



STEPHANNIE HELINNET DO PRADO SILVEIRA

**RESPOSTAS DE *Acrocarpus fraxinifolius* Wight & Arn À
APLICAÇÃO DE NUTRIENTES**

**LAVRAS - MG
2023**

STEPHANNIE HELINNET DO PRADO SILVEIRA

**RESPOSTAS DE *Acrocarpus fraxinifolius* Wight & Arn À APLICAÇÃO DE
NUTRIENTES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Silvicultura e Genética Florestal, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Lucas Amaral de Melo
(Orientador)

Dra. Diana Suzete Nunes da Silva
(Coorientadora)

**LAVRAS - MG
2023**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Silveira, Stephannie Helinnet do Prado.

Respostas de *Acrocarpus fraxinifolius* wight & arn à aplicação de nutrientes / Stephannie Helinnet do Prado Silveira. - 2023.

46 p. : il.

Orientador(a): Lucas Amaral de Melo.

Coorientador(a): Diana Suzete Nunes da Silva.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2023.

Bibliografia.

1. cedro indiano. 2. fertilidade. 3. fertilização florestal. I. de Melo, Lucas Amaral. II. Nunes da Silva, Diana Suzete. III. Título.

STEPHANNIE HELINNET DO PRADO SILVEIRA

**RESPOSTAS DE *Acrocarpus fraxinifolius* Wight & Arn À APLICAÇÃO DE
NUTRIENTES**

Acrocarpus fraxinifolius Wight & Arn **RESPONSES TO NUTRIENT APPLICATION**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, área de concentração Silvicultura e Genética Florestal, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 30 de junho de 2022

Prof. Dr. Lucas Amaral de Melo, UFLA
Profa. Dra. Maria Lígia de Souza Silva, UFLA
Prof. Dr. Elias de Sá Farias, UEMG
Prof. Dr. Erick Martins Nieri, UNIFESSPA.

Prof. Dr. Lucas Amaral de Melo
(Orientador)

Dra. Diana Suzete Nunes da Silva
(Coorientadora)

**LAVRAS - MG
2023**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por sempre me proteger, guiar e me dar forças.

À UFLA pela excelência e pelos melhores momentos vividos, durante os anos de caminhada e pelo apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG).

Em especial, à minha mãe, Angela, por todo o carinho e incondicional apoio. Você é meu maior exemplo!

Ao meu pai Domingos pelo amor; às minhas irmãs, Ana Carla e Yvye, por todo o apoio e conselhos valiosos; aos meus sobrinhos Vitor Hugo, Alice e Murilo por darem luz à nossa casa e por serem um respiro em meio a tanto desgaste.

Ao meu orientador, professor Lucas Amaral pela orientação e paciência.

À Diana pela coorientação e ao Elias por todo o suporte, com vocês aprendi muito.

Aos meus colegas de laboratório e viveiro, por cada momento vivido e pela convivência diária.

Ao colega Rodolfo por todo o apoio e contribuição para a realização do trabalho.

Ao José Pedro e Adriano, que foram fundamentais, durante a minha trajetória no mestrado, sem vocês, com certeza, teria sido muito mais difícil.

Aos membros da banca examinadora desta dissertação, Professor Erick Nieri, Professora Maria Ligia, Professor Lucas Amaral e Professor Elias pela disponibilidade, sugestões e aprendizado.

E, por fim, o convênio entre UFLA e Fundeccc, nº 213/2018 por ter financiado parte desta pesquisa.

Muito obrigada!

RESUMO

A fim de ampliar os conhecimentos sobre adubação mineral de *Acrocarpus fraxinifolius* e contribuir com as informações sobre os aspectos silviculturais da espécie, dois experimentos foram conduzidos na Universidade Federal de Lavras. No estudo realizado no Capítulo 1, o trabalho teve como objetivo avaliar os parâmetros biométricos das mudas de *Acrocarpus fraxinifolius*, associado à sintomatologia visual da deficiência de macro e micronutrientes. O experimento foi realizado em vasos na casa de vegetação do Departamento de Ciências Florestais da UFLA. Foram empregados 12 tratamentos, em solo, sob restrição de nutrientes, em delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições e uma planta por vaso. Adotaram-se os seguintes tratamentos: controle (C1: corrigido com calagem e adubado com N, P, K, S, B, Zn), completo 2 (C2: sem correção e adubado com N, P, K, S, Ca, Mg, B, Zn), tratamentos completos omitindo-se, quando pertinente, cada um dos nutrientes (completo 1 - N, completo 1 -K, completo 1 -S, completo 1 -P, completo 1 - B, completo 1 - Zn, completo 1 - calagem, completo 2 - Ca, completo 2 - Mg) e solo natural. Aos 90 dias após a semeadura, foram medidos a altura, o diâmetro à altura do solo das mudas, o número de folhas, em seguida, a parte aérea e raiz foram coletadas e secas em estufa para a quantificação de massa seca. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e, posteriormente, ao teste de Dunnett, que comparou cada um dos tratamentos com o controle. A espécie *Acrocarpus fraxinifolius* demonstrou ser uma planta exigente em P, na sua fase inicial, porém respondeu positivamente à omissão de N, até os 90 dias após a semeadura, o que foi maximizado pela aplicação desse nutriente em dose única. No Capítulo 2, sob condição de campo, foram testadas adubações fosfatadas e doses de NPK, em oito tratamentos, com cinco repetições e quatro plantas por parcela. Foram testados os seguintes tratamentos: controle (sem aplicação de NPK e sem adubação fosfatada); adubação fosfatada no plantio; adubação fosfatada aos 65 dias após plantio; adubação fosfatada parcelada no plantio, 65 dias após o plantio; aplicação de NPK em cobertura em uma única dose aos 120 dias após o plantio. Ao longo de seis meses de medições da altura e diâmetro à altura do solo, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos. Fatores como a instalação do experimento ter sido em sistema de plantio direto, falta de calagem e também o baixo teor de B e Zn podem ter contribuído para os tratamentos não expressarem potencial.

PALAVRAS-CHAVE: Elemento faltante. Cedro-rosado. Cedro indiano. Restrição nutricional.

ABSTRACT

To expand the silviculture of *Acrocarpus fraxinifolius* about mineral fertilization, two experiments were conducted at the Federal University of Lavras. Chapter 1 aimed to evaluate the biometric parameters of *Acrocarpus fraxinifolius* seedlings associated with the visual symptoms of macro and micronutrient deficiency. The experiment tested twelve treatments in pots with soil under nutrient restriction based on the missing element technique in a completely randomized design with five replications and one plant per pot in a greenhouse. The following treatments were adopted: Control (C1: corrected and fertilized with N, P, K, S, B, Zn), complete 2 (C2: without correction and fertilized with N, P, K, S, Ca, Mg, B, Zn), treatments omitting each one of the nutrients when relevant (C1 - N, C1 -K, C1 -S, C1 -P, C1 - B, C1 - Zn, C1 - lime, C2 -Ca, C2 -Mg) and natural soil. The measurement of height, diameter at soil level, and the number of leaves were 90 days after sowing, then the shoot and root were collected and dried in an oven to quantify dry mass. The data were submitted for analysis of variance and later to Dunnet's test, which compared each treatment with the control. *Acrocarpus fraxinifolius* proved to be a P-demanding plant in its initial phase yet responded positively to the omission of N up to 90 days after sowing, which was maximized by the application of this nutrient in a single dose. Chapter 2 addresses the application of different NPK doses and phosphate fertilization under field conditions in a complete block design with eight treatments, five replications, and four plants per plot. The treatments consisted of: control (without NPK application and without phosphate fertilization); phosphate fertilization at planting; phosphate fertilization at 65 days after planting; phosphate fertilization in installments at planting and 65 days after planting; nitrogen and potassium fertilization in a single dose at 120 days after planting. Over six months, there was no significant differences between treatments for the seedling's height and diameter at ground level. Factors such as the installation of the experiment in a no-tillage system, lack of liming, and the low content of B and Zn may have contributed to the treatments not expressing potential.

KEYWORDS: Indian cedar. Nutritional restriction. Forest nutrition.

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE	8
1 INTRODUÇÃO GERAL	8
2 REFERENCIAL TEÓRICO	9
2.1 <i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	9
2.2 Nutrição mineral de plantas	10
2.3 Restrição nutricional	12
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	13
REFERÊNCIAS	13
SEGUNDA PARTE - ARTIGOS	17
ARTIGO 1- Efeito da restrição nutricional no crescimento de mudas de <i>Acrocarpus fraxinifolius</i> Wight & Arn em vaso	17
1 INTRODUÇÃO	18
2 MATERIAL E MÉTODOS	19
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
4 CONCLUSÕES	27
REFERÊNCIAS	28
ARTIGO 2 – Crescimento inicial de mudas de <i>Acrocarpus fraxinifolius</i> em resposta à adubação em campo	30
1 INTRODUÇÃO	31
2 MATERIAL E MÉTODOS	32
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4 CONCLUSÃO	42
REFERÊNCIAS	43

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO GERAL

O total de cobertura florestal, em todo o planeta, é de aproximadamente 4,06 bilhões de hectares, e os cinco países com a maior área coberta por florestas são, respectivamente, Rússia, Brasil, Canadá, Estados Unidos e China. Somados contam com mais de 54% da área total de florestas do mundo (FAO, 2020).

Em razão das suas características edáficas e climáticas favoráveis à produção florestal, o Brasil apresenta grande competitividade nos mercados interno e externo (OLIVEIRA et al., 2017). O mercado florestal está em crescimento e, por essa razão, é comum que se busquem espécies de outros países, que apresentem potencial para o fim desejado. A escolha dessas espécies deve obedecer a alguns critérios, como ter a finalidade que o produto final exige e estarem adaptadas às condições climáticas e edáficas do local no qual serão inseridas (ANDERSON, 1961). É de suma importância avaliar os fatores inerentes à espécie, como resistência ou suscetibilidade a pragas e doenças, facilidade de propagação e taxa de crescimento (WEBB et al., 1984).

O uso crescente de produtos florestais faz com que haja uma busca constante por novas técnicas de manejo e tecnologias silviculturais (VENTURIN et al., 2014), o que faz com que o plantio de espécies, para o suprimento de madeira de alto valor agregado, seja uma opção atrativa aos empreendedores de florestas plantadas (OLIVEIRA, 2017).

Entre as espécies que apresentam potencial, tem-se o *Acrocarpus fraxinifolius*. A espécie é pertencente à família *Fabaceae*, sua área de ocorrência natural compreende o ocidente da Índia, Bangladesh até alcançar o Norte de Mianmar (antiga Birmânia) (MARTÍNEZ et al., 2006). É uma espécie nativa das regiões tropicais de alta pluviosidade da Ásia, sendo conhecida, na América do Sul, como cedro-rosado e cedro-indiano (LORENZI et al., 2003). De acordo com Trianoski et al. (2011), o cedro-rosado apresenta uma elevada taxa de crescimento, podendo ser uma espécie muito promissora para o reflorestamento e uma candidata à produção de madeira de curta rotação.

A rápida taxa de crescimento das florestas plantadas no Brasil impõe elevada demanda sobre os recursos do solo, em especial, água e nutrientes (BELLOTE et al., 2008). Para os plantios florestais, normalmente, são destinados solos que apresentam baixa fertilidade e um dos fatores determinantes da produtividade florestal é a nutrição das plantas. Por isso, a adubação de árvores se torna necessária, pois, na maioria das vezes, o solo não fornece

quantidades de nutrientes suficientes que as plantas necessitam, não atingindo assim um crescimento satisfatório e economicamente desejável (BELLOTE e NEVES, 2001).

Levando-se em consideração a nutrição mineral das espécies florestais, este trabalho teve como objetivo identificar a influência da adubação, no início do ciclo de crescimento do *Acrocarpus fraxinifolius*, na implantação de mudas no campo sob diferentes combinações de N, P e K. Também, objetivou-se avaliar os parâmetros biométricos das mudas associados à sintomatologia visual da deficiência de nutrientes e conteúdo e acúmulo de nutrientes em partes aéreas de mudas cultivadas em vasos. O trabalho foi dividido em dois capítulos.

Capítulo 1: Crescimento inicial de mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* Wight & Arn em resposta à adubação em campo.

Capítulo 2: Efeito da restrição nutricional no crescimento de mudas em vaso de *Acrocarpus fraxinifolius* Wight & Arn.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 *Acrocarpus fraxinifolius* Wight & Arn

O potencial de crescimento elevado do *Acrocarpus fraxinifolius* foi ressaltado por pesquisadores brasileiros, os quais notaram um incremento médio anual de 14 a 45 m³ ha⁻¹ ano, tendo as regiões Sudeste e Centro-Oeste como mais indicadas para o seu plantio, indo até o Norte do Paraná (CARVALHO, 1998), por não resistir à geada (CARVALHO, 2003). É uma espécie pertencente à família *Fabaceae* e subfamília *Ceasalpinioideae*, cuja área de ocorrência natural ocorre desde o ocidente da Índia, Bangladesh, até alcançar o Norte de Mianmar (antiga Birmânia) (MARTÍNEZ et al., 2006). É conhecida, na América do Sul, como cedro-rosado ou cedro-indiano (LORENZI et al., 2003).

Pode ocorrer em altitudes que variam entre 0 a 2000 m e ser cultivada em climas com precipitação que variam de 500 a 3000 mm e temperaturas médias de 14 a 26°C (MARTÍNEZ et al., 2006). Apresenta melhor desenvolvimento, em solos profundos, porém a espécie também se desenvolve em solos rasos e compactados (PINHEIRO et al., 2003).

De acordo com Trianoski et al. (2011), *A. fraxinifolius* apresenta uma elevada taxa de crescimento, podendo ser uma espécie muito promissora para o reflorestamento e uma candidata à produção de madeira de curta rotação.

A madeira dessa espécie pode ser utilizada em construções, mobiliários e produção de celulose, podendo ser plantada em consórcio com outras espécies cultivadas, como o café (FIRMINO et al., 2015). Também pode ser utilizada em paisagismo, recuperação de áreas degradadas e sistemas agroflorestais (CARVALHO, 2003).

No aspecto silvicultural, tem-se pouco conhecimento sobre a espécie e ainda é escassa a realização de trabalhos científicos com *A. fraxinifolius* no Brasil, principalmente em relação à sua implantação.

2.2 Nutrição mineral de plantas

As espécies florestais possuem diferentes exigências nutricionais, sendo necessários estudos mais específicos a fim de investigar as demandas e tonar maior o vigor vegetativo das culturas (PEZZUTTI, SCHUMACHER, HOPPE, 1999). O entendimento da nutrição das mudas e uma correta adubação, no momento do plantio, garantem o seu desenvolvimento inicial, reduzindo o efeito competitivo de plantas daninhas e uma boa produtividade em longo prazo (MAEDA; BOGNOLA, 2012).

Quando a demanda da planta é maior que a que o solo tem a oferecer, fertilizantes devem ser aplicados para se obter a produção desejada. A aplicação desses fertilizantes dependerá da dosagem, época do ano e localização no solo em relação à planta (BARROS et al., 2000). A ocorrência, na variação da oferta de nutrientes às plantas, pode fazer com que apareçam diferenças significativas no crescimento e na produtividade dessas florestas. Nesse caso, podemos afirmar que os nutrientes minerais interferem direta ou indiretamente no desenvolvimento das árvores (BELLOTE et al., 2008).

A necessidade de aplicação de um dado nutriente é definida por uma completa avaliação da fertilidade do solo, isto é, pela avaliação da capacidade do solo em suprir os nutrientes às plantas. O método de definição da fertilidade do solo mais utilizado é a análise química e física do solo. Com o resultado obtido pela análise, verifica-se a necessidade de realizar correções e ou adubações no solo para que as plantas possam ter um desenvolvimento adequado (FURTINI NETO et al., 2001).

Entre os elementos que as plantas necessitam em maiores quantidades estão os macronutrientes: carbono, oxigênio, hidrogênio extraídos do ar e da água; nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), retirados do solo, em condições naturais. Enquanto os nutrientes que são absorvidos, transportados e metabolizados em menor quantidade são os micronutrientes (EPSTEIN; BLOOM, 2004).

O planejamento do manejo nutricional de um povoamento florestal sempre será realizado buscando a maior produtividade e o menor custo possível (SILVA; POGGIANI; BRITO, 2009). Os nutrientes mais frequentemente utilizados, nas adubações de espécies florestais, são N, P, K e, com menor frequência, o boro (B), o cobre (Cu) e o zinco (Zn). O Ca e o Mg são aplicados por meio da calagem (BELLOTE et al., 2001).

N, P e K são nutrientes com grande proeminência no desenvolvimento vegetal e representam valores significativos no planejamento de custo da fertilização florestal (SILVA, 2017). De acordo com Barros e Novais (1990), a eficiência nutricional expressa a capacidade das plantas de absorver e utilizar os nutrientes durante todo o seu ciclo. Para Fageria (1998), a eficiência nutricional pode ser afetada por fatores relacionados com o clima, o solo e a planta.

O P e o N são nutrientes altamente requeridos nos estádios iniciais do crescimento vegetativo da parte aérea e desenvolvimento do sistema radicular (VILAR; VILAR 2013). No Brasil, os povoamentos florestais têm sido implantados em solos em que, normalmente, o P é um dos nutrientes mais limitantes ao crescimento vegetal (SCHUMACHER et al., 2004). Essa carência generalizada de P, nos solos brasileiros, faz com que o elemento seja o nutriente mais utilizado na adubação (RAIJ, 1991).

Ao contrário dos demais nutrientes, o N praticamente não é fornecido ao solo pelas rochas de origem e, em geral, é o nutriente exigido em maior quantidade pelas plantas (FURTINI NETO et al., 2001). A sua maior parte no solo está na forma orgânica, em substâncias húmicas que compõem a matéria orgânica do solo (SILVA; MENDONÇA, 2007).

Em função do seu elevado dinamismo, o N, quando comparado aos demais nutrientes, é muito mais difícil de ser mantido no solo ao alcance das raízes. Portanto, pelo seu baixo efeito residual e grande exigência pelas culturas, a adubação nitrogenada precisa ser feita de forma muito mais pesada e constante que a dos demais nutrientes (FURTINI NETO et al., 2001).

O K também é absorvido pelas plantas, em grandes quantidades, sendo normalmente descrito como o nutriente da qualidade. Além de sua importância na produção vegetal, o K é, muitas vezes, associado à maior resistência das plantas a condições adversas, tais como baixa disponibilidade de água, extremos de temperatura e é conhecido também por reduzir a incidência de pragas e doenças (FURTINI NETO et al., 2001).

Conforme Raij (2011), a condição desfavorável mais comum, nos solos brasileiros, é a acidez excessiva. Em condições, nas quais a cultura responde à prática de calagem, esta é recomendada. Uma calagem, realizada de maneira adequada, irá neutralizar o alumínio do

solo e fornecer Ca e Mg como nutrientes. Além disso, promove o aumento da disponibilidade do P e de outros nutrientes no solo, assim como a capacidade de troca de cátions efetiva e a atividade microbiana, entre outros benefícios. A calagem possibilita, então, maior desenvolvimento do sistema radicular das plantas, facilitando ainda mais a absorção e a utilização dos nutrientes e da água pelas culturas (SOUZA; LOBATO, 2004).

As pesquisas têm demonstrado que, com o passar dos tempos, a fertilização de espécies florestais melhora a produtividade, a qualidade e o estabelecimento dos plantios florestais (CARLOS et al., 2014). Segundo Gonçalves (1995), as características dos fertilizantes e a quantidade a ser aplicada dependem das necessidades nutricionais da espécie utilizada, da fertilidade do solo, da forma de reação dos adubos com o solo, da eficiência dos fertilizantes e de fatores de ordem econômica.

Inúmeros trabalhos foram feitos com fertilização mineral, em eucalipto no Brasil, mostrando que adubações realizadas de forma correta contribuem para o aumento do incremento médio das plantas (BARROS et al., 1992). Outros trabalhos mostram que algumas espécies não são tão exigentes em adubação, na sua fase inicial, como é o caso da *Ceiba pentandra*, que não respondeu a doses crescentes de N, P e K na sua fase inicial (CARDOSO et al., 2016). No entanto trabalhos abordando esses efeitos em plantios de *Acrocarpus fraxinifolius* ainda são escassos.

2.3 Técnica do elemento faltante

O efeito da restrição nutricional é baseado na técnica do nutriente faltante, que indica quais são os nutrientes que se apresentam deficientes e qual a importância relativa dessas deficiências (CHAMINADÉ, 1972). Silva et al. (2005) observaram que as omissões dos nutrientes N, P e Ca foram as que mais limitaram o crescimento em altura e diâmetro das mudas de *Spondias tuberosa*. E que as mudas sob omissão de N e P apresentaram menor peso de matéria seca da parte aérea.

De acordo com Hoffmam et al. (2019), a *Copaifera langsdorffii*, na sua fase inicial de desenvolvimento, mostrou-se bastante exigente, em relação ao requerimento nutricional, visto que os macronutrientes, N, P e K foram os que mais limitaram o desenvolvimento da espécie. Com relação aos micronutrientes todos foram limitantes, porém as plantas foram mais afetadas na ausência de Fe, Zn e Mn.

Para mudas de *Caryocar brasiliense*, a omissão de Zn, K e Mg não afeta o crescimento em altura das mudas, mostrando ser uma espécie de baixa exigência nutricional durante o processo de formação das mudas (CARLOS et al., 2014).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existem poucos experimentos científicos, envolvendo *Acrocarpus fraxinifolius*, principalmente relacionados à sua implantação e nutrição. Informações mais específicas sobre a espécie são importantes, para maximizar a produtividade e a minimização de gastos, já que informações mais exatas fornecem recomendações mais assertivas. Estudos mais aprofundados também contribuem para o conhecimento técnico-científico do setor florestal brasileiro.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, M. L. **The selection of tree species**. 2nd ed. London: Oliver and Boyd, 1961. 154 p.
- BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L.; NOVAIS, R.F. Recomendação de fertilizantes minerais em plantios de eucalipto. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (Eds). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 135-165.
- BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; LEAL, P.G.L. Fertilizing Eucalypt plantations on the Brazilian savannah soils. **South African forestry journal**, v. 160, n. 1, p. 7-12, 1992.
- BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L. Fertilização e correção do solo para o plantio de eucalipto. In: BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. (Ed.). **Relação Solo – Eucalipto**. Viçosa: **Folha de Viçosa**, cap.4, p. 127-186, 1990.
- BELLOTE, A. F. J.; DEDECEK, R. A.; DA SILVA, H. D. Nutrientes minerais, biomassa e deposição de serapilheira em plantio de Eucalyptus com diferentes sistemas de manejo de resíduos florestais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 56, p. 31, 2008.
- BELLOTE, A. F. J.; NEVES, E.J. M. Calagem e adubação em espécies florestais plantadas na propriedade rural. **Embrapa Florestas-Circular Técnica** (INFOTECA-E), 2001.
- CARLOS, L.; VENTURIN, N.; MACEDO, R.L.G.; HIGASHIKAWA, E.M.; GARCIA, M.B.; FARIAS, E.S. Crescimento e nutrição mineral de mudas de pequi sob efeito da omissão de nutrientes. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 1, p. 13-21, jan.-mar., 2014.
- CARDOSO, A. A. S.; SANTOS, J. Z. L.; TUCCI, C. A. F.; SILVA JUNIOR, C. H.; VENTURIN, N. Respostas nutricionais de mudas de sumaúma à adubação nitrogenada, fosfatada e potássica. **Científica**, Jaboticabal, v.44, n.3, p.421 - 430, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.15361/1984-5529.2016v44n3p421-430>>
- CARVALHO, P. E. 1998. Espécies introduzidas alternativas às do gênero Pinus e Eucalyptus para reflorestamento no Centro-sul do Brasil. In: GALVÃO, A. P. M. (Coord.) **Espécies não tradicionais para plantios com finalidades produtivas e ambientais**, Colombo: **Embrapa Florestas**, 1998, p. 75-99.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: **Embrapa Florestas**, 2003. 1039 p.
- CHAMINADÉ, R. Recherchessurfertiliteet al fertilisations dès sols em régios tropicales. **L'Agonomie Tropicale**, Paris, 1972. 27(9): 891-904
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2.ed. Londrina: Planta, 2004. 403p.
- FAGERIA, N. K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n.1, p. 6-16, 1998.

FAO. **Global forest resources assessment 2020: Main report**. Rome, 2020. 186 p.
Disponível em: <<http://www.fao.org/3/ca9825en/CA9825EN.pdf>>. Acesso em: 08 de fev. 2021.

FIRMINO, A. C.; MORAES, W. B.; FURTADO, E. L. Primeiro relato de *Ceratocystis fimbriata* causando seca em *Acrocarpus fraxinifolius* no Brasil. **Summa Phytopathol**, Botucatu, v. 41, n. 2, p. 160, 2015.

FURTINI NETO, A. E.; VALE, F. R. D., RESENDE, Á. V. D.; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. D. A. (2001). **Fertilidade do solo**. (Curso de Pós-Graduação “Latu Sensu” (Especialização) a Distância – Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas no Agronegócio). Lavras: UFLA/FAEPE. 261 p.

GONÇALVES, J. L. M. **Características do sistema radicular de Eucalyptus grandis sob diferentes condições edáficas (I Distribuição de raízes nas camadas de solo)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 21., 1995. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. p. 876-878.

GONÇALVES, J. L. M. Recomendações de adubação para Eucalyptus, Pinus e espécies típicas da Mata Atlântica. **Documentos Florestais, Piracicaba, v.15, p.1-23, 1995**.

HOFFMAM W.R.; SILVA A.A.; NOGUEIRA D.W.R.; PRUDENCIO, G.A. Resposta a adubação de mudas de copaíba na omissão de nutrientes em solução nutritiva. **Scientia Naturalis**, Rio Branco, v. 1, n. 5, p. 23-34, 2019.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M.; TORRES, M. A. V.; BACHER, L. B. Árvores exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas. **Nova Odessa: Plantarum**, 2003. 368 p.

MAEDA, S.; BOGNOLA, I. A. Influência de calagem e adubação fosfatada no crescimento inicial de eucalipto e nos níveis críticos de P. **Pesquisa florestal brasileira**, Colombo, v. 32, n. 72, p. 401- 407, 2012.

MARTÍNEZ, P. E. et al. Cultivo intercalado de cedro rosado y su efecto sobre el contenido de matéria orgânica em suelo. **Revista UDO Agrícola**, v. 6, n. 1, p. 109- 113, 2006.

OLIVEIRA, et al. Plantações florestais: geração de benefícios com baixo impacto ambiental. In MOREIRA e OLIVEIRA. Importância do setor florestal brasileiro com ênfase nas plantações florestais comerciais. 2017. p. 13-20. **Embrapa Florestas**, Brasília, DF.

PEZZUTTI, R. V.; SCHUMACHER, M. V.; HOPPE, J. M. Crescimento de mudas de *Eucalyptus globulus* em resposta à fertilização NPK. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 9, n. 2, p. 117-125, 1999.

PINHEIRO, A. L.; LANI, L. L.; COUTO, L. **Cultura do cedro australiano para produção de madeira serrada**. Viçosa, MG: UFV, 2003. 42 p.

RAIJ, B. V. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: **Ceres**, Potafos, 1991. 343 p.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011.

SCHUMACHER, M. V.; CECONI, D. E.; SANTANA ARRUDA, CEDINARA. Influência de diferentes doses de fósforo no crescimento de mudas de angico-vermelho (*Parapiptadeniariigida* (Bentham) Brenan). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 149-155, 2004.

SILVA, E.B.; GONÇALVES, N.P.; PINHO, P.J. Limitações nutricionais para crescimento de mudas de umbuzeiro em latossolo vermelho distrófico no Norte de Minas. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v.27, n.1, jan./marc. 2005. p. 55-59.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F. et al. (ed). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: SBCS, 2007. p. 275-374.

SILVA, N. F. **Eficiência nutricional e seus biomarcadores em eucalipto para nitrogênio, fósforo e potássio**. 2017. 124 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2017.

SILVA, P. H. M.; POGGIANI, F.; BRITO, J. O. Produção de óleo essencial e balanço nutricional em *Corymbia citriodora* adubado com lodo de esgoto em diferentes espaçamentos. **Cerne**, Lavras, v. 15, p. 346-354, 2009.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2004.

TRIANOSKI, R. et al. Viabilidade da utilização de *Acrocarpus fraxinifolius* em diferentes proporções com *Pinus* spp. para produção de painéis aglomerados. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 91, p. 343-350, set. 2011.

VENTURIN, N.; CARLOS, L.; SOUZA, P. A.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, R. P.; HIGASHIKAWA, E. M. Silvicultural performance of *Acrocarpus fraxinifolius* Wight in function of the different spacing and ages. **Cerne**, v. 20 n. 4, p. 629-636, 2014.

VILAR, C. C. & VILAR, F. C. M. **Comportamento do fósforo em solo e planta**. Faculdade Integrado de Campo Mourão, v.8, p. 37-44, 2013.

WEBB, D. B. et al., 1984. A Guide to Species Selection for Tropical and Sub-Tropical Plantations. **Tropical Forestry Papers**. n. 15 ed. 2, Revised. Unit of Tropical Silviculture Commonwealth Forestry Institute University of Oxford 1984.

SEGUNDA PARTE

ARTIGO 1- Efeito da restrição nutricional no crescimento de mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* Wight & Arn em vaso

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar os parâmetros biométricos das mudas de *Acrocarpus fraxinifolius*, associados à sintomatologia visual da deficiência de macro e micronutrientes. O experimento foi realizado em vasos na casa de vegetação do Departamento de Ciências Florestais da UFLA. Foram testados 12 tratamentos, em solo, sob restrição de nutrientes, baseados na técnica do elemento faltante, em delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições e uma planta por vaso. Adotaram-se os seguintes tratamentos: controle (C1: corrigido com calagem e adubado com N, P, K, S, B, Zn), completo 2 (C2: sem correção e adubado com N, P, K, S, Ca, Mg, B, Zn), tratamentos completos omitindo-se, quando pertinente, cada um dos nutrientes (completo 1 - N, completo 1 -K, completo 1 -S, completo 1 -P, completo 1 - B, completo 1 - Zn, completo 1 – calagem, completo 2 -Ca, completo 2 -Mg) e solo natural. Aos 90 dias após a semeadura, foram medidos a altura, o diâmetro à altura do solo das mudas, o número de folhas, em seguida, a parte aérea e raiz foram coletadas e secas em estufa para a quantificação de massa seca. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e, posteriormente, ao teste de Dunnet, que comparou cada um dos tratamentos com a testemunha. O *Acrocarpus fraxinifolius* demonstrou ser uma planta exigente em P, na sua fase inicial, porém respondeu positivamente à omissão de N, até os 90 dias após a semeadura, o que foi maximizado pela aplicação deste nutriente em dose única. A espécie apresenta indícios de ser tolerante à acidez do solo.

PALAVRAS-CHAVE: Elemento faltante. Cedro-rosado. Cedro indiano. Restrição nutricional.

ABSTRACT

Chapter 1 aimed to evaluate the biometric parameters of *Acrocarpus fraxinifolius* seedlings associated with the visual symptoms of macro and micronutrient deficiency. The experiment tested twelve treatments in pots with soil under nutrient restriction based on the missing element technique in a completely randomized design with five replications and one plant per pot in a greenhouse. The following treatments were adopted: Control (C1: corrected and fertilized with N, P, K, S, B, Zn), complete 2 (C2: without correction and fertilized with N, P, K, S, Ca, Mg, B, Zn), treatments omitting each one of the nutrients when relevant (C1 - N, C1 -K, C1 -S, C1 -P, C1 - B, C1 - Zn, C1 - lime, C2 -Ca, C2 -Mg) and natural soil. The measurement of height, diameter at soil level, and the number of leaves were 90 days after sowing, then the shoot and root were collected and dried in an oven to quantify dry mass. The data were submitted for analysis of variance and later to Dunnet's test, which compared each treatment with the control. *Acrocarpus fraxinifolius* proved to be a P-demanding plant in its initial phase yet responded positively to the omission of N up to 90 days after sowing, which was maximized by the application of this nutrient in a single dose.

KEYWORDS: Indian cedar. Nutritional restriction. Forest nutrition.

1 INTRODUÇÃO

A espécie arbórea *Acrocarpus fraxinifolius* apresenta uma elevada taxa de crescimento, podendo ser uma espécie muito promissora para o reflorestamento e produção de madeira de curta rotação (TRIANOSKI et al., 2011). No Brasil, o incremento médio anual varia de 14 a 45 m³/ha, e as regiões mais indicadas para o seu plantio são o Sudeste, Centro-oeste e o Norte do Paraná (CARVALHO, 1998), pois não resiste à geada (CARVALHO, 2003).

A. fraxinifolius pertence à família *Fabaceae* e subfamília *Ceasalpinioideae*, tem sua área de ocorrência natural ocorrendo desde o ocidente da Índia, Bangladesh, até alcançar o Norte de Mianmar (antiga Birmânia) (MARTÍNEZ et al., 2006). É conhecida, na América do Sul, como cedro-rosado ou cedro indiano (LORENZI et al., 2003).

A espécie pode ocorrer em altitudes que variam entre 0 a 2000 m e ser cultivada em climas com precipitação que variam de 500 a 3000 mm e temperaturas médias de 14 a 26°C (MARTÍNEZ et al., 2006). Apesar da espécie se desenvolver em solos profundos, ela também se desenvolve em solos rasos e compactados (PINHEIRO et al., 2003). É uma árvore perenifólia de 20 a 40 metros de altura, folhas compostas e bipinadas (LORENZI et al., 2003).

A madeira dessa espécie pode ser utilizada em construções, mobiliários e produção de celulose, podendo ser plantada em consórcio com outras espécies cultivadas, como o café (FIRMINO et al., 2015) e também pode ser utilizada em paisagismo, recuperação de áreas degradadas e sistemas agroflorestais (CARVALHO, 2003). É uma madeira de fácil processamento e colagem, obtendo-se superfícies com bom acabamento superficial (HONORATO et al., 2005).

A fertilidade natural dos solos no Brasil é baixa e não há reservas de nutrientes suficientes para sustentar a produtividade da maioria das culturas. Além disso, a grande maioria dos solos do Brasil é ácida. Por causa dessas características, a agricultura opta pela aplicação de fertilizantes e corretivos para atender às exigências nutricionais das espécies cultivadas (BERNARDI; MACHADO; SILVA, 2002). Araujo et al (2022) verificaram que o cultivo convencional proporcionou resultados superiores para as características altura e diâmetro do caule, em relação ao cultivo mínimo.

Uma das formas de avaliação dos requisitos nutricionais de espécies de plantas é por meio da técnica do elemento faltante, que determina as deficiências de nutrientes no solo, baseado na lei do mínimo. Essa técnica consiste em testar um tratamento nutricional completo junto com tratamentos em omissões individuais de nutrientes (SILVA et al., 2016).

Munguambe et al (2017), como um dos poucos trabalhos que estudaram a nutrição da espécie, citam que os nutrientes N, P, K e Ca foram os que mais limitaram o crescimento em altura e diâmetro à altura do solo de mudas de *Acrocarpus fraxinifolius*.

Ainda existe uma lacuna no conhecimento nutricional de diferentes espécies florestais, mas alguns estudos têm demonstrado que a fertilização de essências florestais melhora a produtividade, a qualidade e o estabelecimento dos plantios florestais (CAMPOS et al., 2014), pois os nutrientes participam das estruturas e processos vitais das plantas (TURCHETTO et al., 2016). Nesse sentido, o presente trabalho objetivou caracterizar os aspectos nutricionais e os efeitos causados pela omissão de nutrientes no desenvolvimento inicial de mudas de *A. fraxinifolius*, empregando restrição nutricional em vasos contendo solo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido, em casa de vegetação, no Viveiro Florestal da Universidade Federal de Lavras – UFLA, localizada em Lavras - MG, Brasil (21° 14' S; 44° 00' W; 919 m). As sementes de *A. fraxinifolius* foram coletadas de árvores encontradas no campus histórico da própria universidade. Foi realizado um teste de germinação no Laboratório de Sementes Florestais da UFLA, em que se observaram 92% de germinação.

Para a instalação do experimento, as sementes foram beneficiadas e escarificadas. Como substrato, foi utilizado um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, previamente conhecido como sendo de baixa fertilidade natural, coletado no município de Itumirim, MG, a uma profundidade de 20 a 40 cm, evitando assim a coleta da camada mais fértil do solo.

Após a secagem ao ar, o solo foi peneirado e foi retirada uma amostra para análises física e química. O solo foi colocado em vasos plásticos com capacidade de 7 dm³. Os vasos constituíram as parcelas e foram vedados no fundo para evitar perda de água e nutrientes.

A análise de solo foi realizada no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (Tabela 1).

Tabela 1- Análise química do solo utilizado no experimento, antes da submissão aos tratamentos

pH	Mo g/kg	K mg dm ⁻³	P mg dm ⁻³	Ca	Mg	Al	H+Al	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S	T cmol dm ⁻³
5,00	0,40	24,61	0,60	0,20	0,10	0,30	1,24	0,86	12,26	0,72	3,72	0,01	1,41	1,60

Legenda: *V: índice de saturação por base, T: capacidade de troca catiônica a pH 7,0.

Fonte: Do autor (2022).

Com base na análise química do solo, foi realizada a calagem, para elevar a saturação por bases a 60%, aplicando-se 2,1 g/vaso de calcário dolomítico ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) com PRNT = 100%. Durante a incubação do solo por 30 dias, com umidade próxima a 60% do volume total de poros (VTP) (FREIRE et al., 1979), a irrigação nos vasos continuou sendo feita mantendo-se a umidade, aferida diariamente por pesagem e completando-se o peso com água deionizada (CARLOS et al., 2014).

As doses das fontes de nutrientes foram calculadas atendendo à adubação básica de cada tratamento e são recomendadas em mg dm^{-3} , de acordo com Malavolta (1980): 300 mg de N, 200 mg de P, 150 mg de K, 75 mg de Ca, 15 mg de Mg, 50 mg de S, 0,5 mg de B, 1,5 mg de Cu e 5 mg de Zn.

O experimento foi estabelecido em delineamento inteiramente casualizado com doze tratamentos, cinco repetições e uma planta por parcela, sendo esta representada por um vaso. A metodologia utilizada foi baseada na técnica dos elementos faltantes. Os tratamentos consistiram em soluções nutritivas, feitas com reagente analítico e água deionizada, utilizados para preparar as soluções estoque para, posteriormente, adicioná-las aos vasos com terra. Consistiram em solução completa e omissões de nutrientes únicos selecionados. Foram eles: completo 1 (C1) contendo calagem, N, P, K, S, B e Zn, caracterizado como o tratamento testemunha; tratamentos com omissão de cada nutriente, respectivamente (C1-calagem; C1-N; C1-P; C1-K; C1-S; C1-B e C1-Zn); Completo 2 (C2) sem calagem, mas contendo N, P, K, S, B, Zn, Ca e Mg; C2-Ca; C2-Mg e tratamento com solo puro sem adição de nutrientes.

Aos 90 dias da semeadura, foram medidos a altura, o diâmetro à altura do solo, o número de folhas, além de registros fotográficos dos sintomas. Após o período de manutenção do experimento e coleta das características biométricas, as plantas foram colhidas e separada a parte aérea da raiz, então, foram então secas em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura média de 65°C até que o material apresentasse massa constante.

O material vegetal seco foi pesado, em balança de precisão, para a obtenção da massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR).

Os efeitos restritivos dos tratamentos que consistem nas omissões individuais de calagem, N, P, K, S, B, Zn, Ca e Mg, foram obtidos comparando o efeito de cada um desses tratamentos com o efeito da solução nutritiva completa (Completo 1). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e posteriormente ao teste de Dunnett.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância, para os dados analisados aos 90 dias, está apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Resumo da análise de variância para a altura, diâmetro à altura do solo, número de folhas, massa seca da parte aérea e massa seca de raiz de mudas de *A. fraxinifolius*, aos 90 dias após a semeadura, em função da restrição nutricional

FV ¹	GL ²	Quadrado Médio				
		H	D	NF	MSPA	MSR
Tratamento	11	135.554*	6,043*	12,998*	22,031*	7,648*
Erro	48	25.172	0,862	3,200	3,797	0,335
Média	-	24,73	3,29	9,58	3,38	1,03
CV ³ %	-	24,21	28,21	18,67	57,55	56,06

Legenda: ¹Fonte de variação; ²Graus de liberdade; ³Coeficiente de variação; *Significativo pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade de erro. ^{ns}Não significativo pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Do autor (2022).

Foram verificadas diferenças significativas nas características morfológicas estudadas altura, diâmetro à altura do solo, número de folhas, matéria seca da parte aérea, matéria seca de raiz. As médias estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3: Médias de altura (H), diâmetro à altura do solo (D), número de folhas (NF), massa seca da parte aérea (MSPA) e a massa seca de raiz (MSR) de mudas de *A. fraxinifolius*, aos 90 dias após a semeadura, sob restrição nutricional.

Tratamentos	H (cm)	D (mm)	NF	MSPA (g)	MSR (g)
C1	20,84	3,30	11,20	3,02	0,477
C1 - N	30,96 b	6,16 b	12,60	9,18 b	4,88 b
C1-P	11,36 b	1,60 b	6,40 b	0,69	0,23
C1-K	24,94	3,62	10,60	3,89	0,62
C1-S	20,40	3,14	9,80	3,20	0,91
C1-B	24,14	3,76	10,60	4,28	1,01
C1-Zn	22,06	2,80	8,40 b	2,88	0,91
C1-calagem	18,32	2,96	9,40	3,11	0,72
C2	20,06	3,36	8,20 b	2,67	0,60
C2-Mg	23,00	3,54	10,00	3,57	1,06
C2-Ca	19,80	3,16	9,20	3,08	0,59
Solo natural	12,84	2,10 b	8,60 b	1,06	0,38

Legenda: Médias, na coluna, seguidas pela letra “b”, diferem com a testemunha C1, pelo teste Dunnett, a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Do autor (2022).

Ao submeter as plantas ao tratamento C1-N, ocorreu maior crescimento em altura (H), diâmetro à altura do solo (D), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR) em relação ao Completo 1. Esses resultados mostram que até os 90 dias, após a semeadura, as mudas de *A. fraxinifolius* não foram tão exigentes por N.

Verifica-se que as leguminosas (Fabaceae) formam uma relação simbiótica com bactérias fixadoras de nitrogênio, reduzindo esse nitrogênio atmosférico em amônia, composto que é absorvido pelas plantas (TAIZ; ZEIGER, 2009). Porém, nas mudas de *A. fraxinifolius* deste experimento, não foram encontrados indícios visuais de relação simbiótica (Figura 1), o que não significa que não possa ocorrer, uma vez que não foi realizada a quantificação dos microrganismos e/ou avaliada a sua eficiência simbiótica com as mudas.

Figura 1: Raiz de muda de *Acrocarpus fraxinifolius* do tratamento C1-N, aos 90 dias após a semeadura, sem sinais de relação simbiótica



Fonte: Do autor (2022).

De acordo com Taiz e Zeiger (2009), se a deficiência de N persiste, a maioria das espécies apresentam sinais de clorose (amarelecimento das folhas), sobretudo, nas folhas mais velhas próximas à base da planta. Durante a realização deste experimento, as mudas submetidas ao tratamento C1-N apresentaram sinais visuais de deficiência (Figura 2).

Figura 2: Sintomas de clorose em folhas de *Acrocarpus fraxinifolius* do tratamento C1 – N, aos 90 dias após a semeadura



Fonte: Do autor (2022).

Contrário ao encontrado neste trabalho, Munguambe et al. (2017), testando a mesma espécie e utilizando a técnica dos elementos faltantes, com o uso de solução nutritiva, verificaram que o N foi um dos nutrientes que mais afetou o desenvolvimento das plantas até os 90 dias de avaliação. Outro fato que pode explicar a diferença nos resultados é a forma como a solução contendo N foi aplicada ao solo. O ideal é que a quantidade deste nutriente seja dividida em duas ou três aplicações (BARROS e NOVAES, 1990). No caso deste trabalho, a aplicação da dose total foi feita, em uma única aplicação da fonte, em todos os tratamentos que continham N.

Nohatto et al. (2013), estudando sobre os estresses causados pela falta ou excesso de nitrogênio em plantas de arroz, afirmaram que tanto a utilização de doses excessivas de N, quanto a limitação desse recurso podem provocar uma condição de estresse oxidativo nas plantas. Como, infelizmente, as culturas não são capazes de absorver todo o N, que é aplicado ao solo, parte desse N vai se perder para a atmosfera ou para o lençol freático (MARTELLI, 2007).

Para o crescimento em altura, diâmetro à altura do solo e número de folhas, o tratamento com omissão de P mostrou resultados significativos quando comparados ao completo 1. As médias do tratamento foram menores, o que denota a exigência pelo nutriente, na fase inicial de muda, pois a sua omissão provocou redução significativa no desenvolvimento das plantas.

Os resultados confirmaram a importância do P, no desenvolvimento das plantas, pois o nutriente participa no armazenamento, transporte de energia e fixação de N em nucleotídeos e ácidos nucleicos (MALAVOLTA et al., 1997; EPSTEIN; BLOOM, 2004). O resultado é semelhante ao encontrado por Munguambe et al. (2017), cujas mudas de *A. fraxinifolius* com a ausência de P também apresentaram crescimento reduzido, assim como para mudas de *Copaifera langsdorffii*, conforme constatado por Hoffmam et al. (2019).

O tratamento com solo puro também apresentou diferenças significativas nas variáveis altura, diâmetro à altura do solo e número de folhas. Desta forma, pode-se afirmar que a espécie é exigente em adubação, principalmente fósforo, já que esse foi o nutriente que mais limitou o seu crescimento.

A espécie estudada não se mostrou exigente à correção de pH do solo, o que pode ser constatado pelos resultados das médias do tratamento C2 em relação ao C1, que não apresentou diferenças significativas nas variáveis H, D, MSPA e MSR. No tratamento C2, não houve correção de pH pela calagem, mas manteve-se o Ca e o Mg, nutrientes que no C1

havia sido fornecidos pelo calcário. Outro grupo de espécies, com o mesmo comportamento, é o eucalipto, que apresenta bom crescimento mesmo em solos com alta acidez ativa e trocável (BARROS; NOVAIS et al., 1990).

Ao lado do B, o Zn é o micronutriente que mais frequentemente promove deficiência nas culturas, nos solos das regiões tropicais, além disso, o Zn está estreitamente envolvido no metabolismo nitrogenado da planta (FAQUIN, 2005). No caso desse experimento, o tratamento C1-Zn apresentou diferença significativa, para a variável número de folhas (NF), mostrando que o nutriente também é bastante requerido pela espécie.

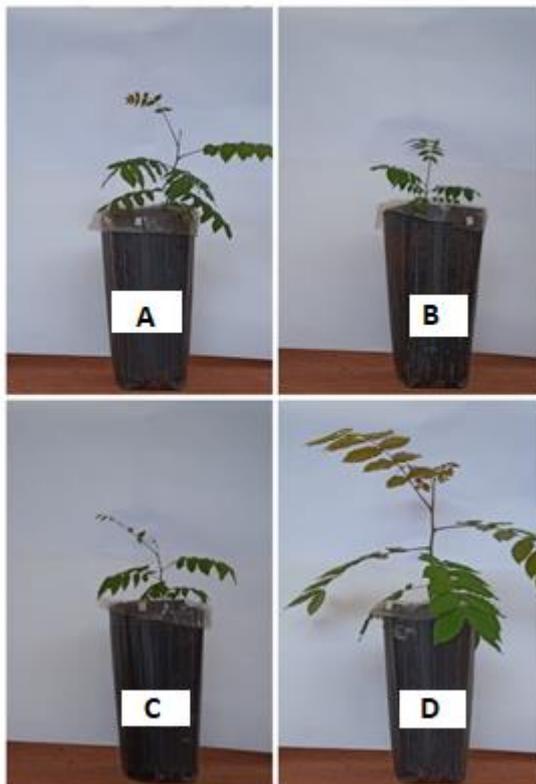
Nenhum dos tratamentos C1-K, C1-S, C1-B, C2-Mg, C2-Ca apresentou diferença significativa, para as variáveis analisadas, quando comparados ao C1, até os 90 dias de avaliação.

Para C1-S e C1- Mg, os resultados coincidem com os encontrados por Munguambe et al. (2017), enquanto, para o tratamento com restrição de Ca, os resultados se contradizem. Munguambe et al. (2017) citam que, aos 45 dias após o transplante, as plantas do tratamento com restrição de Ca apresentaram severos sintomas de deficiência, como clorose, que evoluíram para necrose da borda dos folíolos, resultando em deformação e consequente murcha, progredindo para a morte da gema apical da maioria das plantas, na avaliação realizada aos 120 dias.

O que poderia explicar essa diferença nos resultados é o fato de ter sido utilizado solo como meio para o desenvolvimento das plantas neste trabalho, enquanto, no de Munguambe et al. (2017), foi utilizada solução nutritiva. No solo, conforme pode ser verificado pela análise do solo, representada na Tabela 1, existem certas quantidades de cada um dos nutrientes estudados, enquanto, na solução nutritiva, quando um nutriente é omitido, pode-se considerar que realmente ele não está presente, como o caso do teor de Ca.

Esse raciocínio pode ser constatado pelos resultados do tratamento C1- calagem, que, além de não corrigir o pH, também não adicionou Ca e Mg e que, mesmo assim, não apresentou diferenças significativas para as médias das plantas cultivadas no tratamento C1. Portanto podemos inferir que as quantidades existentes no solo de Ca ($0,2 \text{ cmol.dm}^{-3}$) e Mg ($0,1 \text{ cmol.dm}^{-3}$) foram suficientes para suprir as necessidades das mudas de *A. fraxinifolius* até os 90 dias após a semeadura.

Figura 3: Diferença entre as mudas de *Acrocarpus fraxinifolius*, aos 90 dias, após a semeadura, em função dos seguintes tratamentos: C1 (A), C1-P (B), Solo puro (C) e C1-N (D)

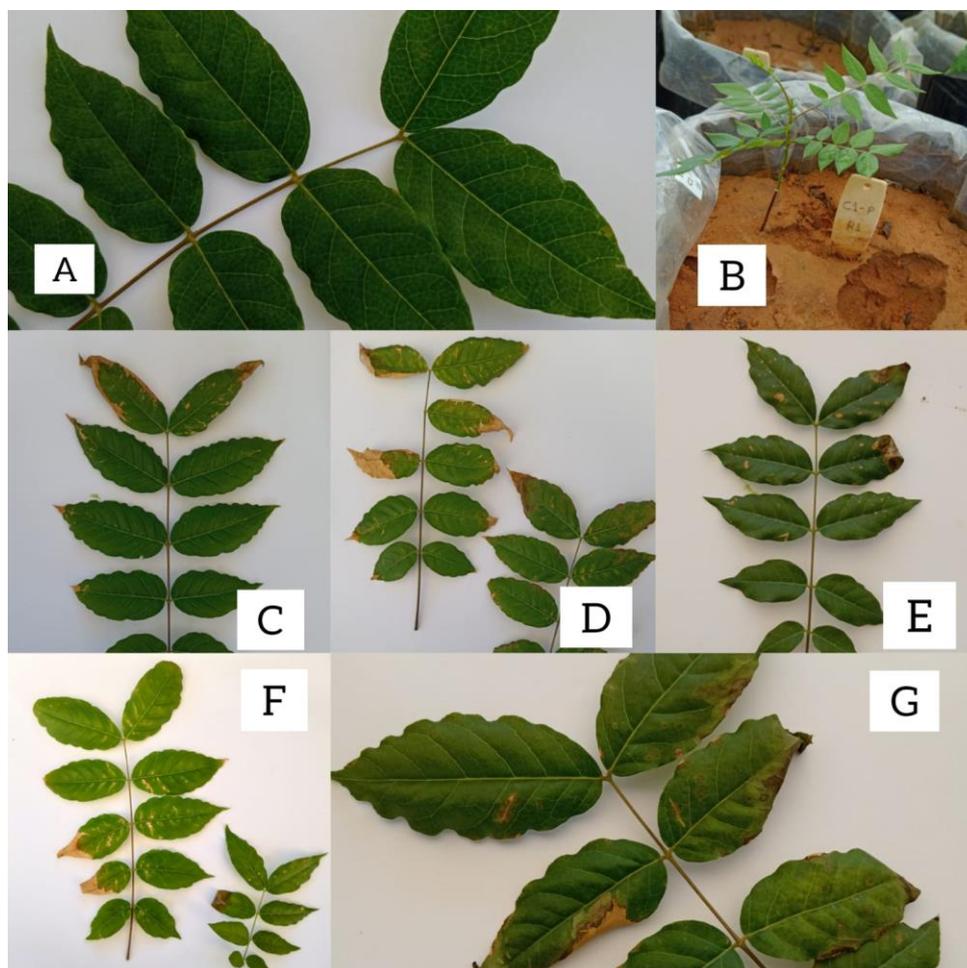


Fonte: Do autor (2022).

Alguns sintomas visuais de deficiência nutricional puderam ser vistos a partir de 30 dias e estão ilustrados na Figura 4. São eles:

- C1-P: clorose nos espaços entre as nervuras. Diminuição do tamanho das plantas, seguida de murcha e morte das folhas velhas.
- C1-K: secamento nas margens das folhas mais velhas.
- C1: secamento das margens e no meio das folhas velhas.
- C1-calagem: secamento nas margens das folhas mais velhas.
- C2-Ca: secamento das margens e no meio das folhas velhas.
- C2: secamento e murcha de folhas velhas.

Figura 4: Mudanças de *Acrocarpus fraxinifolius*, com 90 dias após a semeadura, apresentando sintomas de deficiência nutricional nos seguintes tratamentos: C1-P (A e B), C1- K (C), C1 (D), C1-calagem (E), C2-Ca (F), C2 (G)



Fonte: Do autor (2022).

4 CONCLUSÕES

O *Acrocarpus fraxinifolius* demonstrou ser uma planta exigente em P, na sua fase inicial, porém respondeu positivamente à omissão de N, até os 90 dias após a semeadura, o que pode ter sido maximizado pela aplicação desse nutriente em dose única. A espécie apresenta indícios de ser tolerante à acidez do solo.

REFERÊNCIAS

- ARAUJO, G. C. R. ; ALMEIDA, R. S. ; SANTOS, L. V. ; TORRES, A. Q. A. ; SILVA, O. M. C.; DE MELO, LUCAS AMARAL ; VENTURIN, N. **Initial development of *Acrocarpus fraxinifolius* in function of soil preparation and phosphate mineral fertilization.** FLORAM, v. 29, p. 1-5, 2022.
- BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L. Fertilização e correção do solo para o plantio de eucalipto. In: Barros, N.F.; Novais, R.F. (Ed.). **Relação Solo – Eucalipto.** Viçosa: Folha de Viçosa, cap.4, p. 127-186, 1990.
- BERNARDI, A. C. de C.; MACHADO, P. L. O. de A.; SILVA, C. A. Fertilidade do solo e demanda por nutrientes no Brasil. In: MANZATTO, C. V.; FREITAS JUNIOR, E. de; PERES, J. R. R. (Ed.). **Uso agrícola dos solos brasileiros.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. cap. 6, p. 61-77.
- CAMPOS, C. N. S. Introdução à nutrição e adubação de plantas. In: PRADO, R. M.; WADT, P. G. S. (Ed.). **Nutrição e adubação de espécies florestais e palmeiras.** Jaboticabal: FCAV/CAPEL, p. 9-26, 2014.
- CARLOS, L. et al. Crescimento e nutrição mineral de mudas de pequi sob efeito da omissão de nutrientes. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, p. 13-21, 2014.
- CARVALHO, P. E. 1998. Espécies introduzidas alternativas às do gênero *Pinus* e *Eucalyptus* para reflorestamento no Centro-sul do Brasil. In: Galvão, A. P. M. (Coord.) Espécies não tradicionais para plantios com finalidades produtivas e ambientais, **Colombo. Embrapa Florestas**, 1998, p. 75-99.
- CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; **Colombo: Embrapa Florestas**, 2003. 1039 p.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas.** 2.ed. Londrina: Planta, 2004. 403p.
- FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas.** Lavras: Editora da UFPA, 2005.
- FIRMINO, A. C.; MORAES, W. B.; FURTADO, E. L. Primeiro relato de *Ceratocystis fimbriata* causando seca em *Acrocarpus fraxinifolius* no Brasil. **Summa Phytopathol**, Botucatu, v. 41, n. 2, p. 160, 2015.
- FREIRE, J. C. et al. **Métodos de aplicação de adubos na formação de mudas de *Eucalyptus grandis* F. Hill ex Maiden.** Silvicultura, São Paulo, v. 14, p. 385- 386, 1979.
- HOFFMAM, W. R., SILVA, A. A., NOGUEIRA, D. W. R., PRUDENCIO, G. A. Resposta a adubação de mudas de copaíba na omissão de nutrientes em solução nutritiva. **Scientia Naturalis**, Rio Branco, v. 1, n. 5, p. 23-34, 2019.

HONORATO, S. J. A., PARRAGUIRRE, L. J. F. C., QUINTANAR, O. J., RODRIGUEZ, C. H. M. Cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*) una opción agroforestal para la sierra Norte del estado de Puebla. INIFAP; 2005. **Folleto Técnico**, v. 1, 41 p.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M.; TORRES, M. A. V.; BACHER, L. B. Árvores exóticas no Brasil: madeiras, ornamentais e aromáticas. **Nova Odessa: Plantarum**, 2003. 368 p.

MALAVOLTA E. 1980. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica **Ceres**. 251p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: **Potafos**, 1997.

MARTELLI, L. A. Os caminhos do nitrogênio – do fertilizante ao poluente. Conferência N 2007. USP. **Informações Agronômicas** nº 118 – junho/2007.

MARTÍNEZ, P. E. et al. Cultivo intercalado de cedro rosado y su efecto sobre el contenido de materia orgánica en suelo. **Revista UDO Agrícola**, v. 6, n. 1, p. 109- 113, 2006.

MUNGUAMBE, J. F.; VENTURIN, N.; SILVA, M. L. S.; CARLOS, L.; SILVA, D. S. N.; FARIAS, E. S.; MELO, L. A. MACEDO, R. L. G.; COMÉ, M. J. Effect of deprivation of selected single nutrients on biometric parameters of cedar seedlings (*Acrocarpus fraxinifolius*) grown in nutritive solution. **African Journal of Agricultural Research**, vol. 12(39), p. 2886-2894, 28 September, 2017. DOI: 10.5897/AJAR2017.12384.

NOHATTO, M. A.; OLIVEIRA, C. DE; AGOSTINETTO, D.; DOMINGUES, W. B.; FRANCO, J. J.; WETENDORFF, N. DA R. **Peroxidação e estravassamento de eletrólitos em plantas de arroz competindo com arroz-vermelho por nitrogênio**. Anais VIII Congresso Brasileiro de Aroz Irrigado, Santa Maria, 2013 (resumo expandido).

PINHEIRO, A. L.; LANI, L. L.; COUTO, L. **Cultura do cedro australiano para produção de madeira serrada**. Viçosa, MG: UFV, 2003. 42 p.

SILVA, D. S. N. et al. Growth and mineral nutrition of baru (*Dipteryx alata* Vogel) in nutrient solution. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 12, p. 1101-1106, 2016.

TAIZ, I.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal** – tradução de Eliane Romanato Santarém et al. 4 edição – Porto Alegre: Artmed, 2009, 848 p.

TRIANOSKI, R. et al. Viabilidade da utilização de *Acrocarpus fraxinifolius* em diferentes proporções com *Pinus* spp. para produção de painéis aglomerados. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 91, p. 343-350, set. 2011.

TURCHETTO, F.; ARAUJO, M. M.; TABALDI, L. A.; GRIEBELER, A. M.; RORATO, D. G.; AIMI, S. C.; BERGHETTI, A. L. P.; GOMES, D. R. Can transplantation of forest seedlings be a strategy to enrich seedling production in plant nurseries? **Forest Ecology and Management**, v.375, p. 96-104. 2016.

ARTIGO 2 - Crescimento inicial de mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* em resposta à adubação em campo

RESUMO

Em um estudo realizado sob condição de campo, foram testadas diferentes combinações de NPK, em oito tratamentos, dispostos em blocos casualizados, com cinco repetições e quatro plantas por parcela. Foram testados os seguintes tratamentos: controle (sem aplicação de adubação fosfatada e sem NPK), adubação fosfatada no plantio; adubação fosfatada aos 65 dias após plantio; adubação fosfatada parcelada no plantio e 65 dias após o plantio; adubação nitrogenada e potássica em cobertura, em uma única dose, aos 120 dias após o plantio. Ao longo de seis meses de medições da altura e diâmetro à altura do solo, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos. Fatores como a instalação do experimento ter sido, em sistema de plantio direto, falta de calagem e também o baixo teor de B e Zn podem ter contribuído para os tratamentos não expressarem potencial.

PALAVRAS-CHAVE: Adubação mineral. Cedro indiano. Adubação de base. Adubação de cobertura.

ABSTRACT

Chapter 2 addresses the application of different NPK doses and phosphate fertilization under field conditions in a complete block design with eight treatments, five replications, and four plants per plot. The treatments consisted of: control (without NPK application and without phosphate fertilization); phosphate fertilization at planting; phosphate fertilization at 65 days after planting; phosphate fertilization in installments at planting and 65 days after planting; nitrogen and potassium fertilization in a single dose at 120 days after planting. Over six months, there was no significant differences between treatments for the seedling's height and diameter at ground level. Factors such as the installation of the experiment in a no-tillage system, lack of liming, and the low content of B and Zn may have contributed to the treatments not expressing potential.

KEYWORDS: Mineral Fertilization. Indian cedar. Base fertilization.

1 INTRODUÇÃO

Em razão das suas características edáficas e climáticas favoráveis à produção florestal, o Brasil apresenta grande competitividade nos mercados interno e externo (OLIVEIRA et al., 2017) e, em razão do crescimento do mercado madeireiro, é comum que se busquem espécies que apresentem potencial silvicultural para atender a essa tendência de crescimento (KLIPPEL et al., 2013). Para a escolha dessas espécies, é importante definir a finalidade que o produto exige e a adaptação às condições climáticas e edáficas do local no qual serão inseridas (ANDERSON, 1961).

Deve-se, também, avaliar os fatores inerentes à espécie, como resistência ou suscetibilidade a pragas e doenças, facilidade de propagação e taxa de crescimento (WEBB et al., 1984). Neste contexto, a espécie *Acrocarpus fraxinifolius* chamou a atenção de pesquisadores brasileiros pelo seu rápido crescimento (GONÇALVES et al., 2013).

A. fraxinifolius pertence à família *Fabaceae* e subfamília *Ceasalpinioideae*, sendo uma espécie cuja área natural ocorre desde o ocidente da Índia, Bangladesh até alcançar o Norte de Mianmar (antiga Birmânia) (MARTÍNEZ et al., 2006). É conhecida, na América do Sul, como cedro-rosado (LORENZI et al., 2003) ou cedro-indiano. Pode ocorrer em altitudes que variam entre 0 a 2000 m e ser cultivada em climas com precipitação que variam de 500 a 3000 mm e temperaturas médias de 14 a 26°C (MARTÍNEZ et al., 2006).

De acordo com Trianoski et al. (2011), *A. fraxinifolius* apresenta uma elevada taxa de crescimento, podendo ser uma espécie muito promissora para o reflorestamento e uma candidata à produção de madeira de curta rotação. No Brasil, o incremento médio anual varia de 14 a 45 m³/ha, tendo as regiões Sudeste e Centro-Oeste como mais indicadas para o seu plantio, indo até o Norte do Paraná (CARVALHO, 1998), por não resistir à geada (CARVALHO, 2003).

A madeira dessa espécie pode ser utilizada em construções, mobiliários e produção de celulose, podendo ser plantada em consórcio com outras espécies cultivadas, como o café (FIRMINO et al., 2015). Também pode ser utilizada em paisagismo, recuperação de áreas degradadas e sistemas agroflorestais (CARVALHO, 2003).

Alguns estudos sobre a silvicultura da espécie vêm sendo realizados por pesquisadores no Brasil. Venturin et al. (2014) verificaram que até os 72 meses de idade, os espaçamentos 3 x 3 m e o 2 x 3 m permitiram o melhor desenvolvimento em altura total e DAP para a espécie. Araujo et al. (2022) encontraram resultados superiores para a espécie, na utilização do preparo convencional do solo com aração e gradagem, em comparação ao cultivo mínimo.

No aspecto silvicultural, tem-se pouco conhecimento sobre a espécie e ainda é escassa a realização de trabalhos científicos com *A. fraxinifolius* no Brasil, principalmente, quanto à sua implantação.

O entendimento da nutrição das mudas e uma correta adubação, no momento do plantio, juntamente com boas práticas silviculturais, garantirão um desenvolvimento satisfatório do plantio e com boa produtividade, em longo prazo, por isso, a importância de informações específicas, para que essas exigências sejam supridas, principalmente, em relação aos macronutrientes (MALAVOLTA et al., 1997).

Tendo em vista o pouco conhecimento sobre a adubação em *A. fraxinifolius*, este trabalho teve como objetivo avaliar a influência da aplicação de fósforo, em dois momentos diferentes (no plantio e após o início do período chuvoso) e verificar o crescimento das mudas, utilizando ou não doses de nitrogênio e potássio, aplicados em cobertura, com ou sem a aplicação de fósforo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Universidade Federal de Lavras – UFLA, na área do Departamento de Fruticultura, localizado a 21°13'49"S e 44°59'06"W, em local com solo classificado como Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico. O clima da região, segundo a classificação climática de Köppen, é Cwa, temperado chuvoso (mesotérmico), com inverno seco e verão chuvoso, subtropical, com temperatura média anual de 19,4°C (ALVAREZ et al., 2014).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, composto por oito tratamentos, com cinco repetições e quatro plantas por parcela, em um espaçamento 3 x 2 m com aplicação ou não de fósforo no plantio e nitrogênio e potássio em cobertura. No plantio, realizado em cultivo mínimo, as mudas foram previamente tratadas com cupinicida e instaladas em covas de 30 x 30 x 30 cm abertas com enxadão. As mudas de *A. fraxinifolius* utilizadas foram produzidas, no Viveiro Florestal da UFLA, utilizando-se sementes de árvores coletadas no campus da Instituição e, no momento do plantio, possuíam, em média, 25 cm de altura. Na Tabela 1 encontram-se descritos os principais resultados da análise química do solo onde foi feito o estudo.

Tabela 1- Análise química do solo na profundidade de 0-20 cm da área experimental

pH	Mo dag/kg	K mg.dm ⁻³	P mg.dm ⁻³	Ca	Mg	Al	H+Al	V %	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
				cmol.dm ⁻³				mg.dm ⁻³						
5,50	2,87	146,03	3,60	2,74	0,73	0,10	2,40	61,61	0,70	104,30	44,30	1,02	0,13	11,50

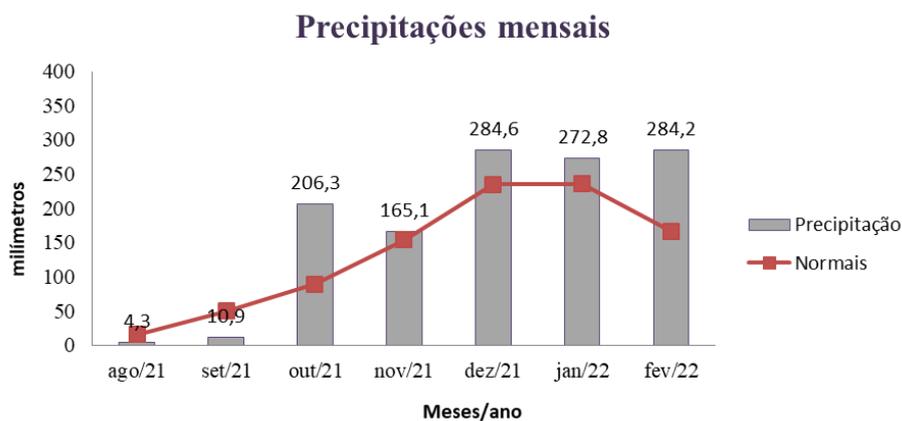
Legenda: Mo: matéria orgânica; V: índice de saturação por base.

Fonte: Do autor (2022).

A instalação do experimento foi realizada, em agosto de 2021, período seco na região. Por esse motivo, foi necessária a irrigação das mudas, com um litro por planta, sendo realizada da seguinte forma: todos os dias, na primeira semana de plantio; duas vezes por semana, a partir da segunda semana até o início das chuvas na região, que ocorreu na segunda semana do mês de outubro.

A precipitação total mensal (Figura 1) foi acompanhada, ao longo do período experimental, de agosto de 2021 a fevereiro de 2022, assim como o número de dias com precipitação e temperaturas máxima, média e mínima (Tabela 2), com dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A precipitação total normal em Lavras é de 1530 mm.

Figura 1 – Precipitação total mensal em Lavras



Legenda: Precipitação total mensal, ao longo do período experimental (agosto/2021 a fevereiro/2022), para Lavras.

Fonte: Instituto de Meteorologia (INMET, 2022).

Tabela 2 – Temperaturas máxima, média e mínima e dias com precipitação, ao longo do período experimental (agosto/ 2021 a fevereiro/2022), para Lavras

Mês	Temperatura máxima	Temperatura média	Temperatura mínima	Dias com precipitação
Agosto	31,6 °C	21,6 °C	8,7 °C	1
Setembro	36,4 °C	24,3 °C	11,7 °C	4
Outubro	34,4 °C	22,6 °C	13,5 °C	16
Novembro	32,8 °C	23,0 °C	11,5 °C	10
Dezembro	32,0 °C	23,1 °C	12,9 °C	16
Janeiro	33,0 °C	24,4 °C	17,4 °C	19
Fevereiro	31,6 °C	23,8 °C	16,6 °C	15

Fonte: Instituto de Meteorologia (INMET, 2022).

A fim de verificar a resposta à adubação com N, P e K, no crescimento das mudas de *A. fraxynifolius*, foram testados oito tratamentos os quais estão listados na Tabela 3.

Tabela 3 – Descrição dos oito tratamentos de adubação testados, no experimento com *A. fraxynifolius*, em Lavras, MG

Tratamento	Formulado NPK 20:00:20	Superfosfato simples 18% P ₂ O ₅
1	0 g	0g
2	0 g	75g plantio/75g tardio
3	0 g	150 g plantio
4	0 g	150 g tardio
5	50 g	0 g
6	50 g	150 g plantio
7	50 g	75g plantio/75g tardio
8	50 g	150 g tardio

Legenda: 0: sem aplicação do nutriente; Fósforo: aplicação do nutriente por meio de 75g ou 150g de superfosfato simples; Nitrogênio e potássio: 50 g do formulado NPK (20-00-20).

Fonte: Do autor (2022).

A aplicação de P foi realizada de três maneiras diferentes, para que fosse possível verificar se a espécie poderia ter alguma preferência, quanto ao momento da aplicação e se a precipitação poderia interferir na absorção do P pela planta, tornando-a mais eficiente, sendo: uma dose única no momento do plantio, parcelada em duas doses (sendo uma no momento do

plantio e a outra após 65 dias do plantio) e uma dose única aos 65 dias após o plantio. A dose com N e K foi aplicada, aos 120 dias após plantio, com o início da estação chuvosa.

Para o suprimento do P, foi utilizado o fertilizante superfosfato simples (P_2O_5 - 18%), o qual foi utilizado como adubação de plantio, sendo a primeira dose misturada ao solo, nas covas no momento do plantio, enquanto a segunda dose foi aplicada por meio de coveta lateral a 10 cm das mudas. Para a disponibilização do N e K, foi utilizado um fertilizante formulado NPK 20:00:20, que possui 20% de N, na forma de NH_4 e 20% de K_2O , aplicado por meio da adubação de cobertura, em uma única aplicação.

Em função da carência de trabalhos com a espécie, as doses de superfosfato simples utilizadas foram definidas, com base na recomendação de Barros e Novais (1990), para eucalipto. As doses de N e K também seriam inicialmente definidas pela mesma recomendação, porém, de acordo com a análise química do solo e a proposta de Barros e Novais (1990), não seriam necessárias aplicações desses nutrientes, optando-se pela aplicação de uma dose menor, de 50 gramas do formulado, para testar a resposta da espécie à aplicação desses nutrientes.

No decorrer de todo o período experimental, foram feitas atividades silviculturais necessárias à manutenção do plantio, tais como o coroamento das mudas, por meio de enxada e controle químico, aos 60 e 120 dias pós-plantio, controle de formigas cortadeiras, durante todo o período do experimento e a desbrota aos 60 dias após o plantio.

Foram mensurados a sobrevivência, a altura e o diâmetro à altura do solo das mudas aos 30, 60 e 180 dias após o plantio. Para a coleta de altura, foi utilizada uma fita métrica subdividida em milímetros e, para a medição do diâmetro, foi utilizado um paquímetro digital.

Para melhor análise e interpretação dos resultados do diâmetro e altura, os dados experimentais foram divididos em duas etapas.

A 1ª etapa foi realizada, avaliando a dose de superfosfato simples, aplicada apenas no momento do plantio e nenhuma dose do formulado NPK, que corresponde aos dados de 30 e 60 dias. Os tratamentos foram agrupados, de acordo com a dose aplicada (Tabela 4), sendo calculada a média dos dados de parcelas diferentes, dentro do mesmo bloco, mas considerando os mesmos tratamentos.

A 2ª etapa foi feita, quando já havia sido realizada a aplicação de superfosfato simples, nos dois momentos (2ª dose aplicada após 65 dias do plantio) + a dose do formulado NPK, que corresponde aos dados de 180 dias. Na 2ª etapa, os tratamentos não precisaram ser agrupados e foram analisados individualmente.

Tabela 4: Divisão dos grupos e dos tratamentos na 1ª etapa, com a aplicação de superfosfato simples apenas no momento do plantio

1ª etapa (30 e 60 dias)		
Grupos	Tratamentos	Doses de Superfosfato simples
A	T1, T4, T5 e T8	0 g
B	T2 e T7	75 g no plantio
C	T3 e T6	150 g no plantio

Fonte: Do autor (2022).

Os dados obtidos foram submetidos aos testes de normalidade de Shapiro Wilk, posteriormente à análise de variância com 5% de probabilidade do erro e, quando detectada diferença, realizou-se o teste Tukey por meio do software SISVAR (FERREIRA, 2014).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação à sobrevivência, não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos, sendo obtido o percentual médio de 95%, ao fim de seis meses de avaliações. Venturin et al. (2014) encontraram 73,61% de sobrevivência aos 72 meses e concluíram que o período crítico ao estabelecimento de *A. fraxinifolius* está entre 12 e 24 meses de idade.

Como os dados foram separados em duas etapas de avaliação, em uma primeira análise, considerando apenas a aplicação de P, no momento do plantio, foram considerados três tratamentos na forma dos grupos A, B e C (Tabela 4), para as avaliações realizadas aos 30 e 60 dias. Não houve diferença entre os tratamentos, aos 30 dias de avaliação e, com base na avaliação do diâmetro à altura do solo, foi constatada diferença entre os tratamentos aos 60 dias (Tabela 5).

Tabela 5 - Resumo da análise de variância para a altura e diâmetro à altura do solo de mudas de *A. fraxinifolius*, aos 30 e 60 dias após o plantio, em função de doses de fósforo aplicadas no momento do plantio

FV ¹	GL ²	Quadrado Médio			
		Altura (cm)		Diâmetro (mm)	
		30	60	30	60
Tratamento	2	0,559 ^{ns}	0,066 ^{ns}	0,007 ^{ns}	0,230*
Bloco	4	2,428	1,187	0,042	0,023
Erro	8	2,094	3,110	0,007	0,018
Média	-	20,83	22,46	4,23	5,19
CV ³ %	-	6,95	7,85	1,95	2,57

Legenda: ¹Fonte de variação; ²Graus de liberdade; ³Coefficiente de variação; *Significativo pelo teste F, em nível de 5% de probabilidade de erro. ^{ns}Não significativo pelo teste F, em nível de 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Do autor (2022).

Ao observar a Tabela 5, nota-se que, aos 30 dias após o plantio, não houve diferença significativa entre os tratamentos, o que pode ter sido influenciado pela escassez de água, em um período de baixa precipitação, com um total de 10,9 mm no mês (Figura 1). Verifica-se que o crescimento das plantas pode ser influenciado por suas características genéticas interagindo com as condições ambientais (LAMPRECHT, 1990). De acordo com Husch et al. (1982), a temperatura, a precipitação, o vento e a exposição solar influenciam diretamente na intensidade de crescimento das plantas. Sendo assim, as condições de precipitação precisam ser consideradas, pois a solução do solo representa a fonte imediata de nutrientes às plantas (FURTINI NETO et al., 2001).

Aos 60 dias, os tratamentos do Grupo A, sem P, obtiveram média superior para o diâmetro à altura do solo (Tabela 6). Souza (2021) verificou que o *Eremanthus erythropappus*, diferente da maioria das espécies florestais, respondeu negativamente à aplicação de P até os três meses de idade, mas, a partir dos três meses, não foi verificada influência desse nutriente sobre o crescimento das mudas.

Silva et al. (2011), analisando o crescimento de mudas de *Swietenia macrophylla*, aos 90 dias em casa de vegetação, constataram que as mudas foram pouco afetadas pelas fontes de P, indicando ser uma espécie pouco exigente a esse nutriente. Opondo-se a esses resultados, plantas de *Eucalyptus benthamii* e *E. dunnii* responderam positivamente à adubação fosfatada, apresentando crescimento em diâmetro e altura, durante o primeiro ano de cultivo, sendo o *E. benthamii* mais exigente à adubação fosfatada (DIAS et al., 2014). Plantas de *Toona ciliata*,

testadas sob diferentes doses de NPK, também, responderam positivamente à adubação aos 180 dias, e a omissão de P na implantação foi o fator mais limitante para o crescimento das mudas (NIERI et al., 2019).

Tabela 6: Médias de altura e diâmetro à altura do solo de mudas de *A. fraxinifolius*, aos 60 dias após o plantio, sob diferentes doses de superfosfato simples

Grupos	Diâmetro do coleto (mm)	
B = T2 e T7	Grupo B	5,034 b
C = T3 e T6	Grupo C	5,094 b
A = T1, T4, T5 e T8	Grupo A	5,432 a

Legenda: Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Do autor (2022).

A 2ª fase compreendeu as avaliações dos dados, aos 180 dias após o plantio, já com as duas doses de superfosfato simples e, também, 60 dias após a aplicação do formulado NPK (20-00-20). Nessa fase, as análises foram feitas comparando os oito tratamentos, da forma como estão descritos na Tabela 3.

Ao observar a Tabela 7, nota-se que não há diferenças significativas entre os tratamentos, aos 180 dias após o plantio e que as diferenças que foram encontradas, aos 60 dias, acabaram desaparecendo na análise seguinte. As mudas de *A. fraxinifolius* não responderam à aplicação das doses contendo P, N e K. Vale ressaltar que, nessa fase da avaliação, a ocorrência da precipitação já estava em seu quarto mês desde o seu início em outubro.

Tabela 7 - Resumo da análise de variância para a altura e diâmetro à altura do solo de plantas de *A. fraxinifolius*, aos 180 dias após o plantio, em função da adubação de plantio e de cobertura

FV ¹	GL ¹	Quadrado médio	
		Altura (cm)	Diâmetro (mm)
Tratamento	7	409,24 ^{ns}	9,26 ^{ns}
Bloco	4	2613,21	54,66
Erro	28	466,96	14,76
Média	-	128,64	23,10
CV%	-	16,87	16,83

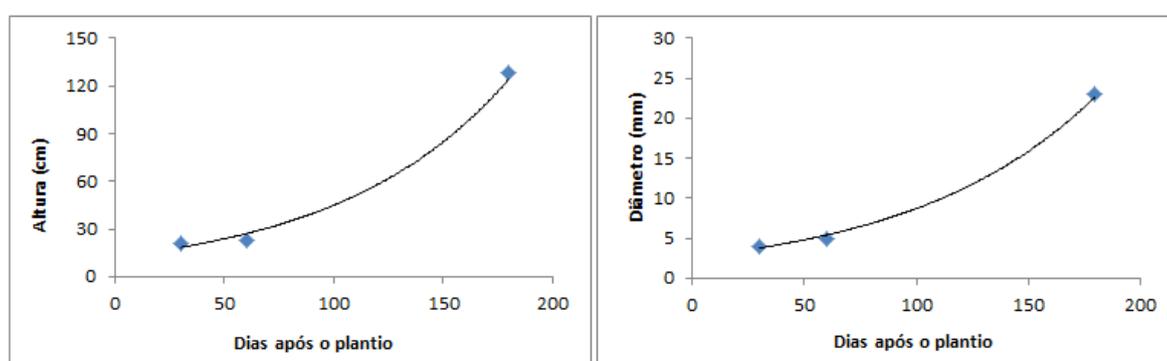
Legenda: ¹Fonte de variação; ²Graus de liberdade; ³Coefficiente de variação; “ns” – não significativo pelo teste F, em nível de 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Do autor (2022).

A precisão experimental (CV%) foi de 16,87% para a altura e de 16,83% para o diâmetro, valores considerados adequados para experimentos de campo (CAMPOS, 1984).

Na Figura 2 é possível comparar o crescimento em altura e diâmetro à altura do solo das mudas de *A. fraxinifolius* aos 30, 60 e 180 dias. Dos 60 aos 180 dias, verifica-se um crescimento maior, em virtude dos índices pluviométricos, mostrando a importância da precipitação no arranque e estabelecimento das mudas. Nutto e Watzlawick (2002) verificaram que, para as espécies *Zanthoxylum rhoifolium* Lam. e *Zanthoxylum hyemale* A. St.-Hil, existe forte relação entre a precipitação, a disponibilidade de água no solo e o crescimento das plantas, principalmente para o incremento anual do diâmetro.

Figura 2: Altura e diâmetro à altura do solo de *A. fraxinifolius*, ao longo das avaliações de 30, 60 e 180 dias



Fonte: Do autor (2022).

Araujo et al. (2022) constataram que o crescimento em altura e diâmetro à altura do solo, em mudas de *A. fraxinifolius*, aos 210 dias após plantio, foi superior, quando utilizados 108 g/planta de superfosfato simples por cova, em conjunto com preparo convencional do solo. No estudo desenvolvido por esses autores, os resultados foram superiores, na utilização de gradagem, aração e incorporação do calcário, quando comparados à adubação de P, em conjunto com cultivo mínimo, sem incorporação do calcário. Segundo os autores, isso se deve à expansão da capacidade de exploração de maiores volumes e profundidades de solo pelas raízes e à prática de correção do pH do solo.

Neste trabalho, o experimento foi instalado em solo com pH 5,5 e em cultivo mínimo, sem a realização prévia de calagem. Essas características podem explicar por que as adubações com P não apresentaram resultados superiores, quando comparados ao tratamento sem a aplicação do fertilizante. De acordo com Fidalski et al. (2015), a aplicação de calcário aumenta as cargas negativas no solo, podendo assim aumentar a disponibilidade e eficiência de utilização de nutrientes como o P. Por essa razão, torna-se importante a condução de mais estudos que avaliem a interação dos fatores calagem e fontes de P no desenvolvimento de plantas de *A. fraxinifolius*.

Sousa et al. (2021) verificaram, aos 180 dias, que a adubação fosfatada, em mudas de *A. fraxinifolius*, influenciou positivamente a altura das plantas, o diâmetro à altura do solo, o diâmetro de copa, o número de folhas e a área foliar das plantas, utilizando-se a dose de 160 g de superfosfato triplo (41% de P_2O_5) por cova. No mesmo estudo, quando verificado o diâmetro à altura do peito e o volume cilíndrico, não encontraram diferenças entre as doses de fósforo aplicadas.

Santos et al. (2008), avaliando o desenvolvimento de espécies florestais de diferentes grupos sucessionais, em função da adição de doses crescentes de P, verificaram que as espécies *Calophyllum brasiliense* e *Myroxylon peruiferum* praticamente não tiveram alteração do crescimento em função do aumento da dose de P. Já Vasconcelos (2017) verificou que os efeitos da fertilização fosfatada, na implantação de *Khaya senegalensis*, só foram observados, a partir de 12 meses de idade, mostrando a importância de estudos mais longos sobre fertilização em espécies florestais.

Observando os dados da análise química do solo (Tabela 1), a área em que o experimento foi instalado já havia quantidade significativa de K ($146,03 \text{ mg.dm}^{-3}$). Por esse fato, optou-se pela aplicação de uma quantidade menor, de 50 gramas do formulado NPK (20:00:20), em uma única aplicação, aos 120 dias após o plantio. Até os 180 dias, as mudas de

A. fraxynifolius não reagiram à adubação de cobertura realizada, provavelmente, porque até os 180 dias após o plantio, os teores de K e N existentes no solo já supriam as necessidades das plantas, o que concorda com a recomendação feita para eucalipto por Barros e Novaes (1990), que guiou a metodologia deste trabalho.

Com relação à adubação com potássio, mudas da espécie *Anadenanthera macrocarpa* apresentaram baixo requerimento pelo nutriente, mas responderam positivamente à aplicação de P (GONÇALVES et al., 2008). O mesmo padrão foi observado, em mudas de *Hymenaea courbaril* por Duboc et al. (1996) e *Tabebuia impetiginosa* por Souza et al. (2006), evidenciando a pouca resposta de algumas espécies ao potássio. A espécie *Ceiba pentandra* também apresentou baixa exigência nutricional, em seu crescimento inicial, aos 90 dias, pelo fornecimento de N e K (CARDOSO et al., 2016).

Em contrapartida, Souza (2021) observou que, para mudas de *Eremanthus erythropappus*, com 20 meses de idade, a resposta das adubações com N e K foi positiva para as variáveis altura e diâmetro à altura do solo. Analisando algumas espécies nativas brasileiras, como *Populus deltoides* e *Ilex paraguariensis*, foi observado pequeno efeito positivo da adição de nitrogênio no crescimento das mudas (OTTO et al., 2007 e RIBEIRO et al., 2008).

Quando se observa a análise química do solo (Tabela 1), é possível verificar que os níveis dos micronutrientes zinco (Zn) e boro (B) não estão adequados para espécies florestais. De acordo com recomendação de Alvarez et al. (1999), o nível de zinco encontrado na análise é considerado baixo, enquanto o nível de B, considerado muito baixo. Mesmo requeridos em pequenas quantidades, os micronutrientes são de grande importância, para o desenvolvimento das plantas, pois participam das principais funções metabólicas dentro das células e sua carência pode acarretar grandes perdas na produtividade (CORCIOLI et al., 2016).

Corcioli (2013), ao caracterizar os sintomas de deficiências de B, em mudas de *Khaya ivorensis*, por meio do diagnóstico pelo método visual e por meio de análise química, constatou que as mudas dessa espécie submetidas à omissão desse nutriente apresentaram os primeiros sintomas de deficiência, aos 40 dias após o início da utilização da solução, observando-se a diminuição em seu ritmo de crescimento e as folhas novas e velhas com tamanho reduzido.

Nesse caso, o fato de as plantas aos 180 dias não terem apresentado diferença significativa entre os tratamentos pode estar ligada ao que chamamos de Lei do Mínimo, fazendo com que os tratamentos, na verdade, não expressassem seu real potencial. Justus Von

Liebig (1840) já dizia que: “O rendimento de uma safra é limitado pelo elemento cuja concentração é inferior a um valor mínimo, abaixo do qual as sínteses não podem mais fazer-se”. Ou seja, embora todos os nutrientes estejam presentes, a produtividade de uma planta está condicionada ao fator que estiver abaixo do valor demandado, e de nada adiantaria aumentar as quantidades de outros, quando este é o limitante (VASCONCELOS et al., 2001).

Diante dessas informações, fica clara a importância da continuidade das pesquisas, envolvendo a espécie *A. fraxinifolius* e o efeito da adubação com N, P e K sobre o desenvolvimento das mudas por um período maior, assim como o melhor método de cultivo. Tudo isso é importante para maximizar a produtividade da espécie e a minimização de gastos, já que informações mais exatas fornecem recomendações mais assertivas.

4 CONCLUSÃO

Independente da aplicação de N, P e K, a sobrevivência média das mudas de *A. fraxinifolius* foi de 95%, até os 180 dias após o plantio, não diferindo estatisticamente entre os tratamentos. Sob condições de campo, não foram encontradas diferenças, no crescimento das mudas de *A. fraxinifolius*, em função da aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio, quando avaliadas aos 180 dias, apesar de, aos 60, as mudas, sem aplicação de fósforo, terem apresentado diâmetro à altura do solo superior em relação às mudas com fósforo. Os baixos teores de B e Zn no solo podem ter influenciado na expressão de todos os tratamentos.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, C. A. et al. **Köppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711- 728, 2014.
- ALVAREZ, V.H.; LOPES, A.S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: Alvarez, V.H., **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em minas gerais 5ª aproximação**. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG. p. 25-32. Viçosa, MG, 1999.
- ANDERSON, M. L. **The selection of tree species**. 2nd ed. London: Oliver and Boyd, 1961. 154 p.
- ARAÚJO G. C. R.; ALMEIDA R. S.; SANTOS L. V.; TORRES A. Q. A.; SILVA O. M. C.; MELO L. A.; VENTURIN. Initial Development of *Acrocarpus fraxinifolius* in Function of Soil Preparation and Phosphate Mineral Fertilization. **Floresta e Ambiente** 2022; 29(1): e20210082. DOI: <https://doi.org/10.1590/2179-8087-FLORAM-2021-0082>
- BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L. Fertilização e correção do solo para o plantio de eucalipto. In: Barros, N.F.; Novais, R.F. (Ed.). **Relação Solo – Eucalipto**. Viçosa: **Folha de Viçosa**, cap.4, p. 127-186, 1990.
- CAMPOS H (1984) **Estatística aplicada à experimentação com cana-de-açúcar**. Piracicaba, FEALQ. 292p.
- CARDOSO, A. A. S.; SANTOS, J. Z. L.; TUCCI, C. A. F.; SILVA JUNIOR, C. H.; VENTURIN. N. Respostas nutricionais de mudas de sumaúma à adubação nitrogenada, fosfatada e potássica. **Científica**, Jaboticabal, v.44, n.3, p.421-430, jan. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.15361/1984-5529.2016v44n3p421-430>
- CARVALHO, P. E. 1998. Espécies introduzidas alternativas às do gênero *Pinus* e *Eucalyptus* para reflorestamento no Centro-sul do Brasil. In: Galvão, A. P. M. (Coord.) **Espécies não tradicionais para plantios com finalidades produtivas e ambientais**, Colombo. **Embrapa Florestas**, 1998, p. 75-99.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: **Embrapa Florestas**, 2003. 1039 p.
- CORCIOLI, G. **Indução de deficiências nutricionais em mudas de mogno africano** (*Khayaivorensis* A. Chev.). 132f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal de Goiás. 2013.
- CORCIOLI, G.; BORGES, J.D.; JESUS, R.P. Deficiência de macro e micronutrientes em mudas maduras de *Khayaivorensis* estudadas em viveiro. **Cerne**, v.22, n.1, p.121128, 2016.
- DIAS, L. P. R.; GATIBONI, L. C.; ERNANI, P. R.; MIQUELLUTI, D. J.; CHAVES, D. M.; BRUNETTO, G. Substituição parcial de fosfato solúvel por natural na implantação de *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* no planalto sul catarinense. **Revista Brasileira**

Ciência do Solo, 38, 516-523, 2014. Especie de rápido crescimento inicial, buena forma y madera de usos múltiples. Turrialba, v. 2, p. 201- 204.

DUBOC, E. et al. Nutrição do jatobá (*Hymenaea courbaril* L. var. *Stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang.). **Cerne**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 31-47, jan./mar. 1996.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Boot strap procedures in multiple comparisons. **Ciência e agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

FIDALSKI J, Yagi R, TORMENA CA. Revolvimento Ocasional e Calagem em Latossolo Muito Argiloso em Sistema Plantio Direto Consolidado. **Revista Brasileira de Ciências do Solo** 2015, 39,(5):1483-1489. DOI: <https://doi.org/10.1590/01000683rbc20140428>

FIRMINO, A. C.; MORAES, W. B.; FURTADO, E. L. Primeiro relato de *Ceratocystis fimbriata* causando seca em *Acrocarpus fraxinifolius* no Brasil. **Summa Phytopathol**, Botucatu, v. 41, n. 2, p. 160, 2015.

FURTINI NETO, A. E.; VALE, F. R.; RESENDE, A. V.; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. A. **Fertilidade do solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 252p.

GONÇALVES, E. O.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M. Nutrição de mudas de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. sob diferentes doses de N, P, K, Ca e Mg. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 273-286, 2013.

GONÇALVES, E. O.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M. Crescimento de mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (benth.) brenan) sob diferentes doses de macronutrientes. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.32, n.6, p.1029-1040, 2008.

HUSCH B, MILLER CI, BEERS TW. **Forest Mensuration**. 3rd ed. New York: John Wiley & Sons; 1982.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia, Brasília, DF, Brasil. **Banco de dados meteorológicos** Disponível em: <https://mapas.inmet.gov.br/> Acesso em: 22 de fevereiro de 2022.

KLIPPEL, V. H.; PEZZOPANE, J. E. M.; PEZZOPANE, J. R. M.; CECÍLIO, R. A.; CASTRO, F. da S.; PIMENTA, L. R. Zoneamento Climático para Teca, Cedro Australiano, Nim Indiano e Pupunha no Estado do Espírito Santo. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 43, n. 4, p. 671 - 680, out-dez, 2013.

LAMPRECHT H. **Silvicultura nos trópicos**. Esch born: GTZ; 1990.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M.; TORRES, M. A. V.; BACHER, L. B. **Árvores exóticas no Brasil: madeiras, ornamentais e aromáticas**. Nova Odessa: Plantarum, 2003. 368 p.

MALAVOLTA, E.; Vitti, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2 ed. Piracicaba -SP: Potafós, 1997, 319p.

MARTÍNEZ, P. E. et al. Cultivo intercalado de cedro rosado y su efecto sobre el contenido de matéria orgânica em suelo. **Revista UDO Agrícola**, v. 6, n. 1, p. 109- 113, 2006.

NIERI, E. M.; TEIXEIRA, C. E. S.; MELO, L. A.; SILVA, D. S. N.; LUZ, M. S.; BOTELHO, S. A. Water retaining polymer and fertilization in the implantation of *Toona ciliata* M. Roemer. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 47, n. 122, p. 317-325, jun. 2019. DOI: doi.org/10.18671/scifor.v47n122.14

NUTTO L, WATZLAWICK LF. **Relações entre fatores climáticos e incremento em diâmetro de *Zanthoxylum rhoifolia* Lam. e *Zanthoxylum hyemale* St. Hil. na região de Santa Maria, RS.** Boletim de Pesquisa Florestal 2002; 45: 41-55.

OLIVEIRA, et al. Plantações florestais: geração de benefícios com baixo impacto ambiental. In Moreira e Oliveira. **Importância do setor florestal brasileiro com ênfase nas plantações florestais comerciais.** 2017. p. 13-20. Embrapa Florestas, Brasília, DF.

OTTO, G. M. et al. Resposta do álamo (*Populus deltoides* Marsch) à adubação nitrogenada em dois sítios do município de São Mateus do Sul, Paraná. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 2, p. 81-90, abr./jun. 2007.

RIBEIRO, M. M. et al. Nutrição da erva-mate com sulfato de amônio. **Cerne**, Lavras, v. 14, n. 3, p. 204-211, jul./set. 2008.

SANTOS, J. Z. L.; RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; CORTE, E. F. Crescimento, acúmulo de fósforo e frações fosfatadas em mudas de sete espécies arbóreas nativas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n.5, p. 799-807, 2008.

SILVA, T. A. F.; TUCCI, C. A. F.; SANTOS, J. Z. L.; BATISTA, I. M. P.; MIRANDA, J. F.; SOUZA, M. M. **Calagem e adubação fosfatada para a produção de mudas de *Swietenia macrophylla*.** Floresta, Curitiba, PR, v. 41, n. 3, p. 459-470, jul./set. 2011.

SOUSA, W.E.; CARLOS L.; SILVA I.O.F.; GOMES, A.C. **Influência da adubação fosfatada na biometria e índice de clorofila do Cedro Indiano após transplantio.** Congresso técnico-científico da engenharia e da agronomia CONTECC. Setembro, 2021.

SOUSA, L. N. **Respostas de *Zeyheria tuberculosa* (vell) bureau e *Eremanthus erythropappus* (dc.) macleish à aplicação de fertilizantes.** Dissertação, Lavras, 43p., 2021.

SOUZA, C. A. M. de et al. Crescimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubações. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 3, p. 243-249, jul./set. 2006.

TRIANOSKI, R. et al. Viabilidade da utilização de *Acrocarpus fraxinifolius* em diferentes proporções com *Pinus* spp. para produção de painéis aglomerados. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 91, p. 343-350, set. 2011.

VASCONCELLOS, C.A.; ALVES, V.M.C.; FILHO, I.A.P. ; EXEL PITTA. G.V. **Nutrição e Adubação do Milho Visando Obtenção do Minimilho.** Circular técnica, Sete Lagoas, MG Novembro, 2001.

VASCONCELOS RT, VALERI SV, CRUZ MCP, BARBOSA JC, BARRETO VCM.
Fertilização fosfatada na implantação de *Khaya senegalensis* A. Juss. Scientia Forestalis
2017, 45(116): 641-651. DOI: <https://dx.doi.org/10.18671/scifor.v45n116.05>

VENTURIN, N.; CARLOS, L.; SOUZA, P. A.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, R. P.;
HIGASHIKAWA, E. M.. Silvicultural performance of *Acrocarpus fraxinifolius* Wight in
function of the diferente spacing and ages. **Cerne**, v. 20 n. 4, p. 629-636, 2014.

WEBB, D. B. et al., 1984. A Guide to Species Selection for Tropical and Sub-Tropical
Plantations. **Tropical Forestry Papers**. n. 15 ed. 2, Revised. Unit of Tropical Silviculture
Common wealth Forestry Institute University of Oxford 1984.