



ISSN: 2525-815X

Journal of Environmental Analysis and Progress

Journal homepage: www.jeap.ufrpe.br/

10.24221/jeap.7.4.2022.4122.203-212



Substrato e adubo de liberação lenta no desenvolvimento inicial de mudas de *Lupinus bracteolaris* Desr.

Slow-release substrate and fertilizer in the initial development of *Lupinus bracteolaris* Desr.

Luciana Pinto Paim^{a*}, Eduarda Demari Avrella^a, Juliana Carolina Alves Horlle^a, Marília Lazarotto^b, Claudimar Sidnei Fior^a

^a Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS, Faculdade de Agronomia, Departamento de Horticultura e Silvicultura. Avenida Bento Gonçalves, n. 7712, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. CEP: 91540-000. E-mail: lucianappaim@bol.com.br*, dudademari@hotmail.com, julianahorllee@gmail.com, csfior@ufrgs.br.

^b Universidade Federal de Pelotas-UFPel, Centro de Engenharias. Rua Benjamin Constant, n. 989, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. CEP: 96010-020. E-mail: marilia.lazarotto@ufpel.edu.br.

ARTICLE INFO

Recebido 27 Jan 2021

Aceito 03 Nov 2022

Publicado 02 Dez 2022

ABSTRACT

Lupinus bracteolaris is an herbaceous species that grows in full sun on granitic, sandstone hills, low fields, and uncovered slopes. Even with high rusticity and potential for covering poor and sandy soils, information about the management of substrates and fertilizers in the production of their seedlings is still lacking. The objective was to evaluate the initial development of *L. bracteolaris* plants submitted to substrates and doses of slow-release fertilizer, aiming at the recovery of degraded areas. The experiment was carried out in a completely randomized design, with five doses of slow-release fertilizer (FLB - 0, 2, 4, 6, and 8 g L⁻¹) and three substrate formulations (commercial; carbonized rice husk and powder) -coconut (1:1, v/v), sand, carbonized rice husk, and coconut powder (1:1:1, v/v/v), with four repetitions. Initially, it evaluated: the emergence of normal seedlings, mean time of emergence and seedling formation, and speed index of emergence and seedling formation. After 60 days, height, neck diameter, the relationship between height and neck diameter, survival, mass dryness of aerial parts and roots, presence of nodules in the roots, total root volume, and root ball stability (130 days). The commercial substrate showed satisfactory results in the initial phase, however, there was not an optimal concentration dose. the highest dose of FLB proved to be superior in the seedling formation phase. Therefore, the substrate eats, and the dose of 8 g L⁻¹ are suitable for the superior growth and production of *L. bracteolaris* seedlings.

Keywords: Native lupine, seedling production, fertilizer, restoration of degraded areas.

RESUMO

Lupinus bracteolaris é uma espécie herbácea que cresce a pleno sol em morros graníticos, areníticos, campos baixos e taludes descobertos. Mesmo com elevada rusticidade e potencial para cobertura de solos pobres e arenizados, ainda falta informações sobre o manejo de substratos e fertilizantes na produção das suas mudas. Objetivou-se avaliar o desenvolvimento inicial de plantas de *L. bracteolaris* submetidas a substratos e doses de fertilizante de liberação lenta, visando a recuperação de áreas degradadas. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com cinco doses de fertilizante de liberação lenta (FLB - 0, 2, 4, 6 e 8 g L⁻¹) e três formulações de substrato (comercial; casca de arroz carbonizada e pó-de-coco (1:1, v/v) e a areia, casca de arroz carbonizada e pó-de-coco (1:1:1, v/v/v), com quatro repetições. Inicialmente, avaliou-se: emergência de plântulas normais, tempo médio de emergência e de formação de plântulas, índice de velocidade de emergência e de formação de plântulas. Aos 60 dias, avaliaram-se:

altura, diâmetro do colo, relação entre altura e diâmetro do colo, sobrevivência, massa seca da parte aérea e raízes, presença de nódulos nas raízes, volume total de raízes e a estabilidade de torrão (130 dias). O substrato comercial apresentou resultados satisfatórios na fase inicial, contudo, não houve uma dose de concentração ótima. Este substrato aliado a maior dose de FLB mostraram-se superiores na fase de formação das mudas. Portanto, o substrato comercial e a dose de 8 g L⁻¹ são adequados para o superior crescimento e a produção de mudas de *L. bracteolaris*.

Palavras-Chave: Tremoço-nativo, produção de mudas, fertilizante, recomposição de áreas degradadas.

Introdução

O *Lupinus bracteolaris* Desr. (= *L. czermakii* Micheli) (Fabaceae) é uma espécie herbácea nativa, conhecida popularmente como tremoço-nativo. Apresenta distribuição natural nos estados brasileiros de Santa Catarina e Rio Grande do Sul (RS), sendo encontrada nos domínios fitogeográficos dos biomas Mata Atlântica e Pampa (Iganci & Miotto, 2015). São plantas que habitam locais ensolarados, morros graníticos e areníticos, campos baixos e taludes com solos pobres e descobertos (Pinheiro & Miotto, 2001).

Esta leguminosa é classificada como anual, alcançando altura de 30 a 40 cm, apresentando hábito ereto, com ausência de ramificações ao longo do seu caule, folhas digitadas, flores lilases com manchas brancas e sementes suborbiculares (Pinheiro & Miotto, 2001). Possui presença marcante de tricomas no caule e folhas, o que provoca uma tonalidade clara e protege contra evapotranspiração excessiva, beneficiando o seu desenvolvimento em ambientes com alta intensidade luminosa e com reduzida disponibilidade hídrica. Além disso, desenvolve simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio, o que é evidenciado pela presença de nódulos ativos em suas raízes.

Tais características são de extrema importância para o *L. bracteolaris*, pois auxiliam no seu desenvolvimento e adaptação às áreas impactadas pelo processo de arenização, fato que pode ser observado durante as coletas a campo. De acordo com isso, acredita-se que a espécie tenha desenvolvido essas estratégias relevantes para sobreviver nestes locais no estado do RS. Sendo assim, apresenta-se como uma espécie promissora para uso em projetos de recomposição de áreas degradadas, bem como, para exploração econômica por meio de suas flores como ornamental e no paisagismo de espaços externos.

É crescente a demanda por mudas de espécies nativas para utilização na recuperação de áreas degradadas, tais como aquelas adaptadas a ambientes como os encontrados em núcleos de arenização. Salienta-se também a busca por metodologias para produção de mudas de qualidade com baixo custo e bom desempenho a

campo (Mews et al., 2015). Contudo, para o uso de plantas em projetos de recuperação, há necessidade de domínio do conhecimento sobre os fatores relacionados à produção e desenvolvimento de mudas, como por exemplo o substrato e a adubação, visando plantios a campo. Apesar dessa importância, não foram encontrados estudos referentes a esses aspectos com a espécie de *L. bracteolaris*.

Sendo que, a escolha correta do substrato é um fator chave para a obtenção de mudas de qualidade, principalmente a seleção dos componentes que serão utilizados na formulação para a cultura selecionada (Oliveira et al., 2017). Estes componentes precisam apresentar estabilidade, boa estrutura, capacidade de retenção de água, espaço de aeração e elevada porosidade (Kampf, 2005; Avrella, 2020).

Outro fator de alta relevância no processo de produção das mudas é a adubação, pois, segundo Menegatti et al. (2017), acelera o desenvolvimento das plantas e reduz o tempo de produção, quando aplicada de forma correta. Assim, cabe destacar os fertilizantes de liberação lenta, os quais apresentam vantagem de liberar gradualmente os nutrientes no substrato, possibilitando uma disponibilidade contínua para as plantas (Rossa et al., 2013b). Este fertilizante pode amenizar as perdas por lixiviação e os riscos de deficiência, além de diminuir os custos operacionais nos viveiros, proporcionando a formação de mudas mais robustas (Lang et al., 2011; Menegatti et al., 2017).

Em vista disso, é imprescindível a realização de estudos que busquem por metodologias apropriadas sobre substratos e fertilizantes para a produção de mudas de cada espécie. O estudo objetivou avaliar o desenvolvimento inicial de plantas de *L. bracteolaris* submetidas a substratos e doses de fertilizante de liberação lenta, a fim de identificar o substrato e a dose mais adequada para a produção de mudas, visando a recuperação de áreas degradadas.

Material e Métodos

Em dezembro de 2015, frutos de *L. bracteolaris* foram coletados de uma população com

cerca de 20 plantas matrizes *in situ*, a qual localiza-se adjacente a um areal no município de São Francisco de Assis, RS (29°35'29.19"S de latitude e 55°22'10.41"W de longitude). Posteriormente à coleta, os frutos foram transportados para o Laboratório de Biotecnologia do Departamento de Horticultura e Silvicultura da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), em Porto Alegre-RS.

No laboratório, os frutos foram dispostos sobre bancada de casa de vegetação para a secagem e término de sua deiscência; em seguida foi realizado o processo de beneficiamento, através do recolhimento manual das sementes e a sua homogeneização em apenas um lote, de acordo com o recomendado para a espécie de *L. albescens* (Paim et al., 2019). Após, as sementes foram armazenadas em sacos de polietileno transparentes com fechamento do tipo zip (capacidade de três litros), em ambiente de refrigerador, sob temperatura de 5°C a 8°C.

Anteriormente à sementeira, as sementes foram submetidas a tratamento pré-germinativo pelo método de escarificação mecânica entre lixas (lixa para massa nº 120), durante 20 segundos. Este tratamento consistiu em dois movimentos manuais de fricção das sementes entre duas camadas de lixa, por 20 segundos, sobre o comprimento total da lixa, com pressão não superior ao peso da mão solta sobre o material. Em seguida, cerca de três sementes foram estabelecidas em tubetes cilíndricos de polietileno (110 cm³), com seis estrias internas e salientes, utilizando três formulações de substratos.

Os substratos utilizados foram: comercial (composto à base de turfa de *Sphagnum*, vermiculita expandida, casca de arroz carbonizada

e fertilizante NPK); a formulação casca de arroz carbonizada e pó-de-coco (mesocarpo de coco triturado) (1:1, volume) e a formulação composta de areia, casca de arroz carbonizada e pó-de-coco (em iguais proporções volumétricas).

Os tratamentos consistiram nas três formulações de substratos, conforme descrito anteriormente, e cinco doses do fertilizante de liberação lenta (Basacote Mini 6M – 13-6-16 + 2Mg + 29,9S + 0,26Fe + 0,02B + 0,02Zn + 0,05Cu + 0,06Mn + 0,015Mo): 0, 2, 4, 6 e 8 g L⁻¹, sendo que as doses foram incorporadas e homogeneizadas em recipiente único para posterior preenchimentos dos recipientes individuais. Além disso, incorporou-se 2,58 g L⁻¹ do fertilizante mineral NPK (5-30-15) na formulação de casca de arroz carbonizada e pó-de-coco e na formulação de areia, casca de arroz carbonizada e pó-de-coco, como uma complementação, devido ao substrato comercial apresentar esses nutrientes em sua composição.

Os tratamentos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema bifatorial (5 x 3), em que o primeiro fator correspondeu às cinco doses do fertilizante de liberação lenta e o segundo fator às três formulações de substratos. Estes tratamentos foram distribuídos aleatoriamente em quatro repetições de 10 plantas por parcela, totalizando 600 plantas.

Antes de incorporar o fertilizante de liberação lenta e a adubação de compensação aos substratos, uma alíquota de aproximadamente três litros de cada substrato foi coletada e analisada em triplicatas no Laboratório de Substratos da Faculdade de Agronomia da UFRGS (Tabela 1), para a determinação das suas propriedades físicas e químicas.

Tabela 1. Propriedades físicas e químicas dos substratos comercial (composto à base de turfa de *Sphagnum*, vermiculita expandida, casca de arroz carbonizada e fertilizante NPK); casca de arroz carbonizada e pó-de-coco (1:1, v/v); e a de areia, casca de arroz carbonizada e pó-de-coco (1:1:1, v/v/v). Fonte: Paim et al. (2020).

Propriedades físicas e químicas	Comercial	CAC + PC (1:1)	Areia + CAC + PC (1:1:1)
DU (kg m ⁻³)	256,29	293,57	722,32
DS (kg m ⁻³)	142,75	107,00	581,82
UA (%)	44,30	63,55	19,51
PT (%)	77,07	86,20	71,34
EA (%)	31,15	56,44	28,27
AFD (%)	13,12	14,38	28,31
AT (%)	2,80	1,39	2,28
AR (%)	30,00	13,99	12,48
AD (%)	15,92	15,77	30,59
pH (H ₂ O)	6,04	6,02	6,02
CE (mS cm ⁻¹)	0,32	0,31	0,32

CAC = casca de arroz carbonizada; PC = pó-de-coco; DU = densidade úmida; DS = densidade seca; UA = umidade atual; PT = porosidade total; EA = espaço de aeração; AFD = água facilmente disponível; AT = água tamponante; AR = água remanescente; AD = água disponível; pH = potencial hidrogeniônico, determinado em água 1:5 (v/v); CE = condutividade elétrica obtida em solução 1:5 (v/v).

O experimento foi mantido em casa de vegetação com aproximadamente 50% de interceptação luminosa na cobertura da estufa, além de temperatura e umidade relativa médias de 26,3°C e 74,7%, respectivamente, sob sistema de irrigação do tipo microaspersão (lâmina de água de 4 mm dia⁻¹), distribuído em quatro ciclos diários.

As avaliações relacionadas à etapa inicial de emergência e de formação de plântulas normais, consistiram na contagem, a cada dois dias, sendo encerrada quando, em três avaliações consecutivas, não houve nova emergência e formação de plântula, o que ocorreu em torno do 70º dia após o início do experimento. As plântulas consideradas emergidas foram as que apresentaram os cotilédones acima da superfície do substrato e a formação de plântulas, quando houve a abertura de uma folha digitada, associada à visualização de raiz no orifício basal do tubete. Com base nisso, foram determinados o tempo médio de emergência (TME) e de formação de plântulas (TMP), bem como o índice de velocidade de emergência (IVE) e de formação de plântulas (IVP), os quais foram calculados pela equação de Maguire (1962), modificada por Santana & Ranal (2004).

Na etapa de pós-emergência das mudas, aos 70 dias, foi realizado o processo de desbaste, mantendo-se uma plântula por tubete, ou seja, aquela que apresentava maior vigor, mediante avaliação visual. Cerca de 60 dias após o desbaste, avaliaram-se as variáveis de altura de parte aérea (mm), diâmetro do colo (mm), relação entre altura e diâmetro do colo (mm/mm), percentual de sobrevivência, massa seca da parte aérea (g) e do sistema radicular (g) de cada plântula, percentual de plântulas com presença de nódulos nas raízes (mesmo sem a inoculação de microrganismos) e o volume total de raízes (cm³) de acordo com Mungambe (2012).

No final das avaliações (aos 130 dias) também se avaliou a estabilidade do torrão formado pelo substrato e as raízes no interior do tubete, após remoção da muda do tubete por tensão mecânica manual, tendo como referência a

estabilidade de agregação do conjunto, determinada de acordo com uma escala de notas: Nota 1 - torrão totalmente retido no tubete; Nota 3 - 1/3 do torrão agregado às raízes e 2/3 permaneceu retidos no tubete; Nota 5 - metade do torrão permaneceu retido no tubete; Nota 7 - apenas 1/3 do torrão permaneceu retido no tubete; e Nota 9 - todo torrão é destacado, de forma integral junto às raízes.

Após atendidos os pressupostos da análise de variância (ANOVA), os dados foram submetidos à ANOVA, seguido de regressão polinomial e comparação de médias pelo teste DMS (Diferença Mínima Significativa) ao nível de 5% de probabilidade de erro, utilizando-se os recursos dos *softwares* Costat 6.4 e SigmaPlot 11.0. Além do mais, houve variáveis que não atenderam aos pressupostos da ANOVA, necessitando de transformações, como o diâmetro do colo e a relação entre altura e diâmetro do colo que foram transformados para $\log \frac{x}{10}$; altura de parte aérea e volume de raízes para \sqrt{x} ; e massa seca de parte aérea e raízes para $\frac{x}{100}$.

Resultados e Discussão

Fase de emergência e formação das plântulas

A análise de variância referente à etapa inicial de emergência das plântulas de *Lupinus bracteolaris* mostrou não haver interação entre os fatores substratos e as doses de fertilizante, para as variáveis: percentual de emergência de plântulas normais; tempo médio de emergência e de formação de plântulas; bem como, para o índice de velocidade de emergência e de formação de plântulas (Tabela 2). Isoladamente, o fator substrato apresentou resultados significativos para todas as variáveis citadas acima. No entanto, as doses de fertilizante de liberação lenta demonstraram efeito significativo apenas para o tempo médio de emergência e de formação de plântulas, e para os índices de velocidade de emergência e de formação de plântulas (Tabela 2).

Tabela 2. Percentual de emergência de plântulas normais (EPN), do tempo médio de emergência (TME) e de formação de plântulas (TMP), e do índice de velocidade de emergência (IVE) e de formação de plântulas (IVP) de *Lupinus bracteolaris*, conforme as formulações do comercial (composto à base de turfa de *Sphagnum*, vermiculita expandida, casca de arroz carbonizada e fertilizante NPK), de casca de arroz carbonizada e pó-de-coco (1:1, v/v) e a de areia, casca de arroz carbonizada e pó-de-coco (1:1:1, v/v/v) e as doses de 0, 2, 4, 6 e 8 g L⁻¹ de fertilizante de liberação lenta comercial. Fonte: Paim et al. (2020).

Valor p	EPN (%)	TME (dias)	TMP (dias)	IVE	IVP
Substratos	p<0,002	p<0,001	p<0,001	p<0,02	p<0,001
FLB	p=0,1429 ^{ns}	p<0,001	p<0,002	p<0,03	p=0,001
Interação	p=0,2110 ^{ns}	p=0,0836 ^{ns}	p=0,1775 ^{ns}	p=0,2955 ^{ns}	p=0,3213 ^{ns}
CV (%)	19,24	16,53	17,03	25,36	12,61

^{ns} não significativo a 5% de probabilidade de erro. FLB = fertilizante de liberação lenta; CV = coeficiente de variação.

As plântulas normais de *L. bracteolaris* apresentaram um percentual de emergência superior (média de 70%), quando semeadas em substrato comercial (Tabela 3). Observa-se que nesta fase inicial de desenvolvimento das plântulas desta leguminosa, as propriedades físicas do substrato comercial podem ter favorecido o alto percentual e a sua rápida emergência.

Especialmente, os níveis de água remanescente de 30% deste substrato, permitindo que não faltasse água no período entre as irrigações, pois a espécie tem a capacidade de buscar água em maiores profundidades devido ao seu desenvolvimento em locais de baixa disponibilidade hídrica e elevada lixiviação.

Tabela 3. Percentual de emergência de plântulas normais (EPN), tempo médio de emergência (TME) e de formação de plântulas (TMP) e o índice de velocidade de emergência (IVE) e de formação de plântulas (IVP) de *Lupinus bracteolaris* submetido a semeadura em três formulações de substratos. Fonte: Paim et al. (2020).

Substratos	EPN (%)	TME (dias)	TMP (dias)	IVE	IVP
Comercial*	69,33 a	20,74 b	22,48 b	1,58 a	0,068 b
CAC + PC (1:1)	58,33 b	21,50 b	22,80 b	1,25 b	0,064 b
Areia + CAC + PC (1:1:1)	55,50 b	16,73 a	18 a	1,43 ab	0,076 a
CV (%)	19,24	16,53	17,02	25,36	12,61
Valor p	p<0,002	p<0,001	p<0,001	p<0,02	p<0,001

*Comercial = composto à base de turfa de *Sphagnum*, vermiculita expandida, casca de arroz carbonizada e fertilizante NPK; CAC = casca de arroz carbonizada; PC = pó-de-coco; CV = coeficiente de variação. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste DMS (5%).

Acredita-se que as características físicas das formulações testadas, como a turfa de *Sphagnum*, caracterizada por sua alta capacidade de retenção de água; a casca de arroz carbonizada que possui elevadas porosidade total e drenagem; e a vermiculita que apresenta elevado espaço de aeração (Ristow, Antunes & Carpenedo, 2012; Pelizza et al., 2013; Guedes & Alves, 2011), proporcionaram tais resultados. Segundo Gomes et al. (2015), um substrato precisa compilar características que respondam às necessidades das plantas (boa retenção de umidade, espaço de aeração, modulação da disponibilidade de nutrientes, dentre outros).

Os menores tempos médios de emergência e de formação de plântulas foram verificados para a formulação constituída de areia, casca de arroz carbonizada e pó-de-coco, além disso, este substrato também proporcionou maior índice de velocidade de formação de plântulas (Tabela 3). Apesar da relevância destes resultados, este substrato apresentou o menor percentual de emergência em comparação com os demais tratamentos (média de 55%). Nesse sentido, cabe salientar que para um superior desenvolvimento das mudas e, conseqüentemente, melhor adaptação a campo e rápida cobertura do solo, torna-se importante a utilização de um substrato adequado.

Para o índice de velocidade de emergência foram verificados resultados superiores para o substrato comercial e a mistura de casca de arroz carbonizada, pó-de-coco e areia (Tabela 3).

Segundo Dutra et al. (2012) este índice é muito importante, pois os seus maiores valores resultam na menor exposição das sementes às condições adversas do ambiente, como ataque de insetos e infecção por fungos, além do mais, pode diminuir o período de permanência das mudas nos viveiros, pois ele é um indicativo indireto do vigor das sementes.

Os resultados referentes às doses de fertilizante de liberação lenta não evidenciaram diferenças significativas para as variáveis percentual de emergência e de formação de plântulas ($p=0,1449^{ns}$). Para os tempos médios e os índices de velocidade de emergência e de formação de plântulas verificou-se resultados significativos (Tabela 1), apesar disso, não foi identificado uma equação de regressão que apontasse uma concentração ótima de adubação, mostrando-se variável entre os tratamentos.

Fase de pós-emergência

A análise de variância referente à etapa de pós-emergência das plântulas de *L. bracteolaris*, mostrou interação entre os fatores formulação de substratos e doses de fertilizantes de liberação lenta para as variáveis altura de parte aérea, diâmetro do colo, relação entre altura e o diâmetro do colo, percentual de sobrevivência e a estabilidade do torrão (Tabela 4). De forma isolada, ou seja, sem interação significativa, o fator doses de fertilizante apresentou-se variável significativamente para o volume e a massa seca de raízes (Tabela 4).

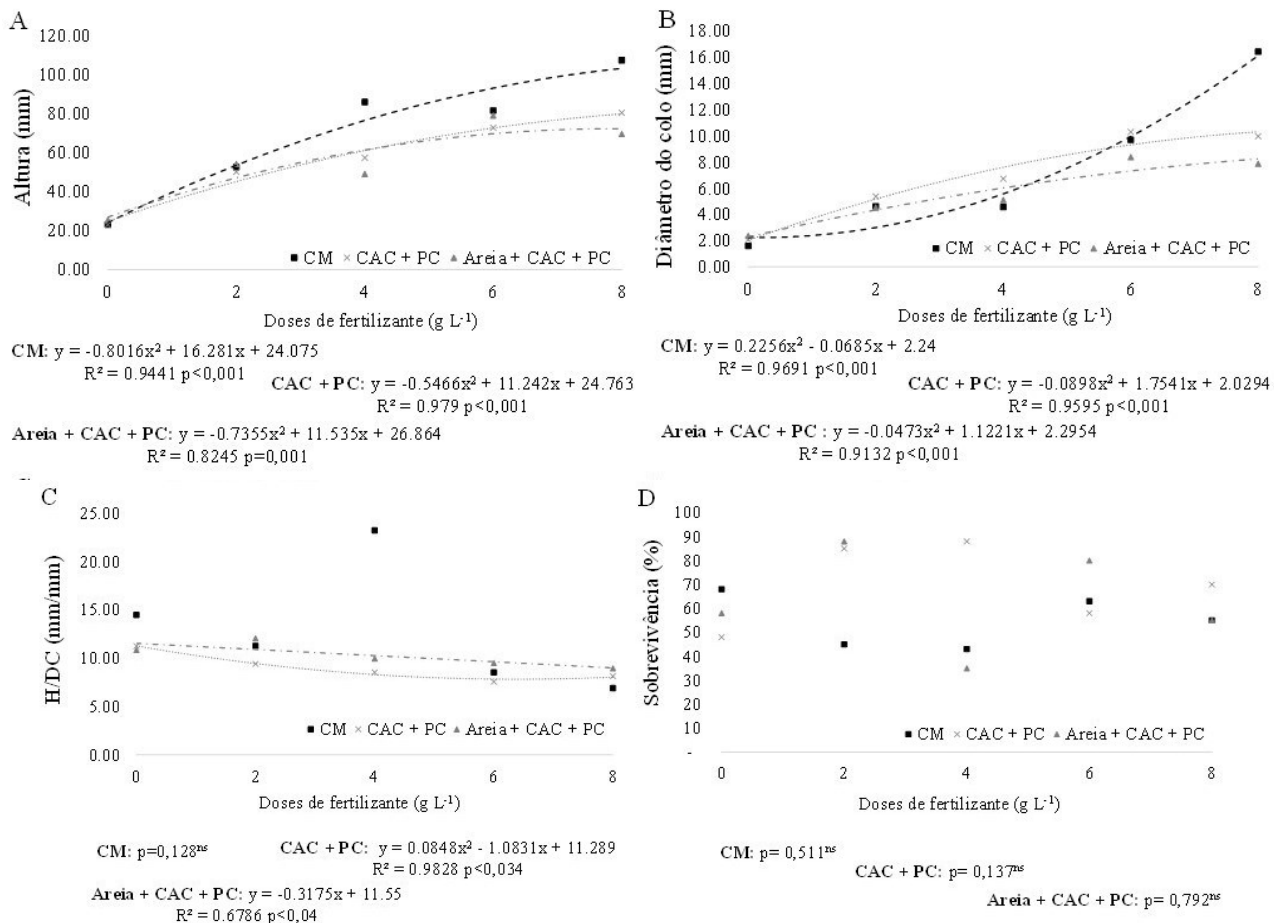
Tabela 4. Altura de parte aérea (H), diâmetro do colo (DC), relação entre altura e o diâmetro do colo (H/DC), percentual de sobrevivência (SOB), estabilidade do torrão (ETOR), volume de raízes (VR), massa seca de parte aérea (MSPA) e de raízes (MSR) de plantas de *Lupinus bracteolaris* submetidas a emergência e desenvolvimento em formulações de substratos: comercial (composto à base de turfa de *Sphagnum*, vermiculita expandida, casca de arroz carbonizada e fertilizante NPK), casca de arroz carbonizada e pó-de-coco (1:1, v/v) e areia, casca de arroz carbonizada e pó-de-coco (1:1:1, v/v/v), acrescidos das doses 0, 2, 4, 6 e 8 g L⁻¹ de fertilizante de liberação lenta comercial, aos 60 dias após a semeadura. Fonte: Paim et al. (2020).

Variáveis	Substratos	FLB	Interação	Média Geral	CV (%)
H (mm)	p<0,01	p<0,001	p<0,023	60,64	8,67
DC (mm)	p<0,01	p<0,001	p<0,001	6,64	20,34
H/DC (mm/mm)	p<0,01	p<0,001	p<0,01	10,72	19,27
SOB (%)	p=0,1370 ^{ns}	p=0,3553 ^{ns}	p<0,03	62,33	37,43
ETOR (notas)	p<0,01	p<0,001	p<0,02	6,32	15,62
VR (cm ³)	p=0,0850 ^{ns}	p<0,001	p=0,1150 ^{ns}	28,80	33,79
MSPA (g)	p=0,9173 ^{ns}	p=0,9068 ^{ns}	p=0,9083 ^{ns}	0,12	33,34
MSR (g)	p=0,8768 ^{ns}	p<0,01	p=0,7561 ^{ns}	0,23	37,62

^{ns} não significativo a 5% de probabilidade de erro. FLB = fertilizante de liberação lenta; CV = coeficiente de variação.

A variável altura demonstrou tendência quadrática ascendente para os tratamentos, destacando-se a dose de máxima eficiência de 10,15 g L⁻¹ e o substrato comercial com 107,2 mm de altura das mudas (Figura 1A). O crescimento dessa variável nesse substrato, em relação aos demais, foi superior a 25%. Mendonça et al. (2008), salientam a eficiência da utilização de fertilizante de liberação lenta durante a fase de

crescimento das mudas, pois evita a lixiviação do fertilizante, disponibilizando-o de forma gradativa. Estudos com doses de 8 g L⁻¹ e 10 g L⁻¹ de fertilizante de liberação lenta também evidenciaram o maior crescimento em altura das espécies *Schizolobium parahyba* var. *Amazonicum* (Vell.) S.F. Blake e a *Delonix regia* (Bojer ex Hook.) Raf., respectivamente (Rossa et al., 2013a; Massad et al., 2016).



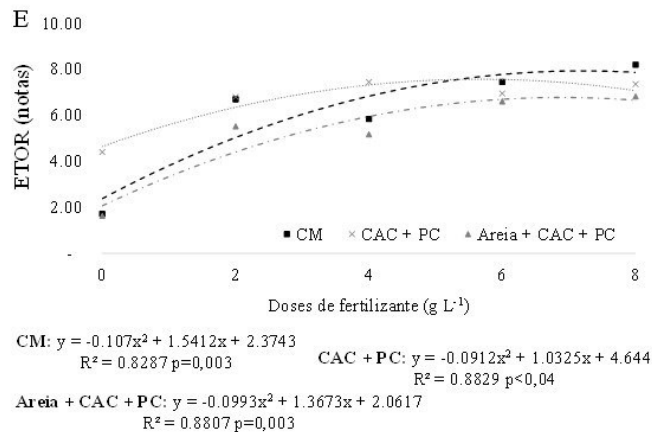


Figura 1. Altura de parte aérea (A), diâmetro do colo (B), relação entre altura e o diâmetro do colo (H/DC - C), percentual de sobrevivência (D) e estabilidade de torrão (ETOR - E) de mudas de *Lupinus bracteolaris* submetidas as formulações do comercial (CM - composto à base de turfa de *Sphagnum*, vermiculita expandida, casca de arroz carbonizada e fertilizante NPK), de casca de arroz carbonizada e pó-de-coco (CAC + PC - 1:1, v/v) e a de areia, casca de arroz carbonizada e pó-de-coco (Areia + CAC + PC - 1:1:1, v/v/v) e as doses de 0, 2, 4, 6 e 8 g L⁻¹ de fertilizante de liberação lenta comercial. Fonte: Paim et al. (2020).

O substrato comercial interagiu de forma positiva com as doses mais elevadas nas mudas de *L. bracteolaris*. De acordo com Smiderle et al. (2016), no ambiente de viveiro, a utilização de um substrato que esteja associado com adequado aporte de nutrientes pode contribuir para o rápido aumento da área foliar das mudas em formação. Algo de extrema importância, pois tais estruturas estão envolvidas nos processos de conversão de energia luminosa em química, e após distribui-se para os demais órgãos que se encontram em formação, beneficiando o acelerado crescimento e desenvolvimento da muda completa (Taiz et al., 2017).

Uma variável importante na produção das mudas é o diâmetro do colo, pois é um indicador de padrão de qualidade, garantindo mais sustentação a planta (Marques et al., 2018). Para as mudas de *L. bracteolaris* essa variável apresentou uma tendência quadrática ascendente proporcional à dose de adubação no substrato comercial, com resposta superior na máxima dosagem testada (Figura 1B). Nessa combinação de tratamentos houve um incremento em torno de 45%, em relação à média dos demais. Tais resultados corroboram com os encontrados para as espécies de *Schizolobium parahyba* var. *Amazonicum* e *Apuleia leiocarpa* (Vog.) Macbride, os quais apontaram maior diâmetro quando utilizado 8 g L⁻¹ e a média de 7,5 g L⁻¹, respectivamente (Rossa et al., 2013a; Pias et al., 2013).

A relação entre altura e o diâmetro do colo apresentou uma tendência de regressão quadrática para o substrato composto por casca de arroz carbonizada + pó-de-coco, no entanto, para a formulação de areia + casca de arroz carbonizada +

pó-de-coco houve ajuste linear (Figura 1C). Conforme Carneiro (1995), esta relação mostra o equilíbrio de desenvolvimento das mudas, pois associa duas variáveis importantes em apenas um índice, logo, quanto menor for seu valor, melhor será a qualidade da muda, resultando em maior sobrevivência a campo.

Os resultados da relação entre altura e diâmetro do colo de *L. bracteolaris* no presente estudo permitem inferir que o ambiente de casa de vegetação não prejudicou o desenvolvimento das mudas, mesmo com o sombreamento parcial provocado pela interceptação da cobertura do ambiente. Assim, é possível inferir que essa espécie evoluiu em um ambiente onde seu desenvolvimento inicial ocorre sob leve sombreamento. Outra característica que reforça essa hipótese é a maior proporção de tricomas em plantas adultas, as quais geralmente encontram-se em locais de pleno sol, comparado às plantas em fase inicial de crescimento, tanto em casa de vegetação quanto a campo. Segundo Taiz et al. (2017) algumas folhas podem apresentar tricomas com tonalidade branco-prateada que auxilia na reflexão da luz e evita o excesso de luminosidade.

Para o percentual de sobrevivência, não houve variância significativa entre os tratamentos (Figura 1D). Em relação ao desenvolvimento das raízes, verificou-se a presença de nódulos em 21% das mudas, independentemente do tratamento, mesmo sem a inoculação. Contudo não foi realizada uma análise sobre a atividade destes nódulos. A estabilidade de torrão apresentou resultados superiores para o substrato comercial com a dose de máxima eficiência de 7,2 g L⁻¹ (Figura 1E). Essa dose de fertilizante beneficiou o

desenvolvimento do sistema radicular das mudas, proporcionando maior capacidade de agregação do substrato às raízes, ou seja, tendência a formar torrões com melhor estabilidade. O que pode ser corroborado com os resultados encontrados para as

variáveis volume e massa seca de raízes da espécie, demonstrando resposta para a dose de máxima eficiência de 8,42 g L⁻¹ e 8 g L⁻¹ de fertilizante, respectivamente (Figura 2A e 2B).

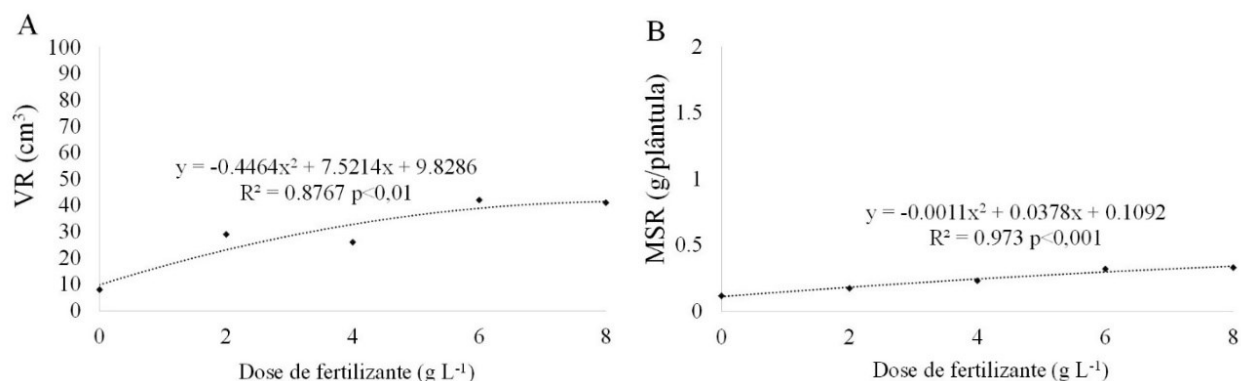


Figura 2. Volume de raízes (VR - A) e a massa seca de raízes para cada plântula (MSR - B) de mudas de *Lupinus bracteolaris* submetidas às doses de 0, 2, 4, 6 e 8 g L⁻¹ de fertilizante de liberação lenta comercial. Fonte: Paim et al. (2020).

O fato de ter havido respostas superiores a partir da maior dose de fertilizante de liberação lenta (8 g L⁻¹), evidencia a importância do uso desses adubos durante a formulação dos substratos, podendo ser uma possibilidade para otimizar os resultados na produção de mudas de espécies nativas, tanto do ponto de vista econômico como ambiental. Associado a isso, destaca-se o substrato comercial devido aos seus valores satisfatórios de espaço de aeração (Tabela 1), o que pode ter proporcionado adequado espaço poroso, permitindo a realização de trocas gasosas, ou seja, minimizando a falta de ar para a respiração das raízes e para a atividade de microrganismos do meio.

A Figura 2 mostra que a partir da dose de fertilizante de liberação lenta de 8 g L⁻¹ observou-se resultados superiores para as variáveis volume de raízes e a massa seca de raízes das mudas. Samal et al. (2010) ratificam que o crescimento radicular é muito importante durante a eficiência de absorção de nutrientes pelas plantas. Uma vez que, raízes bem formadas favorecem o aumento de resistência das plantas a campo, além do potencial produtivo e a maior habilidade de adaptação a condições adversas (Behling et al., 2014).

Constatou-se que as mudas da espécie de *L. bracteolaris* apresentaram respostas superiores de crescimento na adubação a partir da máxima dose testada, salientando que, possivelmente, respostas em crescimentos poderiam ser ainda superiores caso a dosagem fosse maior. No entanto, em função do elevado preço do fertilizante testado, infere-se que o custo-benefício não seria favorável.

Assim, os resultados das variáveis de pós-emergência para a espécie de *L. bracteolaris*,

demonstram a eficiência do uso do substrato composto à base de turfa de *Sphagnum*, vermiculita expandida e casca de arroz carbonizada (comercial) em combinação com a dose de 8 g L⁻¹ do fertilizante de liberação lenta. Segundo Rossa et al. (2015), o emprego de fertilizantes de liberação lenta atua na redução de problemas, como o excesso de solubilidade e a consequente perda por lixiviação, bem como, dispensa aplicações contínuas reduzindo custos com mão-de-obra. Além disso, quando associado a substratos adequados, ou seja, com características químicas e físicas favoráveis ao crescimento das mudas, como boas condições de umidade, macro e microporosidade, disponibilidade de água e a sustentação as raízes (Costa et al., 2013; Kratz et al., 2015), pode melhorar a absorção de nutrientes.

Conclusão

Para as plantas de *Lupinus bracteolaris*, o uso do substrato composto à base de turfa de *Sphagnum*, vermiculita expandida e casca de arroz carbonizada (formulação comercial) aliado a dose de 8 g L⁻¹ de fertilizante de liberação lenta mostram-se adequados para o superior crescimento e a produção de mudas da espécie.

Agradecimentos

O estudo foi realizado com o apoio da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e FAPERGS (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul) que contribuíram para o desenvolvimento do estudo.

Referências

- Avrella, E. D. 2020. Proposta de caracterização física de substratos através da centrifugação e a influência da preparação inicial das amostras. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. 125p.
- Behling, M.; Neves, J. C. L.; Barros, N. F.; Kishimoto, C. B.; Smith, L. 2014. Eficiência de utilização de nutrientes para formação de raízes finas e médias em povoamento de teca. *Revista Árvore*, 38, 837-846. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622014000500008>.
- Carneiro, J. G. A. 1995. Produção e qualidade de mudas florestais. Curitiba: UFPR/FUPEF; Campos: UNEF. 451p.
- Costa, L. A. M.; Costa, M. S. S. M.; Pereira, D. C.; Bernardi, F. H.; Maccari, S. 2013. Avaliação de substratos para a produção de mudas de tomate e pepino. *Revista Ceres*, 60, 675-682. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2013000500011>.
- Dutra, A. S.; Bezerra, F. T. C.; Nascimento, P. R.; Lima, D. C. 2012. Produtividade e qualidade fisiológica de sementes de feijão caupi em função da adubação nitrogenada. *Revista Ciência Agronômica*, 43, 816-821. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902012000400025>.
- Gomes, J. P.; Oliveira, L. M.; França, C. S. S.; Dacoregio, H. M.; Bortoluzzi, R. L. C. 2015. Caracterização morfológica de plântulas durante a germinação de sementes de *Psidium cattleianum* e *Acca sellowiana* (Myrtaceae). *Ciência Florestal*, 25, 1035-1041. <https://doi.org/10.5902/1980509820665>
- Guedes, R. S.; Alves, E. U. 2011. Substratos e temperaturas para testes de germinação de sementes de *Chorisia glaziovii* (O. Kuntze). *Revista Cerne*, 17, 525-531. <https://doi.org/10.1590/S0104-77602011000400011>.
- Iganci, J. R. V.; Miotto, S. T. S. 2015. *Lupinus* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB101120>. Acesso em: 13 de dezembro, 2020.
- Kämpf, A. N. 2005. Produção comercial de plantas ornamentais. Guaíba: Agrolivros. 256p.
- Kratz, D.; Pires, P. P.; Stuepp, C. A.; Wendling, I. 2015. Produção de mudas de erva-mate por miniestaquia em substratos renováveis. *Floresta*, 45, 609-616. <http://dx.doi.org/10.5380/ufv.v45i3.36531>
- Lang, A.; Malavasi, U. C.; Decker, V.; Pérez, P. V.; Aleixo, M. A.; Malavasi, M. M. 2011. Aplicação de fertilizantes de liberação lenta no estabelecimento de mudas de ipê-roxo e angico-branco em área de domínio ciliar. *Floresta*, 41, 271-276. <http://dx.doi.org/10.5380/ufv.v41i2.21874>
- Maguire J. D. 1962. Speed of germination – aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2, 176-177. <https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>
- Massad, M. D.; Dutra, T. R.; Silva, C. H. S.; Santos, T. B.; Sarmento, M. F. Q. 2016. Desenvolvimento de mudas de flamboyant e ipê-mirim em resposta a diferentes doses de Osmocote®. *Agropecuária Científica no Semiárido*, 12, 83-92. <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v12i1.727>
- Marques, A. R. F.; Deloss, A. M.; Oliveira, V. S.; Boligon, A. A.; Vestena, S. 2018. Produção e qualidade de mudas de *Eugenia uniflora* L. em diferentes substratos. *Ambiência*, 14, 44-56. [10.5935/ambiencia.2018.04.01](https://doi.org/10.5935/ambiencia.2018.04.01)
- Mendonça, V.; Arruda, N. A. A.; Souza H. A.; Teixeira, G. A.; Hafle, O. M.; Ramos, J. D. 2008. Diferentes ambientes e Osmocote® na produção de mudas de tamarindeiro (*Tamarindus indica*). *Ciência e Agrotecnologia*, 32, 391-397. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542008000200007>
- Menegatti, R. D.; Guollo, K.; Navroski, M. C.; Vargas, O. F. 2017. Fertilizante de liberação lenta no desenvolvimento inicial de *Aspidosperma parvifolium* A. DC. *Scientia Agraria Paranaensis*, 16, 45-49. <http://dx.doi.org/10.18188/1983-1471/sap.v16n1p45-49>.
- Mews, C. L.; Sousa, J. R. L.; Azevedo, G. T. O. S.; Souza, A. M. 2015. Efeito do hidrogel e ureia na produção de mudas de *Handroanthus ochraceus* (Cham.) Mattos. *Floresta e Ambiente*, 22, 107-116. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.080814>.
- Munguambe, J. F. 2012. Qualidade morfológica de mudas clonais de eucalipto na fase de expedição em viveiros comerciais. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Lavras. Lavras, Minas Gerais, Brasil. 73p.
- Oliveira, F. A.; Oliveira, J. M.; Neta, M. L. S.; Oliveira, M. K. T.; Alves, R. C. 2017. Substrato e bioestimulante na produção de mudas de maxixeiro. *Horticultura brasileira*,

- 35, 141-146. <https://doi.org/10.1590/s0102-053620170122>.
- Paim, L. P.; Avrella, E. D.; Luchesse, J.; Freitas, E. M.; Lazarotto, M.; Fior, C. S. 2019. Seed analysis of *Lupinus albus* Hook. & Arn. Iheringia, Série Botânica, 74: e2019010. <https://doi.org/10.21826/2446-82312019v74e2019010>
- Pelizza, T. R.; Silveira, F. N.; Muniz, J.; Echer, A. H. B.; Morselli, T. B. G. A. 2013. Produção de mudas de meloeiro amarelo, sob cultivo protegido, em diferentes substratos. Ceres, 60, 257-261. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2013000200015>
- Pias, O. H. C.; Cantarell, E. B.; Berghetti, J.; Leschewitz, R.; Kluge, E. R.; Somavilla, L. 2013. Doses de fertilizantes de liberação controlada no índice de clorofila e na produção de mudas de grábia. Pesquisa Florestal Brasileira, 33, 19-26. 10.4336/2013.pfb.33.73.419
- Pinheiro, M.; Miotto, S. T. S. 2001. Flora ilustrada do Rio Grande do Sul. Leguminosae: Faboideae, gênero *Lupinus* L. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 100p.
- Ristow, N. C.; Antunes, L. E. C.; Carpenedo, S. 2012. Substratos para o enraizamento de microestacas de mirtilheiro cultivar georgiagem. Rev. Bras. Frutic., 34, 262-268. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452012000100035>
- Rossa, U. B.; Angelo, A. C.; Nogueira, A. C.; Bognola, I. A.; Pomianoski, D. J. W.; Soares, P. R. C.; Barros, L. T. S. 2013a. Fertilização de liberação lenta no crescimento de mudas de paricá em viveiro. Pesquisa Florestal Brasileira, 33, 227-234. 10.4336/2013.pfb.33.75.429
- Rossa, U. B.; Angelo, A. C.; Nogueira, A. C.; Westphalen, D. J.; Bassaco, M. V. M.; Milani, J. E. F.; Bianchin, J. E. 2013b. Fertilizante de liberação lenta no desenvolvimento de mudas de *Schinus terebinthifolius* e *Sebastiania commersoniana*. Floresta, 43, 93-104. <http://dx.doi.org/10.5380/rev.v43i1.25690>
- Rossa, U. B.; Angelo, A. C.; Westphalen, D. J.; Oliveira, F. E. M.; Silva, F. F.; Araujo, J. C. 2015. Fertilizante de liberação lenta no desenvolvimento de mudas de *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. (angico-vermelho) e *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira-vermelha). Ciência Florestal, 25, 841-852. <https://doi.org/10.5902/1980509820582>
- Samal, D.; Kovar, J. L.; Steingrobe, B.; Sadana, U. S.; Bhadoria, P. S.; Claassen, N. 2010. Potassium uptake efficiency and dynamics in the rizosphere of maize (*Zea mays* L.), wheat (*Triticum aestivum* L.) and sugar beet (*Beta vulgaris* L.) evaluated with mechanistic model. Plant Soil, 332, 105-121. 10.1007/s11104-009-0277-6
- Santana, D. G.; Ranal, M. A. 2004. Análise da germinação: um enfoque estatístico. Brasília: Editora da Universidade de Brasília. 247p.
- Smiderle, O. J.; Souza A. G., Chagas E. A., Souza M. A.; Fagundes P. R. O. 2016. Growth and nutritional status and quality of *Khaya senegalensis* seedlings. Revista Ciências Agrárias, 59, (1), 47-53. <http://dx.doi.org/10.4322/rca.2160>
- Taiz L.; Zeiger E.; Moller I. M.; Murphy A. 2017. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6. ed. Porto Alegre: Artmed. 888p.