


Figura 2. Germinação de sementes de *Hymenaea courbaril* representado em porcentagem (%) em relação ao tempo em dias de armazenamento.

Figure 2. Germination of *Hymenaea courbaril* seeds represented a percentage (%) of storage time in days.

As sementes que não foram submetidas nenhum método de superação de dormência, como esperado não apresentaram germinação (Tabela 2). No entanto, as sementes que foram submetidas à imersão em Ácido Sulfúrico durante 5 minutos foram as que apresentaram a maior taxa de germinação, sendo cerca de 65%, porém, não houve diferença pelo teste de Tukey, tendo a escarificação mecânica e a escarificação mecânica + embebição em água destilada por 24 horas, 61 % e 57% da germinação respectivamente. As sementes, quando imersas em Ácido Sulfúrico por 10 minutos, e expostas a alta temperatura por meio de água a 100 °C, apresentaram as menores taxas de germinação.

Na Figura 3, é possível observar que a linha que representa o método de escarificação mecânica e imersão em Ácido Sulfúrico durante 5 minutos, seguiu superiores às demais e similar entre si. Em contra partida, o método de imersão em Ácido com tempo de exposição dobrado, segue demonstrando menor taxa de germinação em relação aos dias sendo ainda inferior ao método de choque térmico do 11º dia ao 18º quando comparadas em porcentagem de germinação nos dias corridos.

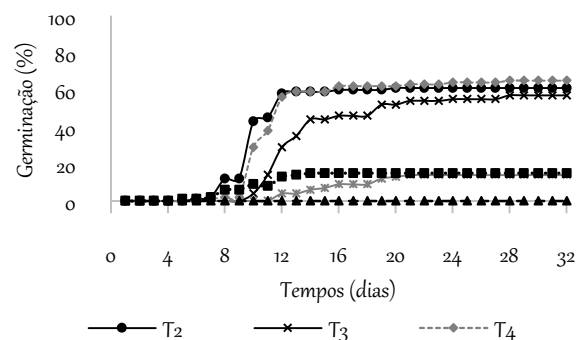


Figura 3. Taxa de germinação (%) em relação ao tempo em dias sob influência dos diferentes métodos de superação da dormência em sementes de *Hymenaea courbaril*. Em que: T1- testemunha; T2- escarificação mecânica; T3- escarificação mecânica + embebição em água; T4- imersão em ácido sulfúrico (5min); T5- Imersão em ácido sulfúrico (10 min); T6 – choque térmico (água 100 ° C).

Figure 3. Germination rate (%) over time in days under different dormancy-breaking methods in *Hymenaea courbaril* seeds. Where: T1 - control; T2 - mechanical scarification; T3 - mechanical scarification + water imbibition; T4 - immersion in sulfuric acid (5 min); T5 - immersion in sulfuric acid (10 min); T6 - thermal shock (100°C water).

Tabela 2. Resultados em valores médios para índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de Germinação (TMG) e porcentagem de germinação (%) em relação aos métodos de superação da dormência.

Table 2. Results in average values for germination speed index (IVG), average germination time (TMG), and germination percentage (%) about dormancy overcoming methods.

Superação da Dormência	IVG	TMG	Germinação %
Testemunha - Sem quebra de dormência	0,000 ± 0,0000 b	0 ± 0 d	0,0 ± 0,0 b
Escarificação mecânica - Lixa nº 80	1,529 ± 0,3596 a	10 ± 0 bc	61,0 ± 14,4 a
Escarificação mecânica + Embebição em água 24h	1,078 ± 0,4392 a	14 ± 3 ab	57,0 ± 23,2 a
Imersão em Ácido Sulfúrico PA 5 min.	1,457 ± 0,1733 a	12 ± 1 abc	65,0 ± 3,8 a
Imersão em Ácido Sulfúrico PA 10 min.	0,231 ± 0,1083 b	15 ± 2 a	14,0 ± 6,93 b
Choque térmico em água a 100 °C	0,406 ± 0,2761 ±	9 ± 1 c	15,00 ± 11,0 b
Coefficiente de variação (%)	34,57	18,43	35,2

Média seguidas de mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a um nível de 5% de significância estatística. ns: Não significativo (p > 0,05).

Means followed by the same letters do not differ from each other by Tukey's test at a 5% level of statistical significance. ns: Not significant (p > 0.05).

3.2. Produção de mudas

Verificou-se a presença de substâncias alelopáticas (i. e., compostos secundários) no substrato alternativo de resíduo de arborização urbana testado. Nenhuma plântula de alface emergiu no substrato alternativo enquanto 100% das plântulas de alface emergiram no substrato comercial (Terra Nutri®). Os dados da emergência de plântulas seguiram uma distribuição normal dos resíduos e homocedasticidade das variâncias. Não houve interação significativa entre os fatores (p-valor > 0,05). Neste sentido, ao verificar os tratamentos de forma isolada, os dois recipientes testados, ou seja, o volume de substrato utilizado não interferiu de forma

significativa (p-valor > 0,05) na emergência de *H. courbaril*. Portanto, a porcentagem de emergência (%), TME e IVE foram considerados iguais para os dois recipientes testados.

Os resultados das emergências semeadas em diferentes composições de substratos foram diferentes (p-valor < 0,05) apenas para a porcentagem de emergência, onde o melhor substrato foi a mistura de vermiculita e casca de arroz (7:3), com uma média de 87,5% de emergência e o substrato que proporcionou a pior taxa de emergência foi a mistura com a terra de subsolo arenoargilosa com o resíduo de arborização urbana (1:1), com uma taxa de emergência média de 43,8% (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios para índice de velocidade de emergência (IVE) e tempo médio de emergência (TME) e a porcentagem de emergência (%) obtidos para emergência de plântulas de *Hymenaea courbaril*. Em que: SC100- Substrato comercial à base de casca de *Pinus* (100%); V- Vermiculita; CA- Casca de arroz carbonizada; TS- Terra de subsolo; FC- Fibra de coco; EB- Esterco bovino; RAU - Resíduo de arborização urbana.Table 3. Mean values for emergence speed index (ISE), mean emergence time (MET), and emergence percentage (%) were obtained for seedling emergence in *Hymenaea courbaril*. Where: SC100 - Commercial substrate based on *Pinus* bark (100%); V - Vermiculite; CA - Charcoalized rice husk; TS - Subsoil soil; FC - Coconut fiber; EB - Cow manure; RAU - Urban tree trimming residue.

Composição de Substratos	IVE	TME	Emergência %
SC 100%	0,178 ± 0,056 ns	19 ± 2 ns	78,13 ± 19,18 ab
V + CA (7:3)	0,178 ± 0,066 ns	21 ± 4 ns	87,50 ± 18,22 a
TS + F C (1:1)	0,196 ± 0,03 ns	20 ± 1 ns	84,38 ± 13,47 ab
TS + EB (1:1)	0,163 ± 0,104 ns	19 ± 8 ns	62,50 ± 30,72 ab
TS + RAU (1:1)	0,092 ± 0,086 ns	20 ± 11 ns	43,75 ± 40,1 b
Coefficiente de variação (%)	46,82	37,38	39,12

Médias com letras em maiúsculas comparam os dois recipientes dentro de cada nível de substrato. Médias com letras minúsculas comparam os substratos dentro de cada nível de recipiente. Média seguidas de mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a um nível de 5% de significância estatística. ns: Não significativo (p > 0,05).

Means with capital letters compare the two containers within each substrate level. Means with lowercase letters compare the substrates within each container level. Means followed by the same letters do not differ, according to Tukey's test, at a 5% level of statistical significance. ns: Not significant (p > 0.05).

Houve interação significativa entre os tipos de recipientes testados e as diferentes composições de substratos comerciais e alternativos para todos os parâmetros analisados. E ao comparar os recipientes dentro de cada substrato testado o único que apresentou diferença significativa foi o substrato composto por terra de subsolo e esterco bovino curtido na proporção (1:1), onde houve 100% de mortalidade das mudas de *H. courbaril* aos 6 meses de idade semeadas em tubete com capacidade de 280cm³ e ausência de mortalidade nas mudas desenvolvidas em vaso com capacidade de 1L. Ainda, para a composição de substrato proveniente de terra de subsolo e resíduo de arborização urbana também na proporção (1:1), houve 50% de mortalidade das mudas desenvolvidas em vasos de 1L e ausência de mortalidade para as produzidas em tubete de 280 cm³. Para os outros tratamentos, não houve diferença

estatística (p > 0,05). Ainda, ao comparar os substratos dentro de cada recipiente testado, o substrato que proporcionou 100% de mortalidade foi o TS+EB dentro do tubete e dentro do caso de 1L o TS+RAU (50% de mortalidade).

Analisando a Figura 4, é possível observar que a combinação de V+CA e TS+FC, (T2 e T3 respectivamente) apresentaram ligeiramente uma taxa de emergência de plântulas superior ao substrato comercial comumente utilizado na produção. A combinação de TS+RAU demonstrou ainda uma taxa de emergência mais lenta em relação às demais combinações. Os tratamentos que continham substrato comercial 1:1 (SC) nos tubetes e os que continham Terra de subsolo e esterco bovino 1:1 (TS+EB) se destacaram positivamente dos demais tratamentos apresentando uma média de 4,37 e 4,20 cm nos primeiros 90

dias de avaliação. Entretanto, na combinação de TS+EB houve 100% da mortalidade. Ainda, para a composição de substrato proveniente de terra de subsolo e resíduo de arborização urbana também na proporção (1:1), houve 50% de mortalidade das mudas desenvolvidas em vasos de 1L e ausência de mortalidade para as produzidas em tubete de 280 cm³.

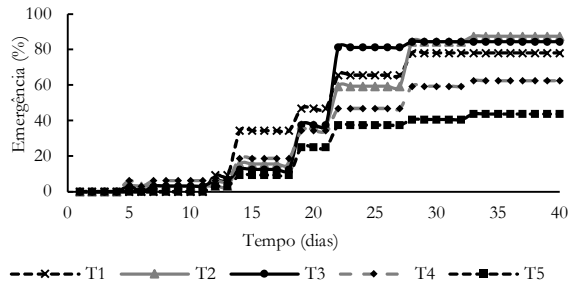


Figura 4. Porcentagem de emergência ao longo do tempo, avaliados até 40 dias de *Hymenaea courbaril* (Fabaceae), semeadas em diferentes composições de substratos comerciais e alternativos. Em que: T1- substrato comercial à base de casca de *Pinus*; T2- vermiculita + casca de arroz carbonizada; T3- terra de subsolo + fibra de coco; T4- terra de subsolo + esterco bovino; T5- terra de subsolo + resíduo de arborização urbana.

Figure 4. Emergence percentage over time, evaluated up to 40 days for *Hymenaea courbaril* (Fabaceae), seeded in different compositions of commercial and alternative substrates. Where: T1 - Commercial substrate based on *Pinus* bark; T2 - Vermiculite + charcoalized rice husk; T3 - Subsoil soil + coconut fiber; T4 - Subsoil soil + cow manure; T5 - Subsoil soil + urban tree trimming residue.

Todavia, ao fim do experimento a combinação de V+CA em tubetes apresentou média de 5,92 cm na altura do colo e uma média de 10 pares de folhas, tornando-o o melhor tratamento ao fim da avaliação. O composto de TS+RAU também proporcionou o menor crescimento em diâmetro altura do coleto, onde os outros compostos de substratos foram considerados iguais estatisticamente ($p < 0,05$).

Em contrapartida, as mudas cultivadas em vasos apresentaram resultados melhores como o aumento no número de folhas, no diâmetro na altura do colo, e no número de raízes (Tabela 4). Especificamente para a altura da muda e diâmetro do coleto foram ajustadas regressões polinomiais de segundo grau ao longo ciclo de produção das mudas (Figura 5-Tabela 5; Figura 6-Tabela 6). Além disso, houve uma redução de 100% da mortalidade da combinação de TS+EB em vasos. As combinações de substratos, TS+EB e V+CA utilizados favoreceram o desenvolvimento das plantas, onde obtiveram média de 7 cm no diâmetro do colo, seguido pela combinação TS+RAU que obteve 5 cm, representando as maiores médias de crescimento até 180 dias de avaliação.

Aos 6 meses de idade, algumas mudas apresentaram evidência de algum estresse abiótico, seja pela baixa umidade relativa do ar e altas temperaturas em Jerônimo Monteiro, ES, município onde o experimento estava sendo conduzido em área de telado (cobertura na parte de superior por sombrite de 50% e 3 irrigações diárias durante 15 minutos), onde acarretou intensa queda de folhas. Ressaltamos que algumas ainda permaneceram vivas com algumas brotações nas gemas laterais e apicais, no entanto, não foi possível realizar a contagem do número de folhas, bem como a mensuração da clorofila a, b e total. Neste sentido, as mudas em condução experimental nos tubetes de 280 cm³ contendo como

substrato as composições de TS+FC; TS+EB e TS+RAU houve ausência de folhas.

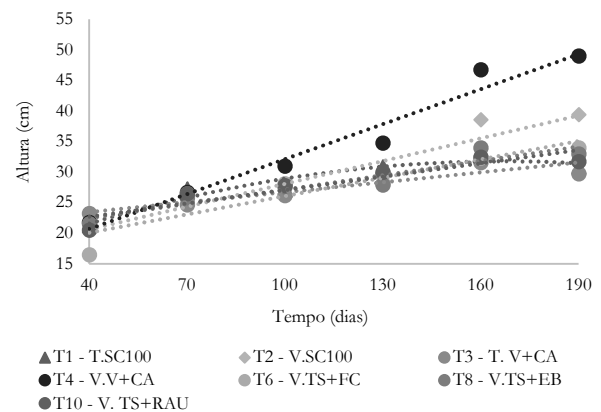


Figura 5. Crescimento em altura (cm) de mudas de *Hymenaea courbaril* em vasos e tubetes em quatro combinações de substratos ao longo de 180 dias, onde: T1 e T2- Substrato comercial à base de casca de *Pinus* em tubetes e vasos respectivamente; T3 e T4- vermiculita e casca de arroz carbonizada em tubetes e vasos respectivamente; T6- Terra de subsolo + fibra de coco em vasos; T8- Terra de subsolo + esterco bovino em vasos e T10- Terra de subsolo + Resíduo de arborização urbana em vasos.

Figure 5. Height growth (cm) of *Hymenaea courbaril* seedlings in pots and tubes in four substrate combinations over 180 days, where: T1 and T2- Commercial substrate based on pine bark in tubes and pots respectively; T3 and T4- vermiculite and carbonized rice husk in tubes and pots respectively; T6- Subsoil soil + coconut fiber in pots; T8- Subsoil soil + cattle manure in pots and T10- Subsoil soil + urban afforestation residue in pots.

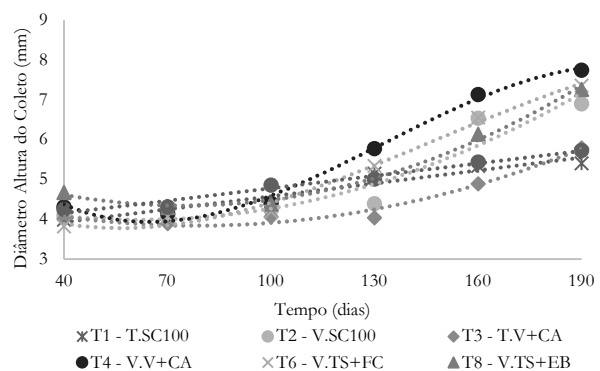


Figura 6. Diâmetro Altura do Coleto (mm) ao decorrer do tempo em dias em quatro composições de substratos e dois recipientes. Onde: T1 e T2 – substrato comercial à base de casca de *Pinus* em tubetes e vasos, respectivamente; T3 e T4- Vermiculita + casca de arroz carbonizada em tubetes e vasos, respectivamente; T6- Terra de subsolo + Fibra de coco em vasos; T8- Terra de subsolo e esterco bovino em vasos e T10- Terra de subsolo + Resíduo de arborização urbana em vasos.

Figure 6. Diameter and height of the collection (mm) over time in days in four substrate compositions and two containers. Where: T1 and T2 – commercial substrate based on pine bark in tubes and pots, respectively; T3 and T4 – Vermiculite + carbonized rice husk in tubes and pots, respectively; T6 – Subsoil soil + Coconut fiber in pots; T8 – Subsoil soil and cattle manure in pots and T10 – Subsoil soil + Urban afforestation residue in pots.

Os resultados referentes às clorofilas a e b apresentaram resultados semelhantes de forma estatística (Tabela 6). Houve interação significativa entre os tratamentos de diferentes recipientes e composições de substratos comerciais e alternativos aos 6 meses de crescimento de

mudas de *H. courbaril*. Como houve 100% de quedas de folhas para os tratamentos contendo TS+FC, TS+EB como substrato nos tubetes de 280 cm³, constatou-se que, as mudas desenvolvidas em vasos com estes compostos proporcionam quantidade de clorofila *a* e *b* superior. Em relação aos

substratos V+CA e SC100 ambos foram considerados iguais independente do recipiente utilizado. Houve 100% de queda de folhas para o substrato TS+RAU onde não foi possível mensurar as clorofilas.

Tabela 4. Valores médios para a altura (cm), diâmetro na altura do coleto (DAC), número de folhas (NF), e mortalidade de mudas de *Hymenaea courbaril*, cultivadas em vaso e tubete, em cinco composições de substratos aos 180 dias de avaliação. Em que: SC100- Substrato comercial à base de casca de *Pinus* (100%); V- Vermiculita; CA- Casca de arroz carbonizada; TS- Terra de subsolo; FC- Fibra de coco; EB- Esterco bovino; RAU – Resíduo de arborização urbana.

Table 4. Mean values for height (cm), diameter at collar height (DAC), number of leaves (NF), and seedling mortality of *Hymenaea courbaril*, cultivated in pots and tubes, in five substrate compositions after 180 days of evaluation. Where: SC100 - Commercial substrate based on *Pinus* bark (100%); V - Vermiculite; CA - Charcoalized rice husk; TS - Subsoil soil; FC - Coconut fiber; EB - Cow manure; RAU - Urban tree trimming residue.

	Altura (cm)		DAC (mm)		NF		Mortalidade (%)	
	Tubete	Vaso	Tubete	Vaso	Tubete	Vaso	Tubete	Vaso
SC100	32,76 ^{nsa}	39,42 ^{nsab}	5,25 Ba	6,90 Ab	6 Bb	10 Aa	25 ^{nsa}	0 ^{nsa}
V+CA	29,75 Ba	49,00 Aa	5,80 Ba	7,75 Aa	10 ^{nsa}	11 ^{nsa}	0 ^{nsa}	0 ^{nsa}
TS+FC	27,50 ^{nsa}	34,00 ^{nsb}	5,53 Ba	7,36 Aab	0 Bc	8 Aab	0 ^{nsa}	0 ^{nsa}
TS+EB	0,00 Bb	33,00 Ab	0,00 Bc	7,26 Aab	0 Bc	7 Ab	100 Bb	0 Aa
TS+RAU	33,50 ^{nsa}	31,75 ^{nsb}	3,93 Bb	5,73 Ac	0 Bc	3 Ac	0 Aa	50 Bb
CV (%)	16,91		6,69		21,61		138,01	

Médias com letras em maiúsculas comparam os dois recipientes dentro de cada nível de substrato. Médias com letras minúsculas comparam os substratos dentro de cada nível de recipiente. Média seguidas de mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a um nível de 5% de significância estatística. ^{ns}: Não significativo ($p > 0,05$).

Means with capital letters compare the two containers within each substrate level. Means with lowercase letters compare the substrates within each container level. Means followed by the same letters do not differ, according to Tukey's test, at a 5% level of statistical significance. ^{ns}: Not significant ($p > 0,05$).

Tabela 5. Equações de regressão ajustadas para o crescimento em altura (H) (cm) de mudas de *Hymenaea courbaril* ao longo de 180 dias, com respectivos coeficientes de determinação (R²), para vasos e tubetes, sob diferentes tipos de substratos.

Table 5. Adjusted regression equations for height growth (H) (cm) of *Hymenaea courbaril* seedlings over 180 days, with respective coefficients of determination (R²), for pots and tubes, under different substrates.

Tratamento	Equação	R ²
Tubete + SC100	$H = -0,5672 \cdot \text{Tempo}^2 + 5,9466 \cdot \text{Tempo} + 16,1842$	0,9127
Vaso + SC100	$H = 3,7271 \cdot \text{Tempo} + 16,8932$	0,9044
Tubete + V+CA	$H = 1,6241 \cdot \text{Tempo} + 21,8338$	0,8453
Vaso + V+CA	$H = 5,7197 \cdot \text{Tempo} + 14,9693$	0,9625
Vaso + TS+FC	$H = 3,0011 \cdot \text{Tempo} + 17,0733$	0,8383
Vaso + TS+EB	$H = 2,3455 \cdot \text{Tempo} + 20,1004$	0,9012
Vaso + TS+RAU	$H = 2,1809 \cdot \text{Tempo} + 20,5220$	0,8657

Tabela 6. Equações de regressão para o diâmetro na altura do coleto (DAC) (mm) de mudas de *Hymenaea courbaril* em diferentes substratos e recipientes ao longo de 180 dias.

Table 6. Regression equations for diameter at stem height (DAC) (mm) of *Hymenaea courbaril* seedlings in different substrates and containers over 180 days.

Tratamento	Equação	R ²
Tubete + SC100	$DAC = 0,3252 \cdot \text{Tempo} + 3,5994$	0,9220
Vaso + SC100	$DAC = 0,1744 \cdot \text{Tempo}^2 - 0,6034 \cdot \text{Tempo} + 4,5088$	0,9076
Tubete + V+CA	$DAC = 0,1396 \cdot \text{Tempo}^2 - 0,6367 \cdot \text{Tempo} + 4,5630$	0,9737
Vaso + V+CA	$DAC = -0,0856 \cdot \text{Tempo}^3 + 1,0474 \cdot \text{Tempo}^2 - 2,9678 \cdot \text{Tempo} + 6,3808$	0,9924
Vaso + TS+FC	$DAC = -0,0395 \cdot \text{Tempo}^3 + 0,5427 \cdot \text{Tempo}^2 - 1,3952 \cdot \text{Tempo} + 4,7833$	0,9885
Vaso + TS+EB	$DAC = 0,2047 \cdot \text{Tempo}^2 - 0,8850 \cdot \text{Tempo} + 5,2988$	0,9929
Vaso + TS+RAU	$DAC = 0,3127 \cdot \text{Tempo} + 3,8397$	0,9740

Ainda, em relação à quantidade de clorofila comparando os substratos, que apresentavam presença de folhas, dentro de cada recipiente, apresentaram os mesmos comportamentos estatísticos, onde a clorofila *a* variou de 44,075 a 49, considerados iguais para qualquer composição de substrato testada, e a clorofila *b* de 10,33 a 16,61, também considerados iguais independente da composição de substrato (Tabela 7).

Para os outros parâmetros analisados aos 6 meses de idade, as repetições que houve mortalidade das mudas foram retiradas da amostragem para a estatística, uma vez que as

mudas mortas poderiam acarretar uma diminuição da média geral, sobretudo ao avaliarmos os crescimentos em altura e diâmetro ao longo do tempo, o que evidenciaria a não realidade biológica onde, as mudas vivas perderiam altura e diâmetro ao longo do tempo. Não houve interação significativa ($p > 0,05$) entre os recipientes testados e as diferentes composições de substratos para MSPA, MST e IQD (Tabela 8).

Para a MSPA não houve diferença estatística para nenhum fator testado, ou seja, a massa seca na parte aérea aos 6 meses de idade das mudas de *H. courbaril* foi considerada

igual independentemente do recipiente e composição de substrato testada. O mesmo aconteceu para a massa seca total (MST) para as mudas desenvolvidas em qualquer composição de substrato, no entanto, o vaso de 1L proporcionou maior massa seca total quando comparado ao tubete de 280 cm³.

Tabela 7. Valores médios para avaliação ecofisiológica através da determinação de clorofila a e b das folhas de mudas de *Hymenaea courbaril*, cultivadas em vasos e tubetes, em cinco composições de substratos. Em que: SC100: Substrato à base de casca de *Pinus* (100%); V- Vermiculita; CA- casca de arroz carbonizada; TS- Terra de subsolo; FC- fibra de coco; EB- esterco bovino; RAU- Resíduo de arborização urbana.

Table 7. Mean values for eco-physiological evaluation are determined by determining chlorophyll a and b in the leaves of *Hymenaea courbaril* seedlings, cultivated in pots and tubes, in five substrate compositions. Where: SC100 - Substrate based on *Pinus* bark (100%); V - Vermiculite; CA - Charcoalized rice husk; TS - Subsoil soil; FC - Coconut fiber; EB - Cow manure; RAU - Urban tree trimming residue.

	Clorofila a		Clorofila b	
	Tubete	Vaso	Tubete	Vaso
SC100	48,03	49 ^{nsa}	13,76 ^{nsa}	14,425
V+CA	44,08	48,922	12,155 ^{nsa}	16,618
TS+FC	0 Bb	45,175	0 Bb	10,33 Aa
TS+EB	0 Bb	48,97 Aa	0 Bb	15,885
TS+RAU	0 ^{nsb}	0 ^{nsb}	0 ^{nsb}	0 ^{nsb}
Coefficiente de	13,41		44,03	

Médias com letras em maiúsculas comparam os dois recipientes dentro de cada nível de substrato. Médias com letras minúsculas comparam os substratos dentro de cada nível de recipiente. Média seguidas de mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a um nível de 5% de significância estatística. ^{ns}: Não significativo ($p > 0,05$).

Means with capital letters compare the two containers within each substrate level. Means with lowercase letters compare the substrates within each container level. Means followed by the same letters do not differ, according to Tukey's test, at a 5% level of statistical significance. ^{ns}: Not significant ($p > 0.05$).

Tabela 7. Valores para massa seca da parte aérea, massa seca total e índice de qualidade de Dickson de mudas de *Hymenaea courbaril* em cinco composições de substratos. Em que SC100- Substrato comercial à base de casca de *Pinus*; V- vermiculita; CA- Casca de arroz carbonizada; TS- Terra de subsolo; FC- Fibra de coco; EB- Esterco Bovino; RAU- Resíduo de arborização urbana.

Table 7. Values for dry mass of the aerial part, total dry mass, and Dickson quality index of *Hymenaea courbaril* seedlings in five substrate compositions. Where: SC100 - Commercial substrate based on *Pinus* bark; V - Vermiculite; CA - Charcoalized rice husk; TS - Subsoil soil; FC - Coconut fiber; EB - Cow manure; RAU - Urban tree trimming residue.

	MSPA	MST	IQD
Recipientes			
Tubete 280cm ³	9,6854 ^{ns}	16,1646 B	2,2636 ^{ns}
Vaso 1L	11,2669 ^{ns}	19,3525 A	2,5541 ^{ns}
Substratos			
SC100	12,036 ^{ns}	20,578 ^{ns}	3,245 A
V+CA	11,2288 ^{ns}	20,23 ^{ns}	2,7945 AB
TS+FC	10,7487 ^{ns}	14,2413 ^{ns}	2,1856 AB
TS+EB	8,333 ^{ns}	14,58 ^{ns}	1,6416 B
TS+RAU	9,036 ^{ns}	14,676 ^{ns}	1,86 AB
Coefficiente de	25,86	22,73	33,64

Médias com letras em maiúsculas comparam os dois recipientes dentro de cada nível de substrato. Médias com letras minúsculas comparam os substratos dentro de cada nível de recipiente. Média seguidas de mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a um nível de 5% de significância estatística. ^{ns}: Não significativo ($p > 0,05$).

Means with capital letters compare the two containers within each substrate level. Means with lowercase letters compare the substrates within each

container level. Means followed by the same letters do not differ, according to Tukey's test, at a 5% level of statistical significance. ^{ns}: Not significant ($p > 0.05$).

Ao analisar o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) aos seis meses de idade de mudas de *H. courbaril*, os resultados indicaram que não houve diferença estatística ($p > 0,05$) entre os recipientes, ou seja, independente do recipiente, as mudas possuem a mesma qualidade aos 6 meses de idade. No entanto, a análise indicou que a composição de 100% do substrato comercial composto por casca de *Pinus* sp. Proporcionou uma maior qualidade das mudas, e o substrato composto de terra de subsolo e esterco bovino curtido na proporção 1:1 proporcionou mudas com uma qualidade inferior quando comparada ao substrato comercial (SC100). Os outros substratos testados, pela análise de variância seguido de teste de média, indicou semelhança entre eles, considerados iguais ao SC100 e ao TS+EB.

Houve interação significativa entre os recipientes e composições de substratos testados para a massa seca de raiz ($p < 0,05$), onde a única composição de substrato que apresentou diferença entre os recipientes testados foi a composição de 100% substrato comercial, em que o vaso de 1L proporcionou maior massa seca radicular quando comparado ao tubete de 280 cm³ aos 6 meses de idade. Ainda, as composições de substratos não proporcionaram diferenças estatísticas dentro do tubete. As composições de substratos SC100 e V+CA proporcionaram maior massa seca de raiz das mudas de *H. courbaril* desenvolvidas em vasos de 1L e a composição de terra de subsolo misturado com resíduo de arborização urbana na proporção 1:1 proporcionou uma menor massa seca de raízes.

4. DISCUSSÃO

Os resultados obtidos na avaliação das sementes de *Hymenaea courbaril* demonstraram um lote heterogêneo, com variações significativas em comprimento, largura e espessura das sementes, como também demonstrado por (NONATO et. Al., 2022). A análise de germinação revelou que o lote de sementes coletado em 2022 apresentou a maior taxa de germinação (87%), enquanto o lote de 2019 teve um desempenho inferior (47%). A coleta de sementes de árvores matrizes selecionadas é crucial para garantir boa qualidade genética e fisiológica na produção das mudas. A viabilidade da semente é influenciada pelo tempo de armazenamento devido à tolerância à dessecação do embrião. Logo como mostra o presente estudo e visto também em estudos por Gomes et al. (2012), o poder germinativo das sementes de *H. courbaril* declina em armazenamento superior a 18 meses. Nesse viés, a análise desses dados mostra um possível padrão, que já documentado para espécies florestais tropicais e visto também no estudo de como o envelhecimento das sementes tende a impactar negativamente a taxa e a velocidade de germinação (ARAÚJO; FERREIRA, 2015; MENDES et al., 2022).

Os resultados referentes à melhor quebra de dormência (Tabela 2) são consistentes com os encontrados por Oliveira et al. 2019, que enfatizam a eficácia da escarificação mecânica por abrasão no tegumento em sementes de espécies da família Fabaceae. Com isso, a escarificação mecânica tem se mostrado uma alternativa mais viável e segura para a superação da dormência em sementes florestais, especialmente em espécies com tegumento duro. Além de evitar os riscos associados ao manuseio de substâncias químicas perigosas, como o ácido sulfúrico como cita Lima et al. (2015), ela também reduz custos operacionais

principalmente para pequenos produtores, embasados na agricultura familiar (*vide*, Decreto N° 10.586, de 18 de dezembro de 2020). Nesse contexto, o acesso à reagentes químicos perigosos é controlado por órgãos governamentais e requer técnicas para manuseio, assim alternativas eficazes e viáveis se tornam a principal opção para o sucesso da produção e torna em evidência a necessidade de divulgar a sociedade.

Embora substratos compostos por resíduos de arborização urbana possam conter substâncias alelopáticas como Santos (2019) cita a *Acacia mangium*, a persistência de algumas sementes emergindo durante a condução do experimento, permite a inferir uma possível tolerância por parte da espécie a esses compostos, mas a utilização do material senescente destas espécies, em especial para este estudo, pode ter influenciado diretamente na inibição da taxa de emergência e/ou no desenvolvimento inicial das plântulas de *H. courbaril*. A combinação de vermiculita e casca de arroz se destacou na emergência de plântulas, apresentando 87,5% de emergência, evidenciando que substratos alternativos podem ser promissores na produção de mudas (Souza et al., 2021).

O cultivo das mudas em tubetes obtiveram resultados inferiores em vários aspectos quando comparadas às cultivadas em vasos.

A baixa taxa de emergência na combinação TS+RAU também pode ser vinculada às características físicas observadas ao longo da condução do experimento, onde a combinação de TS + RAU quando irrigadas, apresentaram um substrato com um grau de compactação elevado criando um “torrão” rígido e de difícil penetração devido a granulometria da terra areno argilosa acarretando em um baixo potencial em retenção de umidade, comprometendo o desenvolvimento radicular das plântulas como explica Schwengber (2002). Esses achados ressaltam a importância do manejo adequado dos substratos na produção de mudas, conforme discutido por Oliveira; Jardim (2013) que enfatizam a importância da qualidade do substrato na produção de mudas.

A combinação de substratos alternativos, como a terra de subsolo + esterco bovino, apresentou desempenho inferior em tubetes, mas muito promissor em vasos de 1L, reduzindo a mortalidade em 100%.

A utilização de recipientes menores como os tubetes é comum visando a economia na quantidade de substrato utilizado, e espaço de disposição para o cultivo, além das vantagens no desenvolvimento no sistema radicular das plantas. No entanto, o tamanho do recipiente como visto no presente estudo influenciou diretamente no desenvolvimento das mudas, evidenciando a necessidade de recipientes maiores para o cultivo da espécie.

Essa característica também contribui no dia a dia do pequeno produtor, pois permite eventualmente a utilização de materiais alternativos (i.e., potes, vasilhames) para produção. Contudo, ao longo do desenvolvimento da muda, há necessidade de transplante de recipientes maiores, haja visto que o presente estudo avaliou apenas os primeiros seis meses.

Em síntese, os resultados deste estudo indicam que a coleta anual de sementes e a escolha adequada dos métodos de superação da dormência são fundamentais para a viabilidade e a qualidade das mudas de *H. courbaril*. Além disso, a utilização de substratos alternativos, como a combinação de vermiculita e casca de arroz, pode representar

uma estratégia viável para a produção sustentável de mudas em contextos de escassez de recursos.

5. CONCLUSÕES

As sementes de *Hymenaea courbaril* demonstram variabilidade significativa em suas dimensões e uma acentuada perda de viabilidade após dois anos de armazenamento, sendo que os lotes mais recentes apresentam as melhores taxas de germinação. A escarificação mecânica, especialmente quando combinada com a imersão em água por 24 horas, mostrou-se eficaz e mais segura em comparação à escarificação química com ácido sulfúrico, além de ser uma alternativa menos agressiva e de menor custo para os produtores.

No que se refere ao substrato, a combinação de vermiculita e casca de arroz carbonizada revelou-se promissora, proporcionando uma emergência de plântulas superior à observada em substratos comerciais. Por outro lado, o uso de resíduos de arborização urbana como componente do substrato resultou em baixa emergência, possivelmente devido a efeitos alelopáticos, recomendando-se a exclusão de materiais provenientes de espécies com compostos inibidores.

Adicionalmente, o cultivo em vasos demonstrou ser superior ao cultivo em tubetes, refletindo-se em maiores valores de altura e diâmetro do coleto das mudas. Esse resultado destaca a importância do volume de substrato e da estabilidade física proporcionada pelos recipientes, fatores cruciais para o desenvolvimento saudável das mudas.

6. REFERÊNCIAS

- ABDEL-KADER, M.; BERGER, J. M.; SLEBODNICK, C.; MALONE, S.; WISSE, J. H.; WERKHOVEN, M. C.; MAMBER, S.; KINGSTON, D. G. Isolamento e configuração absoluta de ent-diterpenos Halimane de *Hymenaea courbaril* da floresta tropical Suriname. **Journal of Natural Products**, v. 65, n. 1, p. 11-15, 2002.
- ALMEIDA, M. B.; SOUZA, W. C. O.; GOMES, E. C. S.; VILLAR, F. C. R. Descrição morfológica do fruto e semente do jatobá (*Hymenaea courbaril* L.). **Revista Semiárido de Visu**, v. 1, n. 2, p. 7-13, 2011. <https://doi.org/10.31416/rsdv.v1i2.200>
- CAIXETA, A. F. B.; REIS, J. M. R.; RODRIGUES, J. F. Produção de mudas de jatobá em diferentes dimensões de recipientes e composições de substratos. **Revista Agrotecnologia**, v. 4, n. 1, p. 46-57, 2013.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes (RAS)**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399p.
- CARNEIRO, J. G. de A. **Variações na metodologia de produção de mudas florestais afetam os parâmetros morfofisiológicos que indicam a sua qualidade**. Curitiba: FUPEF, 1983. 40p. (Série Técnica, 12).
- CARVALHO FILHO, J. L. S.; ARRIGONI-BLANK, M. de F.; BLANK, A. F.; RANGEL, M. S. A. Produção de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em diferentes ambientes, recipientes e composições de substratos. **Cerne**, v. 9, n. 1, p. 109-118, 2003.
- CARVALHO, J. P. F. **Silvicultura próxima da natureza: conciliar economia e ecologia para uma silvicultura multifuncional, rentável e sustentável**. 2 ed. Porto: Quântica Editora, 2019. 284p.

- GAZZANELO, L. R. S.; LUCENA, R. F. P.; ALBUQUERQUE, U. P. Knowledge and use of medicinal plants by local specialists in a region of Atlantic Forest in the state of Pernambuco (Northeastern Brazil). **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v. 1, e9, 2005. <https://doi.org/10.1186/1746-4269-1-9>
- GOMES, R. B.; GARCIA, L. C.; SOUSA, S. G. A. de. Armazenamento de sementes de jatobá (*Hymenaea courbaril* - Caesalpinaceae). In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA AMAZÔNIA OCIDENTAL, 9., 2012, Manaus. **Anais...** Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2012. p. 45-50.
- JUDD, W. S.; CAMPBELL, C. S.; KELLOGG, E. A.; STEVENS, P. F.; DNOGHUE, M. J. **Sistemática Vegetal: Um Enfoque Filogenético**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 632p.
- LEÃO, N. V. M.; FELIPE, S. J. S.; SHIMIZU, E. S. C.; SANTOS FILHO, B. G. dos; KATO, O. R.; BENCHIMOL, R. L. Biometria e diversidade de temperaturas e substratos para a viabilidade de sementes de ipê amarelo. **Informativo ABRATES**, v. 25, n. 1, p. 50-54, 2015.
- LIMA JÚNIOR, É. C.; ALVARENGA, A. A. de; CASTRO, E. M. DE; VIEIRA, C. V.; BARBOSA, J. P. R. A. D. Aspectos fisioanatômicos de plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento. **Revista Árvore**, v. 30, p. 33-41, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622006000100005>
- LIMA, H. C. de; PINTO, R. B. **Hymenaea in Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <http://floradobrasil2015.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB22972>. Acesso em: 22 ago. 2024.
- LIMA, K. N.; TEODORO, P. E.; PINHEIRO, G. da S.; PEREIRA, A. C.; TORRES, F. E. Superação de dormência em capim-Braquiária. **Nucleus**, v. 12, n. 2, p. 167-174, 2015.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. São Paulo: Fealq, 2005. 495p.
- NONATO, E. R. L.; OLIVEIRA, C.; FERREIRA, T.; COSTA, A. M. da S.; FERREIRA, C. D.; FREIRE, A. L. de O.; ARRIEL, É. P.; BAKKE, I. A. Morfometria de estruturas reprodutivas, germinação e crescimento inicial de *Hymenaea courbaril* L. para fins de reconhecimento em campo. **Revista Concilium**, v. 22, n. 3, p. 331-332, 2022.
- OLIVEIRA, K. S. DE; ALOUFA, M. A. I. Eficiência de métodos de escarificação na superação de dormência de *Peltoporum dubium* (Sprengel) Taubert. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 14, n. 4, e7, 2019. <https://doi.org/10.33240/rba.v14i4.22923>
- OLIVEIRA, F. G. de; JARDIM, M. A. G. Substratos na produção de mudas de espécies arbóreas nativas para arborização urbana. **REVSBAU**, v. 8, n. 3, p. 29-38, 2013.
- ROLIM, S. G.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; PIOTTO, D.; BATISTA, A.; FREITAS, M. L. M.; BRIENZA JUNIOR, S.; ZAKIA, M. J. B.; CALMON, M. Prioridades e lacunas de pesquisa e desenvolvimento em silvicultura de espécies nativas no Brasil. **Working Paper**. São Paulo: WBG/PROFOR/WRI Brasil, 2020. p. 1-44.
- ROLIM, S. G.; PIOTTO, D. **Silvicultura e Tecnologia de Espécies da Mata Atlântica**. Belo Horizonte: Editora Roma, 2018. 160p.
- SCHWENGBER, J. E.; DUTRA, L. F.; TONIETTO, A.; KERSTEN, E.. Utilização de diferentes recipientes na propagação da ameixeira através de estacas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 1, p. 285-288, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452002000100064>
- SILVEIRA, B. D.; KOSOKAWA, R. T.; NOGUEIRA, A. C.; WEBER, V. P. Atividade alelopática de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze na germinação e crescimento inicial de *Lactuca sativa* L. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 1, p. 79-85, 2014. <https://doi.org/10.5902/1980509813325>
- SOUZA, V. M. S.; SEGATO, S. V. Superação de dormência de sementes de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.). **Nucleus**, v. 13, n. 1, p. 71-80, 2016.

Agradecimentos: À Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo (FAPES) pelo apoio financeiro, no âmbito do Edital FAPES Nº 28/2022 - UNIVERSAL - 847/2023 - P:2023-H2NCQ.

Contribuições dos autores: H.E.M.M.: conceitualização, metodologias, análises, coleta de dados e escrita; J.T.S.: Coleta de dados e análise; J.P.V.F.A.: Coleta de dados e análise; P.A.O.: Recursos materiais e validação; E.O.G.: Metodologia e validação; M.V.W.C.: Metodologia e validação; C.C.M.: Conceitualização, metodologia, análises estatísticas e supervisão.

Todos os autores leram o artigo na sua versão final e aprovaram a sua publicação.

Disponibilidade de dados: Os dados desta pesquisa poderão ser obtidos mediante solicitação ao autor correspondente via e-mail.

Conflito de interesses: Os autores declaram não haver conflito de interesses.



Copyright: © 2024 by the authors. This article is an Open-Access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons **Attribution-NonCommercial (CC BY-NC)** license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).