



GEISLAINÉ DO CARMO REIS ARAUJO

**FERTILIZAÇÃO MINERAL EM *PINUS CARIBAEA* VAR.
HONDURENSIS E *ACROCARPUS FRAXINIFOLIUS*.**

**LAVRAS - MG
2019**

GEISLAINÉ DO CARMO REIS ARAUJO

**FERTILIZAÇÃO MINERAL EM *PINUS CARIBAEA* VAR. *HONDURENSIS* E
*ACROCARPUS FRAXINIFOLIUS***

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. NELSON VENTURIN
Orientador
Prof. Dr. LUCAS AMARAL DE MELO
Coorientador

**LAVRAS - MG
2019**

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

Araujo, Geislaine do Carmo Reis.

Fertilização mineral em *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e
Acrocarpus fraxinifolius / Geislaine do Carmo Reis Araujo. -
2019.

48 p.

Orientador (a): Nelson Venturin.

Coorientador (a): Lucas Amaral de Melo.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2019.

Bibliografia.

1. Silvicultura. 2. Fertilização Mineral. 3. Espécies exóticas. I.
Venturin, Nelson. II. de Melo, Lucas Amaral. III. Título.

GEISISLAINE DO CARMO REIS ARAUJO

**FERTILIZAÇÃO MINERAL EM *PINUS CARIBAEA* VAR. *HONDURENSIS* E
*ACROCARPUS FRAXINIFOLIUS***

**MINERAL FERTILIZATION IN *PINUS CARIBAEA* VAR. *HONDURENSIS* AND
*ACROCARPUS FRAXINIFOLIUS***

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.

APROVADA em 14 de março de 2019.

Dra. Michele Aparecida Pereira da Silva UFLA

Dr. Regis Pereira Venturin EPAMIG

Prof. Dr. Nelson Venturin
Orientador
Prof. Dr. Lucas Amaral de Melo
Coorientador

**LAVRAS - MG
2019**

AGRADECIMENTOS

Mais uma etapa vencida com a certeza de que todos os caminhos que trilhei me fizeram mais forte e capacitada para alcançar este sonho. A todos que estiveram ao meu lado neste percurso, minha eterna gratidão.

Agradeço a Deus por me conceder vida, saúde, direcionamento e proteção.

A minha mãe, Marilda, por todo apoio e por sempre acreditar nos meus sonhos, muitas vezes fazendo além do que estava ao seu alcance para que eu pudesse realizá-los.

Ao meu pai, Severo, por todo apoio, amor, incentivo e por sempre acreditar em mim.

Ao meu irmão Kayo, por todo apoio e companheirismo.

Aos meus padrinhos, Eliana e Paulo, por todo zelo, carinho e ensinamentos.

A Brenner, por todo amor e cuidado, por sempre apoiar os meus sonhos e me incentivar a voar cada dia mais alto.

A todos da família Reis e Araujo que sempre me apoiaram e acreditaram em mim.

Aos amigos de vida, por apoiarem as minhas escolhas e compreenderem as minhas ausências quando necessário.

Aos mestres que passaram em algum momento no meu caminho e serviram de inspiração.

A Universidade Federal de Lavras, especialmente ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal e seus colaboradores por todo suporte concedido e conhecimento compartilhado.

Ao meu orientador, Dr. Nelson Venturin, por todos os ensinamentos e dedicação e ao meu coorientador Dr. Lucas Amaral de Melo, por todo apoio e ensinamentos e por ambos representarem para mim exemplos de Engenheiros Florestais para me espelhar.

Aos companheiros da Turma da Pós 2018.1, e aos amigos que Lavras me permitiu encontrar e reencontrar, em especial Douglas, Érika, Oclizio, Isabela, Daniel, Lucas, Heverton, Erick, Rodolfo, Denia, Dani, Carol, Carol, Mineiro, Poli, Preta e Wendell.

A todos os irmãozinhos de orientação (em especial Diana, João, Paloma, Bruna's, Fernanda) e companheiros do LASERF por todo conhecimento e momentos compartilhados.

Aos meus amores da M4, Ximena, Nara, Krill e Taiane e todos os seus agregados Brenon, Jonnys, Lidy e Mônica por me acolherem tão bem nessa grande família, por todo amor, amizade e momentos compartilhados.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Enfim, esta foi uma jornada de muitos aprendizados, desafios, autoconhecimento e conquistas, a cada um que passou e de alguma forma a tornou mais feliz, o meu muito obrigada!

RESUMO GERAL

A silvicultura com espécies exóticas desempenha um papel importante no Brasil, fornecendo matéria-prima para a produção de madeira, lenha, carvão, celulose, entre outros. A crescente demanda por madeira e seus produtos e a tendência mundial de preservação dos ecossistemas naturais estão impulsionando a busca por produção florestal com mínimo impacto ambiental e espécies de rápido crescimento, causando um aumento no cultivo de espécies florestais exóticas no Brasil. Neste contexto, podemos citar as espécies *Pinus caribaea* e *Acrocarpus fraxinifolius* e a disponibilidade de nutrientes e tipo de preparo do solo como fatores que influenciam a produtividade do reflorestamento. Assim, a primeira parte do trabalho teve como objetivo verificar o efeito das diferentes doses de adubação potássica e nitrogenada e a interação desses nutrientes, no crescimento de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* no campo. A segunda parte objetivou avaliar o efeito de diferentes doses de fósforo e do tipo de preparo do solo sob o crescimento inicial de *Acrocarpus fraxinifolius*. A partir dos resultados encontrados, o nitrogênio não teve efeito significativo na altura e diâmetro de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e adubação potássica com 65 g de cloreto de potássio por planta proporcionaram melhores médias de altura e diâmetro à altura do peito nas condições deste estudo. Para *Acrocarpus fraxinifolius*, a adubação com 107 g de superfosfato simples, quando combinada com o preparo convencional do solo, proporcionou às plantas o melhor desempenho aos 210 dias após a fertilização.

Palavras chave: Adubação. *Pinus* tropical. Cedro.

GENERAL ABSTRACT

Forestry with exotic species plays an important role in Brazil, providing raw material for the production of wood, firewood, coal, cellulose, among others. The growing demand for wood and its products and the worldwide trend of preservation of natural ecosystems are driving the search for forest production with minimal environmental impact and fast growing species, causing an increase in the cultivation of exotic forest species in Brazil. In this context, we can mention the species *Pinus caribaea* and *Acrocarpus fraxinifolius* and the availability of nutrients and type of soil preparation as factors that influence the productivity of the reforestation. Thus, the first part of the work had as objective to verify the effect of the different doses of potassic and nitrogen fertilization and the interaction of these nutrients, in the growth of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in the field. The second part aimed to evaluate the effect of different doses of phosphorus and the type of soil preparation under the initial growth of *Acrocarpus fraxinifolius*. From the results found, the nitrogen had no significant effect on the height and diameter of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* and potassium fertilization with 65 g of potassium chloride per plant provided better averages of height and diameter at chest height under the conditions of this study. For *Acrocarpus fraxinifolius*, fertilization with 107 g of single superphosphate when combined with conventional soil preparation yielded the plants with the best performance at 210 days after fertilization.

Keywords: Fertilizing. Tropical pinus. Cedro.

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| CAPÍTULO 1 | 8 |
| 1 INTRODUÇÃO GERAL | 8 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO | 9 |
| 2.1 <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> Barret e Golfari | 9 |
| 2.2 <i>Acrocarpus fraxinifolius</i> Wright & Arn | 11 |
| 2.3 Adubação nitrogenada | 12 |
| 2.4 Adubação potássica | 13 |
| 2.5 Adubação fosfatada | 16 |
| REFERÊNCIAS | 17 |
| CAPÍTULO 2 ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA NO CRESCIMENTO DE <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> EM CAMPO | 25 |
| 1 INTRODUÇÃO | 27 |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS | 28 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 29 |
| 4 CONCLUSÕES | 33 |
| REFERÊNCIAS | 34 |
| CAPÍTULO 3 DESENVOLVIMENTO INICIAL DE <i>Acrocarpus fraxinifolius</i> EM FUNÇÃO DO TIPO DE PREPARO DE SOLO E FERTILIZAÇÃO MINERAL FOSFATADA | 37 |
| 1 INTRODUÇÃO | 39 |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS | 40 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 41 |
| 4 CONCLUSÕES | 44 |
| REFERÊNCIAS | 45 |

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

A silvicultura com espécies exóticas desempenha importante papel no Brasil, fornecendo matéria-prima para a produção de madeira, lenha, carvão, celulose, dentre outros (CHAVES e CORRÊA, 2005). O setor brasileiro de árvores plantadas é responsável por mais de 90% de toda a madeira produzida para fins industriais, representando 1,1% do PIB Nacional e caracterizando-se como um dos segmentos com maior contribuição potencial para a economia verde no país (IBÁ, 2018).

A crescente demanda de madeira e seus produtos e a tendência mundial à preservação dos ecossistemas naturais, impulsionam a busca por uma produção florestal e seus produtos com o mínimo de impacto ambiental (SILVA, 2005). Tal fato, juntamente com os aspectos econômicos da atividade, têm sido apontados como um dos principais fatores que levaram à busca por espécies de rápido crescimento (ASSIS, 1999), e por consequência o aumento do cultivo de espécies florestais exóticas no Brasil.

Nesse contexto, pode-se citar a espécie *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. A principal razão da introdução do gênero *Pinus* no Brasil foi a demanda por madeira para o setor industrial (KRONKA et al. 2005). O sucesso do seu estabelecimento pode ser atribuído à ampla variação de condições ambientais em sua distribuição original, que propiciou alta variabilidade genética e, como consequência, a adaptação do gênero a diversas condições ecológicas (SHIMIZU, 2006).

Uma outra espécie em potencial que tem chamado a atenção dos pesquisadores é *Acrocarpus fraxinifolius*. Tal espécie apresenta uma diversidade de utilizações na indústria madeireira, rápido crescimento, potencial para composição de sistemas agrossilvipastoris e recuperação de áreas degradadas (ERAUSQUIM, 2012).

Um dos fatores que tem grande influência sob a produtividade dos reflorestamentos com espécies de crescimento rápido é a disponibilidade de nutrientes no Solo (BARROS e COMENFORD, 2002), uma vez que estes são necessários em muitos processos fisiológicos das plantas, controlando o crescimento e desenvolvimento vegetal (GONÇALVES e BENEDETTI, 2000). Assim, a quantidade de nutrientes no sítio de cultivo é um dos fatores que deve ser bem estudado pelos silvicultores para que sejam adotadas estratégias corretas de manejo em longo prazo e elaboradas técnicas para alcançar um manejo sustentável por várias rotações (SANTANA, 2008). De acordo com Moro (2013), os nutrientes mais frequentemente utilizados nas adubações minerais para espécies florestais são o N, P e K e

estes representam valores significativos no planejamento de custo da fertilização florestal (SILVA, 2017).

O N embora na maioria das vezes encontrado em baixa quantidade no solo, na forma disponível para as plantas, é exigido em grandes quantidades para possibilitar o crescimento normal dos vegetais (MELGAR et al., 1999). Após o N, o K é o nutriente absorvido em maior quantidade pelas plantas (MARSCHNER, 1995), estando envolvido na abertura e fechamento dos estômatos, transporte de carboidratos e outros compostos, sínteses, produção de clorofila, regulação do balanço hídrico (MYERS et al., 2005), e ativação de diversas enzimas envolvidas na respiração e fotossíntese (TAIZ e ZEIGER, 2012). O fósforo por sua vez, quando em condições limitantes no solo, limita o desenvolvimento de raízes e de brotações, resultando em uma exploração insuficiente do solo e conseqüente acesso restrito e baixa eficiência do uso de água e nutrientes (GONÇALVES e PASSOS, 2000).

Embora a fertilização represente uma das técnicas que apresenta maior influência no desenvolvimento e boa produtividade em longo prazo das florestas, com raras exceções, é realizada de modo praticamente empírico, independentemente do tipo de solo, espécie e época de plantio (VOGEL, et al., 2005).

O preparo de solo também tem sido apontado como fator que pode influenciar o crescimento inicial, a uniformidade e a produtividade dos povoamentos florestais (FERNANDES e SOUZA, 2010), uma vez que as técnicas de preparo, visam maximizar o crescimento do sistema radicular, por meio do revolvimento mais ou menos localizado do solo, facilitando a absorção de água e de nutrientes, eliminando também plantas indesejáveis próximas das mudas (GATTO, et al. 2003).

Assim, o objetivo principal deste estudo foi verificar o efeito da fertilização com nitrogênio, potássio sobre o desenvolvimento de plantas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e a adubação fosfatada e o tipo de preparo de solo sobre o crescimento inicial de *Acrocarpus fraxinifolius*.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barret e Golfari

As plantações comerciais de *Pinus* no Brasil começaram na década de 1960 nas regiões Sul e Sudeste (ROSA, 1981; AGUIAR et al. 2011). Este período foi caracterizado pela política de incentivos aos plantios florestais de espécies dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, em consonância com a maior atenção dada as restrições de caráter ambiental a utilização de

espécies nativas, o que resultou no crescimento do comércio de madeira de florestamento (CORDEIRO et al. 2010).

O *Pinus* é um dos gêneros de maior distribuição geográfica no hemisfério Norte, ocorrendo desde a região polar até os trópicos. Em 1952, Little e Dorman classificaram a espécie do gênero encontrada na América Central como “*Pinus caribaea*”, posteriormente, Barret e Golfari separaram a espécie em três variedades: *P. caribaea* Morelet var. *caribaea*, *P. caribaea* Morelet var. *bahamensis* Barrett et. Golfari, e *P. caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barrett et. Golf. (ZHENG e ENNOS, 1999; KRONKA et al. 2005).

As características morfológicas e silviculturais da madeira das espécies do gênero e a introdução de espécies tropicais, como o *Pinus caribaea*, promoveram a expansão da distribuição geográfica das florestas plantadas com *Pinus* no Brasil. As áreas de plantio, anteriormente restritas à região Sul, foram ampliadas, para as regiões Sudeste e Centro-Oeste e algumas áreas do Norte e Nordeste (SILVA JÚNIOR, 1993). A espécie *P. caribaea* var. *hondurensis* tem ocorrência natural em Belize, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicarágua e México (MOURA e DVORAK, 2001). Esta ampla distribuição de ocorrência, propiciou uma alta variabilidade genética e, como consequência, a adaptação da espécie a diversas condições ecológicas, o que justifica seu destaque em plantios nas regiões tropicais e ocorrência em quase todo território brasileiro (MORAES et al. 2007; SHIMIZU, 2006).

As árvores da espécie atingem até 45 m de altura e 1 m de diâmetro. Sua copa normalmente é formada por galhos retos e sem ramificações, a casca é grossa com fissuras marrom, as folhas aciculares, em fascículos de 3 acículas, variando de 2 a 6, de 15 a 25 cm de comprimento e 1,5 mm de largura, de cor verde escuro a amarelado. Os cones recém-fecundados têm 1-1,5 cm de comprimento e maduros de 5-12 cm, ovóides, vermelho acastanhado-marrom, com 30- 60 sementes/cone; os estróbilos masculinos são agrupados em amentos cilíndricos de 25-45 mm (BARRETT e GOLFARI, 1962).

O florescimento da espécie no Brasil ocorre nos meses de junho a agosto e a produção de sementes em dezembro e janeiro (LORENZI et al, 2003). *Pinus caribaea* var. *hondurensis* é uma das espécies de *Pinus* mais exploradas economicamente no mundo para produção de madeira (BARRET e GOLFARI, 1962), além de possuir potencial para produção de resina em níveis economicamente viáveis, fabricação de painéis, compensado, carvão, lenha, papel e para construção civil (CHUDNOFF, 1984).

Machado et al. (2004) relatam que as espécies de *Pinus* tropicais têm sido bastante utilizadas em programas de reflorestamento nas regiões quentes no Brasil. Estes plantios normalmente acontecem em regiões com menores preços de terras e muitas vezes em áreas com solos de

baixa fertilidade natural (MORO 2005), uma vez que estas espécies são conhecidas como pouco exigentes em nutrientes (VOGEL et al., 2005). Mesmo em tais condições, a implantação desses povoamentos é realizada sem a prática da fertilização. Contudo, isso não significa que nestas circunstâncias de implantação as espécies de *Pinus* expressem seu máximo potencial produtivo. Segundo Ferreira et al. (2001), os trabalhos desenvolvidos no Brasil concluem que em solos de baixa fertilidade a adubação em povoamentos de *Pinus* podem acarretar um aumento de volume de até 20%, sendo as melhores respostas obtidas mediante a aplicação de fósforo, potássio e calcário.

Dentre os estudos que apontam acréscimos no crescimento de *Pinus* spp. em razão da fertilização, podem ser citados os trabalhos de VOGEL et al. (2005); FOX et al. (2007); FAUSTINO et al. (2013); MORO et al. (2014). A maior parte destes estudos referem-se à adubação de plantio, deixando uma lacuna a ser preenchida por estudos de longo prazo que englobem também a adubação de cobertura.

2.2 *Acrocarpus fraxinifolius* Wright & Arn

O *Acrocarpus fraxinifolius* ocorre naturalmente em florestas mistas perenifólias da Índia, Bangladesh, Indonésia, Nepal e Myanmar (antiga Birmânia), entre as latitudes 23° e 27° Norte. Na origem, a espécie está distribuída do nível do mar até 1.500 de altitude, em áreas com temperaturas entre 19° e 28° C e 1.000 a 2.000 mm de precipitação anual.

É uma árvore perenifólia de 20 a 40 metros de altura, folhas compostas e bipinadas (LORENZI et al. 2003; RAÍ, 1976). Graf (1963) relata que a espécie apresenta galhos curvados com racemos de 60 cm de comprimento pendentes; fores, vermelhas brilhantes e estames amarelos, é uma planta heliófia e não resiste a fortes geadas (HIGA e PRADO, 1998).

Nos países asiáticos é popularmente conhecida por mundani e árvore de ripa (LORENZI et al., 2003), na América do Sul por sua vez, recebe o nome popular de cedro-rosado (ERAUSQUIM, 2012). Pertence à família Fabaceae, é uma espécie considerada de rápido crescimento e muito promissora em reflorestamentos, sendo utilizada também em paisagismo, recuperação de áreas degradadas e sistemas agroflorestais (CARVALHO, 2003). Estudos de ELORZA MARTINEZ et al. (2006), também constaram que quando consorciada com culturas intercaladas como milho, feijão e pimenta a espécie contribui para aumento do conteúdo de matéria orgânica do solo.

A madeira do *A. fraxinifolius* pode ser usada para diferentes finalidades, na fabricação de componentes de janelas e portas (CHANDRA e PANT, 1981), como moirões de cerca, por um período de 10 a 15 anos, para produção de laminados (SHUKLA et al. 1993) e celulose

(ISTAS et al. 1956). Em função da sua semelhança física com freixo e noqueira, é usada como substituta dessas espécies na construção de casas e na manufatura de mobília e embalagens. Na África, é utilizada como sombreamento nas plantações de café (ROCAS, 2010). É uma madeira de fácil processamento e colagem, obtendo-se superfícies com bom acabamento superficial (HONORATO et al. 2005).

Venturin et al. (2014) relatam que apesar da espécie ainda ser pouco conhecida no Brasil, vem chamando atenção de pesquisadores brasileiros em razão da sua diversidade de utilizações.

2.3 Adubação nitrogenada

O nitrogênio é essencial para o crescimento das plantas, sendo exigido em grandes quantidades para possibilitar o crescimento normal dos vegetais (MELGAR et al. 1999).

Tem grande importância como constituinte de moléculas de proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucleicos e citocromos, além de sua importante função como integrante da molécula de clorofila (GROSS et al., 2006). O N é absorvido pelas plantas nas formas nítricas (NO_3^-), amoniacal (NH_4^+), amidica [$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$] e gasosa (N_2), sendo predominantemente absorvidas nas duas primeiras formas, sendo a última exclusiva às plantas da família Fabaceae (VILLAIBA et al. 2014).

Os solos na maioria das vezes, não fornecem adequada quantidade de N durante certas fases de desenvolvimento das plantas, em parte devido a elevada demanda e também às transformações bioquímicas que o N está sujeito no solo e que podem alterar significativamente a sua disponibilidade (WIETHÖLTER, 1996).

O estoque do N no solo é o resultado do balanço entre a mineralização e a imobilização que ocorre no solo, ou seja, quando a mineralização é maior do que a imobilização, vai ocorrer um aumento líquido do N mineral no solo, do contrário ocorre uma redução (WENDLING, 2005). A mineralização e a imobilização ocorrem simultaneamente no solo, sendo dependentes da relação C/N do material orgânico em decomposição; quando a relação C/N é maior que 30:1, a imobilização é favorecida; quando esta relação é menor que 20:1, a mineralização é favorecida; e quando a relação está na faixa de 20 a 30:1, os dois processos ocorrem simultaneamente (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

O nitrogênio se caracteriza ainda por possuir um dos maiores índices de perdas, por meio de lixiviação, escoamento superficial, erosão, volatilização de amônia e desnitrificação (QUEIROZ et al. 2011), e graças a tais perdas Bredemeier (2000), relata que menos de 50% do nitrogênio aplicado sob a forma de fertilizante é utilizado pelas culturas.

De acordo com Pulito (2009), a adubação nitrogenada pode aumentar o ritmo de crescimento das árvores nos estágios iniciais dos povoamentos, porque aumenta a disponibilidade de N numa fase em que as taxas de mineralização desse nutriente no solo e nos resíduos vegetais não conseguem atender à elevada demanda das árvores. Segundo Malavolta (2006), a adição do nitrogênio ao solo pode ser feita através de fertilizantes minerais e orgânicos, por meio da água da chuva (as descargas elétricas combinam o N_2 e o O_2 presentes na atmosfera) e pelo processo de fixação biológica. Contudo, o uso de altas doses de fertilizantes nitrogenados pode resultar em aumento no potencial de perdas, através de lixiviação de NO_3^- , perdas de N_2O na nitrificação e na desnitrificação, volatilização de NH_3 do solo e perdas gasosas de N do tecido das plantas (VILLAIBA et al., 2014). A maior parte do N assimilado pelas plantas é derivado dos reservatórios de N-inorgânico do solo (NH_4^+ e NO_3^-), proveniente da mineralização do N da matéria orgânica do solo (HART et al. 1994).

Dado o elevado dinamismo desse nutriente no sistema solo-planta, o manejo adequado do nitrogênio é considerado um dos mais difíceis de se realizar sendo desta forma, de extrema importância que ele seja fornecido à planta em locais e épocas adequadas (SANTOS et al. 2003; VIANA, 2007).

A demanda por fertilizantes nitrogenados tem aumentado proporcionalmente ao incremento da população mundial nos últimos 50 anos. De acordo com Dobermann (2007), esse aumento na demanda associado ao custo dos fertilizantes devido ao preço do gás natural, intensificarão a procura por maior eficiência de uso dos fertilizantes em culturas comerciais. Em termos gerais, para ser considerado eficiente, o manejo da adubação nitrogenada deve suprir a demanda da planta nos períodos críticos, maximizar a porcentagem de recuperação do nitrogênio e minimizar o impacto ambiental pela redução das perdas (FERNANDES e LIBARDI, 2007). Os sistemas de manejo da adubação nitrogenada por sua vez estão sendo bastante estudados com o objetivo de maximizar a eficiência de uso do N, em função da crescente preocupação com a poluição do meio ambiente, especialmente dos recursos hídricos por nitrato proveniente do manejo inadequado de adubação nitrogenada (DUETE, 2008).

Embora a participação do nitrogênio no metabolismo vegetal tenha sido bastante estudada para muitas espécies cultivadas, principalmente as de ciclo anual, ainda são poucos os estudos conduzidos com espécies florestais em condições tropicais (JESUS et al. 2012).

2.4 Adubação potássica

O potássio é o segundo nutriente mais exigido pelas plantas, perdendo apenas para o nitrogênio (FAQUIN, 2005). É também um dos nutrientes mais abundantes nos solos, podendo

atingir concentrações de 300 a 30000 mg kg⁻¹ (SPARKS, 2000), as quais são menores nas regiões tropicais (900 a 19000 mg kg⁻¹) (FASSBENDER, 1984). Contudo 98 % do K presente no solo se encontra na estrutura dos minerais primários e secundários, e apenas uma pequena fração encontra-se em formas mais prontamente disponíveis às plantas, ligado às cargas elétricas negativas (K trocável) ou na solução do solo (K solução) (SPARKS, 2000).

Esse nutriente está envolvido na abertura e fechamento dos estômatos (entrada e saída de água da planta), transporte de carboidratos e outros compostos, sínteses, produção de clorofila, regulação do balanço hídrico (MYERS et al. 2005), além de ativar diversas enzimas envolvidas na respiração e fotossíntese (TAIZ e ZEIGER, 2012). Outro efeito atribuído ao K é que plantas bem nutridas são mais resistentes a secas e geadas, em razão da maior retenção de água (SILVEIRA e MALAVOLTA, 2000). O acúmulo de K nas raízes das plantas produz um gradiente de pressão osmótico que atrai a água em direção às raízes, desta forma as plantas deficientes em K tem menor capacidade de absorver água e estão mais propensas ao estresse quando o teor de água está abaixo do crítico para cultura (SERAFIM et al. 2012)

A absorção do nutriente ocorre na interface raiz-solução na forma de K⁺, e sua entrada na célula é facilitada pela alta permeabilidade que a membrana celular apresenta ao nutriente e pelo potencial negativo no citoplasma, que cria um gradiente eletroquímico favorável à sua entrada (MENGEL et al. 2001). Sua importância na fisiologia vegetal decorre da alta mobilidade na planta e sua atividade iônica. As suas funções são bastante específicas, uma vez que apenas em parte pode ser substituído por outros cátions (BATAGLIA, 2005). Contudo, o potássio não faz parte de nenhum composto orgânico, não desempenhando função estrutural, o que faz com que o mesmo seja facilmente liberado (FAQUIN, 2005).

Plantas com teores adequados de potássio apresentam número e tamanho dos estômatos por unidade de área foliar aumentados, facilitando as trocas gasosas nos tecidos. O mecanismo de abertura e fechamento dos estômatos depende do fluxo de potássio nas células-guarda, e assim, plantas deficientes podem ter as respostas estomáticas alteradas (MORAES, 2006). Para alguns autores, como Zambolim et al. (2001), o potássio também reduz a suscetibilidade das plantas a patógenos. Plantas deficientes em K são apontadas como mais suscetíveis, pois a síntese de compostos de elevado peso molecular (proteínas, amido e celulose) é diminuída, ocorrendo acumulação de compostos de baixo peso molecular, o que favorece o ataque de patógenos.

Marengo e Lopes (2005) apontam a deficiência de potássio como a terceira mais frequente nos diferentes ecossistemas. Segundo Fontes (2001), esta deficiência nas plantas pode causar clorose, necrose das margens das folhas velhas; acamamento da planta, frutos e sementes enrugadas e pontuações brancas na margem da folha. Tais sintomas ocorrem primeiramente

em folhas mais velhas, o que pode ser explicado pela alta mobilidade do K nos tecidos, que o confere a possibilidade de ser remobilizado para as folhas mais jovens (TAIZ e ZEIGER, 2012). O excesso de K por sua vez, ocasiona redução de absorção de outros elementos, especialmente o cálcio e o magnésio. Pesquisas como as desenvolvidas por Mascarenhas et al. (2000) e Prado et al. (2004) explicam que este fato ocorre devido ao efeito competitivo exercido pelo aumento de K disponível, uma vez que no processo de absorção, esses nutrientes utilizam os mesmos sítios de absorção.

O manejo da adubação potássica em relação a doses, modos, épocas e fontes a serem utilizadas, deve ser considerado em função da demanda da cultura, do preço do fertilizante, do efeito salino sobre as plantas na instalação das lavouras e do potencial de perdas (principalmente por lixiviação) que os solos tropicais apresentam (CARVALHO e BERNARDI, 2005). O teor de potássio nos adubos é expresso em óxido (K_2O) e o cloreto de potássio é o mais empregado na adubação, sendo muito solúvel, e comercializados em dois tipos, com concentrações variando de 48% a 50% e outro com 60% a 62%. Devido a sua solubilidade, é facilmente lixiviado, tornando necessário o parcelamento de sua aplicação, principalmente em solos arenosos com pequeno poder adsorvente (OSAKI, 1991). Além do KCl, o K_2SO_4 (sulfato de potássio), o KNO_3 (nitrato de potássio) e o $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$ (sulfato de potássio e magnésio) são outras fontes de K bastante utilizadas em diversos segmentos da agricultura brasileira (ERNANI et al. 2007).

A dinâmica do K adicionado pelos fertilizantes na maior parte dos solos brasileiros é simples. Uma vez que nos solos brasileiros há predomínio de minerais de argila 1:1, pequena parte do K aplicado vai para a solução do solo e o restante migra para o complexo de troca sendo adsorvido às cargas elétricas negativas. (ERNANI et al. 2007). Se tratando de perdas deste elemento, a maioria dos solos brasileiros, por serem solos pobres em minerais potássicos e com baixa CTC, favorecem a lixiviação deste nutriente para fora da zona de crescimento radicular (PRAJAPATI e MODI, 2012).

Tratando-se de implantações florestais, que muitas vezes são alocadas em solos de baixa fertilidade, Barros et al. (1990) apontam a aplicação potássio como uma das práticas essenciais para o aumento e manutenção da produtividade dessas florestas. Trabalhos disponíveis na literatura evidenciam o efeito benéfico do potássio em diversas espécies florestais: *Pinus patula* (CROUS et al. 2009); *Eucalyptus spp.* (VALERI et al. 1991) e *Corymbia citriodora* (BIAGIOTTI, 2015).

2.5 Adubação fosfatada

O fósforo é um macronutriente, componente de ácidos nucleicos, coenzimas, nucleotídeos, fosfoproteínas, fosfolípidos e açúcares fosfatados (MORAIS, 2006), caracterizando-se como um importante componente das células vegetais, uma vez que é essencial para a divisão celular no metabolismo, pois está envolvido nos processos de respiração celular, fotossíntese e síntese de compostos orgânicos (TAIZ e ZEIGER, 2012). Esse nutriente é absorvido predominantemente na forma iônica de H_2PO_4^- , sua acumulação nas células corticais da raiz é seguida pela transferência dentro desta até o xilema através do simplasto, chegando às folhas ou às regiões de crescimento, sendo juntamente com o nitrogênio o elemento mais prontamente redistribuído (MALAVOLTA, 2006).

O suprimento de fósforo é de extrema importância nas fases iniciais de crescimento, visto que o mesmo estimula o crescimento de raízes e a taxa de crescimento inicial da parte aérea (MALAVOLTA, 1980). A deficiência de fósforo nas plantas pode causar diminuição da respiração e da fotossíntese podendo atrasar ou paralisar o crescimento das células, tendo como consequência a diminuição na produção de matéria seca, na produção de sementes, estrutura da planta, atraso da brotação, emergência das folhas e no desenvolvimento de raízes secundárias (GRANT et al. 2001)

Gatiboni (2003), relata que a principal fonte de P do solo em sistemas naturais é oriunda dos minerais primários, que quando tem sua estrutura cristalina quebrada libera seus constituintes para a solução do solo. Após o rompimento, ocorre o intemperismo físico e posteriormente o químico e biológico, que dependem dos fatores de formação durante a pedogênese. O fósforo é então liberado para a solução do solo, onde, parte é absorvida por microrganismos e plantas, e parte é readsorvida aos colóides.

Os solos das regiões tropicais e subtropicais possuem pequenas reservas de nutrientes na forma de minerais primários, com baixa capacidade de troca de cátions, alta capacidade de fixação de fósforo, elevado grau de agregação e, conseqüentemente, a permeabilidade e o potencial de lixiviação de bases dos solos são muito elevados (GONÇALVES et al. 2000). Há também que se considerar que o fósforo é um elemento que tem grande afinidade com o cálcio (Ca), ferro (Fe) e alumínio (Al) os quais estão presentes nos solos brasileiros em grandes quantidades, o que resulta na formação de compostos de baixa solubilidade (Rolim Neto et al. 2004; Valladares et al. 2003). Devido a esta baixa disponibilidade de P nestes tipos de solo gerada em grande parte pelo alto poder de imobilização do nutriente, o fósforo é apontado como o nutriente mais limitante para produção e, conseqüentemente, o mais utilizado em adubação no Brasil (EPSTEI e BLOOM, 2006).

O aumento da concentração de fósforo no solo é de extrema importância, podendo ocorrer por via mineral, onde o nutriente se encontra prontamente disponível às plantas ou por via orgânica, onde sua disponibilidade se encontra atrelada à ação dos microrganismos do solo (PRADO, 2008). Em longo prazo, com adição de fertilizantes fosfatados em quantidades suficientes para o crescimento e desenvolvimento das plantas, as formas inorgânicas e orgânicas de P têm capacidade semelhante de fornecer P para as plantas (GATIBONE et al. 2007). As principais fontes solúveis de P são: superfosfato simples, superfosfato triplo, fosfato monoamônico, fosfato diamônico e os termofosfatos, e as fontes naturais reativas são: fosfato natural de araxá, fosfato natural de gafsa, fosfato natural de arad e fosfato natural da Carolina do Norte (NOVAIS et al. 2007)

A disponibilidade de nutrientes está entre os fatores que condicionam o desenvolvimento, proliferação e abundância das espécies florestais (SANTOS et al. 2008) sendo comum encontrar comportamentos contrastantes entre espécies e entre genótipos, quanto à nutrição e crescimento, o que ressalta a importância de estudos que objetivem compreender as particularidades nutricionais de cada espécie. Tratando-se de culturas florestais, respostas positivas à adição de doses de fósforo é relatada na literatura para espécies como *Pinus taeda* (Vogel et al. 2005); *Swietenia macrophylla* (SANTOS, et al. 2008); *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus benthamii* (STAHL et al. 2013); *Cassia grandis* (FREITAS et al. 2017).

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A. V. de; SOUZA, V. A. de; FRITZSONS, E.; PINTO JÚNIOR, J. E. **Programa de melhoramento de pinus da Embrapa Florestas**. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. (Documentos, 233).
- ASSIS, T. F. Aspectos do melhoramento de *Eucalyptus* para a obtenção de produtos sólidos da madeira. **WORKSHOP: Técnicas de abate, processamento e utilização da madeira de eucalipto**, Viçosa, 1999. p.61-72.
- BARRETT, W. H. G.; GOLFARI, L. Descripción de las nuevas variabilidades del "Pino del Caribe". **Caribbean Forester**. Porto Rico, v. 23, n. 2, p. 59-71, 1962.
- BARROS, N. F.; COMERFORD, N. B. Sustentabilidade da produção de florestas plantadas na região tropical. In: ALVAREZ V. V. H et al. (Eds.) **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: SBCS, 2002, p. 487-592.
- 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: Ed. Folha de Viçosa, p. 127-186, 1990.

BATAGLIA, O.C. **Métodos diagnósticos da nutrição potássica com ênfase no DRIS.** In: YAMADA, T.; ROBERTS, TL. Simpósio sobre adubação potássica na agricultura brasileira, 2, 2005, São Pedro, SP. Anais. Piracicaba: Associação Brasileira para pesquisa da potassa e fosfato.

BIAGIOTTI, G. **Aplicação de fósforo e potássio na implantação de *Corymbia citriodora* (HOOK.) K.D. HILL & L.A.S. JOHNSON.** 2015.59F. Tese (Doutorado em Agronomia) Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, São Paulo, 2015.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 2, p. 365-372, 2000.

CARVALHO, M. C. S.; BERNARDI, A. C. C. **Resposta do algodoeiro à adubação potássica.** In: YAMADA T.; ROBERTS T. L. Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 841 p., 2005.

CARVALHO, P.E.R. 2003. **Espécies arbóreas brasileiras.** v.1. Colombo, Embrapa Florestas.

CHANDRA, A.; PANT, S. C. Buildings timbers - treatment by non-pressure processes. **Journal of the Timber Development Association of India.** v. 27, p. 22-29. 1981.

CHAVES, R. de Q.; CORRÊA, GI. Macronutrientes no sistema solo – *Pinus caribaea* Morelet em plantios apresentando amarelecimento das acículas e morte de plantas. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.5, p.691-700, 2005.

CHUDNOFF M. Tropical Timbers of the World. Washington: USDA; 1984. **Agriculture Handbook.**

CORDEIRO, A. S.; SILVA, L. M.; JACOVINE, G. A. L.; VALVERDE, R. S.; SOARES, S. N. Contribuição do fomento do órgão florestal de minas gerais na lucratividade e na redução de riscos para produtores rurais. **Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 367- 376, 2010.

CROUS, J. W.; MORRIS, A. R.; SCHOLE, M. C. Effect of phosphorus and potassium fertiliser on tree growth and dry timber production of *Pinus patula* on gabbro-derived soils in Swaziland. Southern Forests: a **Journal of Forest Science**, Grahamstown, v. 71, n. 3, p. 235-243, 2009.

DOBERMANN, A. Nutrient use efficiency measurement and management. in: international Fertilizer industry association (Ed.). **Fertilizer best management practices: general principles, strategy for their adoption and voluntary initiatives vs regulations.** Paris, p. 1-28, 2007.

DUETE, R. R. et. al., Manejo da adubação nitrogenada e utilização do nitrogênio (15 N) pelo milho em latossolo vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.** n. 32, p. 161-171, 2008.

ELORZA MARTINEZ, P.; GARCIA, J. M. M.; SÁNCHEZ, M. L. H.; PEREZ, G. O. Cultivo intercalado de cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius* Wight) y su efecto sobre el contenido de materia orgánica em el suelo. **Revista Científica UDO Agrícola**, Camaná, v. 6, n. 1, p. 109-113, 2006.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Editora Planta, 403p, 2006.

ERAUSQUIM, O. G. **El Cedro Rosado de laIndia**. Disponível em: <<http://paulowniasperuanas.lacocelera.net/post/2006/03/19/el-cedro-rosado-la-india>>. Acesso em: 19 dez. 2018.

ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. C. Potássio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS/ UFV, p. 551-594, 2007.

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. Lavras: UFLA / FAEPE. Pós-Graduação “Lato Sensu” (Especialização) a Distância: Solos e Meio Ambiente, 2005.

FASSBENDER, H. W. **Química de suelos, com énfasis em suelos de America Latina**. Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 1984. 398 p.

FAUSTINO, L.I.; BULFE, N.M.; PINAZO, M.A.; MONTEOLIVA, S.E. & GRACIANO, C. Dry weight partitioning and hydraulic traits in young *Pinus taeda* trees fertilized with nitrogen and phosphorus in a subtropical area. **Tree Physiol**, v. 33, p. 241-251, 2013.

FERNANDES, F. C.S.; LIBARDI, P. L. Percentagem de recuperação de nitrogênio pelo milho, para diferentes doses e parcelamentos do fertilizante nitrogenado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 6, p. 285-296, 2007.

FERNANDES, H.C.; SOUZA, A.P. Compactação de solos florestais: uma questão para estudos. **Revista Árvore**, v.25, n.3, p.387-392, 2001.

FERREIRA, C. A. et al. **Nutrição de pinus no sul do Brasil: diagnóstico e propriedades de pesquisa**. Documentos EMBRAPA Florestas, Colombo, n. 60, p. 1-23, 2001.

FONTES, P.C.R. Diagnóstico do estado nutricional pelo método visual. In: FONTES, P.C.R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Viçosa: Editora UFV, cap. 8, p.63-86, 2001.

FOX, T.R.; ALLEN, H.L.; ALBAUGH, T.J.; RUBILAR, R.A. & CARLSON, C. Tree nutrition and forest fertilization of pine plantations in the southern United States. **South. J. Appl. For.** v.31, p. 5-11, 2007.

FREITAS, E.C.S.de; PAIVA, H.N. de; LEITE, H.G.; NETO OLIVEIRA, S.N.de. Crescimento e qualidade de mudas de *Cassia grandis* Linnaeus f em resposta a adubação fosfatada e calagem. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 509-519, 2017.

GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D. S.; FLORES, J. P. C. Biodisponibilidade de formas de fósforo acumuladas em solo sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 691-699, 2007.

GATIBONI, L.C. **Disponibilidade de formas de fósforo do solo às plantas**. 231p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

GATTO, A.; BARROS N.F. de; NOVAIS, R.F. de; COSTA, L.M. da; NEVES, J.C.L. Efeito do método de preparo de solo, em área de reforma, nas suas características, na composição mineral e na produtividade de plantações de *Eucalyptus grandis*. **Árvore**, Viçosa-MG, v.27, n.5, p.635-646, 2003

GONÇALVES, J. L. M. et al. Reflexos do cultivo mínimo e intensivo do solo em sua fertilidade e na nutrição das árvores. In: GONÇALVES, J. L.; BENEDETTI, V. (Eds.) **Nutrição e Fertilização Florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000.

GONÇALVES, M.R. & PASSOS, C.A.M. Crescimento de cinco espécies de eucalipto submetidas a déficit hídrico em dois níveis de fósforo. **Ciência Florestal**, v. 10, p. 145-161, 2000.

GONÇALVES, R. M.; PASSOS, C. M. A. Crescimento de cinco espécies de eucalipto submetidas a déficit hídrico em dois níveis de fósforo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 145-161, 2000.

GRAF, A. B. **Exóticas 3 pictorial cyclopedia of exotic plants**. Rutherford: Roehrs, 767 p, 1963.

GRANT, C.A.; FLATEN, D.N.; TOMASIEWICZ, D.J.; SHEPPARD, S.C. **A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta**. POTAFOS, Piracicaba, 16 p. 2001.

GROSS, M. R.; VON PINHO, R. G.; BRITO, A. H. Adubação nitrogenada, densidade de semeadura e espaçamento entre fileiras na cultura do milho em sistema plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 3, p. 387-393, 2006.

HART, S.C.; STARK, J.M.; DAVIDSON, E.A.; FIRESTONE, M.K. **Nitrogen mineralization, immobilization and nitrification**. In: KLUTE, A.; WEAVER, R.W.; MICKELSON, S.H.; SPARKS, D.L.; BARTELS, J.M. (Ed.) *Methods of soil analysis. Part 2. Microbiological and Biochemical properties*. Madison: SSSA, 1994.

HIGA, A. R.; PRADO, C. A. *Acrocarpus fraxinifolius* Wight e Arn. In: GALVÃO, A. P. M. (Coord.). **Espécies não tradicionais para plantios com finalidades produtivas e ambientais**. Colombo: EMBRAPA Florestas. 57-60, 1998.

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

IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório IBA 2018**. Disponível em < <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/digital-sumarioexecutivo-2018.pdf> >.

ISTAS, J. R.; RAEKELBOOM, E. L.; HEREMANS, R. Biometric, chemical and papermaking characters of some timbers. *Rapp. Inst. Nat. Etude Agron. Congo Belge*. n. 51, p. 58, 1956.

JESUS, G.L. de. BARROS, N.F. de. SILVA, I. R. da. NEVES, J.C.L.; HENRIQUE, E.P.; LIMA, V.C.; FERNANDEZ, L.V.; SOARES, E.M.B. Doses e Fontes de Nitrogênio na Produtividade do Eucalipto e nas Frações da Matéria Orgânica em Solo da Região do Cerrado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 201-214, 2012.

KRONKA, J. N.; BERTOLANI, F.; PONCE, R. H. A cultura do Pinus no Brasil. São Paulo: **Sociedade Brasileira de Silvicultura**, 2005.

LORENZI, H.; SOUZA, H.M.; TORRES, M.A.V.; BASHER, L.B. **Árvores Exóticas no Brasil -madeireiras, ornamentais e aromáticas**. Instituto Plantarum, Nova Odessa, 2003, 368 p.

MACHADO, S. A.; URBANO, E.; CONCEIÇÃO, M. B.; FIGUEIREDO FILHO, A.; FIGUEIREDO, D. J. Comparação de modelos de afilamento do tronco para diferentes idades e regimes de desbaste em plantações de *Pinus oocarpa* Schiede. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 48, p. 41-64, 2004.

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

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: editora Agronômica Ceres, 668p, 2006.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa: UFV, 451P p., 2007.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. New York: Academic Press, 1995. 874p.

MASCARENHAS, H.A.A., TANAKA, R.T., CARMELLO, Q.A.C., GALLO, P.B., AMBROSANO, G.M.B. Calcário e potássio para a cultura de soja. **Scientia Agricola**, v.57, n.3, p.445-449, 2000.

MELGAR, R.; CAMOZZI, M.E.; FIGUEROA, M.M. **Guia de fertilizantes, em miendas Y produtos nutricionales**. Buenos Aires: Instituto Nacional de tecnologia agropecuária, 1999. cap.1, p. 13-25: Nitrogenados.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. London: Kluwer Academic, 849 p. 2001.

MORAES IVM. **Cultivo de hortaliças**. Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro: Dossiê técnico. 26p, 2006.

MORAES, M. L. T.; MISSIO, R. F.; SILVA, A. M.; CAMBUIM, J; SANTOS, L. A; RESENDE, M. D. V. Efeito do desbaste seletivo sobre a divergência genética em progênies de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis*. **Scientia Forestalis**, n. 74, p. 55-65, 2007.

MORAES, S. R. G.; POZZA, E. A.; ALVES, E.; POZZA, A. A. A.; CARVALHO, J. G.; LIMA, P. H.; BOTELHO, A. O. Efeitos de fontes de silício na incidência e na severidade da antracnose do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, p. 69-75, 2006.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Editora UFLA, p. 729, 2006.

MORO, L. **Exportação de Nutrientes em Povoamentos de *Pinus taeda* L.** Baseada em Volume Estimado pelo Sistema Sispinus. 113 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

MORO, L. **Resposta de *Pinus taeda* com um, cinco e nove anos à adubação NPK no planalto catarinense** (Dissertação de mestrado) Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC. 28 p. 2013.

MORO, L.; GATIBONI, L. C.; SIMONETE, M.A.; CASSOL, P. C.; CHAVES, D.M. Resposta de *Pinus taeda* com diferentes idades à adubação NPK no planalto sul catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 38, p.1181-1189, 2014.

MOURA, V. P. G.; DVORAK, W. S. Provenance and Family variation of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* from Guatemala and Honduras, grown in Brazil, Colombia and Venezuela. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 2, p. 225-234, fev. 2001.

MYERS, S. W. et al. Effect of soil potassium availability on soybean aphid (Hemiptera: Aphididae) population dynamics and soybean yield. **Journal of economic entomology**, Califórnia, v. 98, n. 1, p. 113-120, 2005.

NOVAIS, R. F.; JOY SMYTH, T.; NUNES, F. N. Fósforo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (org.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, p. 471-548, 2007.

OSAKI, F. **Calagem e adubação**. 2 ed. Campinas: Instituto Brasileiro de Ensino Agrícola, 503p. 1991.

PRADO, M. R. **Nutrição de plantas**. São Paulo: UNESP, 407p., 2008.

PRADO, R.M.; Braghiroli, L.F.; Natale, W.; CORRÊA, M.C.M.; ALMEIDA, E.V. Aplicação de potássio no estado nutricional e na produção de matéria seca de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v.26, n.2, p. 295-299, 2004.

PRAJAPATI, K., MODI, H.A. The importance of potassium in plant growth – A review. **Indian Journal of Plant Sciences**, v.1, n. 2, p.177-186, 2012.

PULITO, A. P. **Resposta à fertilização nitrogenada e estoque de nitrogênio biodisponível em solos usados para plantações de *Eucalyptus***. 2009. 59f. (Dissertação em Engenharia Florestal) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2009.

QUEIROZ, A.M.; SOUZA, C.H.E.; MACHADO, V.J.; LANA, R.M.Q.; KORNDORFER, G.H.; SILVA, A.A. Avaliação de diferentes fontes e doses de nitrogênio na adubação da cultura do milho (*Zeamays L.*). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 10, n. 3, p. 257-266, 2011.

RAI, S.N. Pre-treatment of *Acrocarpus fraxinifolius* seeds. **IndianForester**. n. 102, v 8. 1976.

ROCAS, A.N. Tropical Tree Seed Manual – **Species Descriptions. *Acrocarpus fraxinifolius* Wight & Arn. Reforestation, nurseries and genetic resources**. Disponível em: <http://www.rngr.net/publications/ttsm/species> . Acessado em 11 de fevereiro, 2018.

- ROLIM Neto, F. C.; SCHAEFER, C. E. G. R.; COSTA, L. M.; CORRÊA, M. M.; FERNANDES Filho, E. I.; Ibraimo, M. M. Adsorção de fósforo, superfície específica e atributos mineralógicos em solos desenvolvidos de rochas vulcânicas do Alto Paranaíba-MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.953-964, 2004.
- ROSA, P. R. F. **Teste de procedência de *Pinus oocarpa* Schiede em três regiões do Estado de São Paulo. Jaboticabal**, 1981. 79 f. (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1981.
- SANTANA, R. C.; BARROS, N. F. D.; NOVAIS, R. F.; LEITE, H. G.; COMERFORD, N. B. Alocação de nutrientes em plantios de eucalipto no Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, 2008.
- SANTOS, A.B.; FAGERIA, N.K.; SILVA, O.F.; MELO, M.L.B. Resposta do feijoeiro ao manejo de nitrogênio em várzeas tropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.11, p.1265-1271, 2003.
- SANTOS, R. A. et al. Adubação fosfatada para a produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Acta Amazônica**, Manaus, v.38, n. 3, p. 453-458, 2008.
- SERAFIM, M.E.; LIMA, J.M.; LIMA, V.M.P.; ZEVIANI, W.M. & PESSONI, P.T. Alterações físico-químicas e movimentação de íons em Latossolo gibbsítico sob doses de gesso. *Bragantia*, v.71, p.75-81, 2012.
- SHUKLA, K. S.; SHARMA, R. C.; ANIL, N. Suitability of *Acrocarpus fraxinifolius* (mundani) for plywood. **Journal of the Timber Development Association of India**. v. 39, p. 39-45, 1993.
- SILVA JÚNIOR, F. G. **Utilização múltipla da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* para produção de celulose kraft**. Série Técnica do IPEF, Piracicaba, SP, v. 9, n. 27, p. 56-62, 1993.
- SILVA, J.M. da; **Análises genéticas em progênies de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea*** Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Ilha Solteira, São Paulo. 145 p. 2005.
- 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.
- SILVEIRA, R. L. V. de A.; MALAVOLTA, E. **Nutrição e adubação potássica em *Eucalyptus***. Encarte Técnico. Piracicaba-SP: Potafos, n. 91, 2000.
- SPARKS, D. L. **Bioavailability of soil potassium**. In: SUMNER, M. E. (Ed.). Handbook of soil science. Boca Raton: CRC Press, 2000, Section D. p. 48.
- STAHL, J. et al. Produção de massa seca e eficiência nutricional de clones de *Eucalyptus dunni* e *Eucalyptus benthamii* em função da adição de doses de fósforo ao solo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.23, n.2, p.287-295, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4. ed. Porto alegre: Artmed, 2012. 720 p.

VALERI, S.V.; CORRADINI, L.; AGUIAR, I.V. Efeitos de níveis de NPK e calcário dolomítico na produção volumétrica de madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Científica**, v.19, n.1, p. 63-70, 1991.

VALLADARES, G. S.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C. Adsorção de fósforo em solos de argila de atividade baixa. **Bragantia**, v.62, n.1, p.111-118, 2003.

VENTURIN, N.; CARLOS, L. SOUZA, P. A. de; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, R. P. HIGASHIKAWA, E. M. Desempenho silvicultural de *Acrocarpus fraxinifolius* Wight em função de diferentes espaçamentos e idades. **Cerne** Lavras, v. 20 n. 4, 2014.

VIANA, M.E. **Interação de nitrogênio e potássio na nutrição, no teor de clorofila e na atividade da redutase do nitrato em plantas de trigo**. 2007. 96 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

VILLAIBA, H. A.G.; LEITE, J.M.; OTTO, R.; TRIVELIN, P.C.O. **Fertilizantes Nitrogenados: Novas Tecnologias**. Informações agronômicas Nº 148, Dezembro, 2014.

VOGEL, H.L.M.; SCHUMACHER, M.V.; STORCK, F.; WITSCHORECK, R. Crescimento inicial de *Pinus taeda* relacionado a doses de N, P, K. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 2, 2005.

WIETHÖLTER, S. **Adubação nitrogenada no sistema plantio direto**. EMBRAPA-CNPT, Passo Fundo, 1996. 44 p.

ZAMBOLIM, L., COSTA, H. & VALE, F.X.R. **Efeito da nutrição mineral sobre doenças de plantas causadas por patógenos do solo**. In: Zambolim, L. (Ed.) Manejo integrado, fitossanidade, cultivo protegido, pivô central e plantio direto. Viçosa. Suprema Gráfica e Editora Ltda. 2001.

ZHENG, Y.Q.; ENNOS, R.A. Genetic variability and structure of natural and domesticated populations of Caribbean pine (*Pinus caribaea* Morelet). **The oretica land Applied Genetics**, Berlin, n.98, p.765-771, 1999.

CAPÍTULO 2 ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA NO CRESCIMENTO DE *Pinus caribaea* var. *hondurensis* EM CAMPO.

RESUMO

As espécies do gênero *Pinus* estão entre as mais plantadas do mundo, devido dentre outros fatores a sua diversidade de utilizações. Embora, estas espécies sejam conhecidas como pouco exigentes em nutrientes, o estudo da sua nutrição mineral é de extrema importância para que o suprimento mineral ocorra da maneira mais adequada, assim objetivou-se com este estudo verificar o efeito das diferentes doses de adubação potássica e nitrogenada, bem como o efeito da interação destes nutrientes, no crescimento de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em campo. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados completos dispostos em esquema fatorial 2 x 4, sendo este constituído duas doses de N (0, 40 g de sulfato de amônio $((NH_4)_2SO_4)$) e quatro doses de K₂O (0, 50, 100, 150 g de KCl), com quatro repetições. As variáveis analisadas foram altura total, diâmetro a altura do peito aos 90, 180, 270 e 360 dias após a adubação, e na última avaliação analisou-se também o teor de nutriente nas acículas. De acordo com os dados obtidos constatou-se que o nitrogênio não apresentou efeito significativo sobre altura e diâmetro das plantas durante o período avaliado. Dentre as doses de adubação potássica utilizadas, a aplicação de 65 g de cloreto de potássio proporcionou melhores médias de altura e diâmetro para plantas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, e o teor de macros e micronutrientes encontrados nas acículas foi inferior ao nível crítico recomendado para a espécie, para os tratamentos aplicados.

Palavras-chave: Espécie exótica. Adubação de cobertura. *Pinus* tropical.

ABSTRACT

Species of the genus *Pinus* are among the most planted in the world, due to their diversity of uses, among other factors. Although these species are known as low in nutrients, the study of their mineral nutrition is extremely important for mineral supply to occur in the most appropriate way, so this study aimed to verify the effect of different doses of potassium fertilization and nitrogen, as well as the interaction effect of these nutrients on the growth of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in the field. The complete randomized blocks were arranged in a 2 x 4 factorial scheme, consisting of two doses of N (0.40 g of ammonium sulfate ((NH₄)₂ SO₄)) and four doses of K₂O (0, 60, 120, 180 g KCl) with four replicates. The analyzed variables were total height, diameter at breast height at 90, 180, 270 and 360 days after fertilization, and in the last evaluation the nutrient content in the evaluated needles. According to the obtained data it was verified that the nitrogen had no significant effect on height and diameter of the plants during the evaluated period. Among the doses of potassic fertilization used, the application of 65 g of potassium chloride provided better height and diameter means for *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, and the content of macros and micronutrients found in the needles was lower than the recommended critical level for the species, for the applied treatments

Keywords: Exotic species. Side dressing. Tropical pinus.

1 INTRODUÇÃO

A área ocupada por árvores plantadas no Brasil totalizou 7,84 milhões de hectares em 2016, dos quais 1,6 milhão de hectares correspondem a plantios com espécies do gênero *Pinus* (IBÁ, 2017). Dentro deste gênero, encontram-se algumas das espécies mais plantadas no mundo para produção de madeira serrada e laminada, papel, celulose, resinas, e até mesmo seu resíduo tem sido aproveitado como biomassa para geração de vapor e energia (WANG et al. 1999; SILVA et al. 2012).

De acordo com Kohler et al. (2015), o aumento da produtividade de povoamentos está altamente relacionado com as práticas de manejo aplicadas, e se tratando da prática de fertilização, a disponibilidade de nutrientes exerce forte influência na produtividade. Assim, dentro de determinados limites, Paiva et. al. (2001), apontam a fertilização como um dos principais meios para se obter ganhos de produtividade. Pesquisas objetivando o estudo da fertilização de espécies florestais relatam a influência da nutrição mineral sob as variáveis de crescimento para espécies como *Swietenia macrophylla* (SOUZA et al. 2010), *Eucalyptus* spp. (JESUS et al. 2012) e *Peltophorum dubium* (SOUZA et al. 2013).

A definição da fertilização mineral para qualquer cultura se fundamenta no dimensionamento de nutrientes que a planta necessita para atingir a produção esperada por meio da quantidade de nutrientes que pode ser suprida pelo solo. Quando a demanda da planta é maior do que o solo pode suprir, fertilizantes devem ser adicionados para aumentar as chances de obtenção da produção esperada (BARROS et al. 2000). Faquin (2002) relata que a análise dos tecidos das plantas, aliada à análise do solo, permite um diagnóstico mais eficiente do estado nutricional da cultura e das necessidades de adequações nos programas de adubação, especialmente para nutrientes como o nitrogênio (N) em que a análise do solo ainda não está bem consolidada.

O nitrogênio é exigido em grandes quantidades para possibilitar o crescimento normal dos vegetais, embora na maioria das vezes, este se encontra em baixa quantidade no solo, na forma disponível para as plantas (MELGAR et al. 1999). A participação do nitrogênio no metabolismo se apresenta como destaque no estudo de muitas espécies cultivadas, mas, ainda são poucos os estudos conduzidos com espécies florestais em condições tropicais (JESUS et al. 2012). Após o nitrogênio, o potássio (K) é o nutriente absorvido em maior quantidade pelas plantas (MARSCHNER, 1995), ao passo que este atua na abertura e fechamento dos estômatos, transporte de carboidratos e outros compostos, sínteses, produção de clorofila, regulação do balanço hídrico (MYERS et al. 2005), e ativação de diversas enzimas envolvidas na respiração e fotossíntese (TAIZ e ZEIGER, 2012).

As espécies do gênero *Pinus* destacam-se pelo seu desempenho e pouca exigência em nutrientes (VOGEL et al. 2005), visto que este gênero apresenta alta capacidade de utilização dos recursos nutricionais em solos de baixa fertilidade e ausência de sintomas visuais de deficiência, os quais remetem a impressão de que plantios com pinus não necessitam de cuidados com a fertilização (REISSMANN e WISNIEWSKI, 2005). Esta condição, associada ao fato da falta de fertilização no momento do plantio, à exportação de nutrientes nos desbastes e colheita final e perdas por processos erosivos e de lixiviação, levam a uma aceleração no empobrecimento dos níveis de fertilidade do solo e dificuldade da expressão do máximo potencial produtivo dos povoamentos (MORO et al. 2014).

Neste contexto, nota-se a relevância de conhecer as necessidades nutricionais de *Pinus* para a promoção do suprimento mineral adequado as exigências da espécie. Dessa forma, objetivou-se verificar o efeito das diferentes doses de adubação potássica e nitrogenada, bem como o efeito da interação destes nutrientes, no crescimento de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em campo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em um plantio de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, com 26 meses de idade, implantado em agosto de 2015, situado na Universidade Federal de Lavras e localizado na latitude 21°14'19,6"S e longitude 44°58'28,5"W a 905 metros acima do nível do mar.

O clima do município segundo a classificação de Köppen é do tipo Cwb, tropical de altitude com verões suaves, temperatura média anual de 19,6°C, precipitação média anual de 1511 mm, umidade relativa média anual de 76,2% e a evaporação total anual de 901,1 mm (ALVARES et al. 2013). A área está inserida no bioma Cerrado, em Cambissolo Háptico Distrófico (EMBRAPA, 2013), e na Tabela 1 encontram-se descritos os principais resultados da análise química do solo.

O preparo do solo consistiu-se de subsolagem até 40 cm de profundidade em linha de plantio, seguido de gradagem em área total. O plantio foi realizado em arranjo de 3m x 3m, e nas covas juntamente com a muda foram depositados esporos de fungos micorrízicos coletados no interior de povoamentos de *Pinus* spp., e 200 ml de polímero hidrorretentor na concentração de 0,5 g de polímero por planta. Posteriormente sobre o coleto de cada muda foi aplicada uma solução de cupinicida. Não foi realizado nenhum tipo de correção de solo, ou adubação para implantação do povoamento.

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 cmol.dm ⁻³ | Mg | Al | H+Al | V % | Zn | Fe | Mn | Cu | B | S |
|----|--------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----|-----|------|--------|------|------|----|------|-----|---|
| 6 | 1,18 | 32 | 1,71 | 1,2 | 0,3 | 0,1 | 1,66 | 48,83 | 2,15 | 59,9 | 3 | 2,14 | 0,3 | 7 |

Fonte: Do autor (2019).

*MO: matéria orgânica; V: índice de saturação por base.

O delineamento utilizado foi o de bloco casualizado completo disposto em esquema fatorial 2 x 4 (duas doses de N e quatro doses de K₂O) com quatro repetições. A recomendação de adubação foi fundamentada nos resultados da análise de solo proposta de Gonçalves *et al.* (1995). Assim, para a adubação nitrogenada foi definida uma dose de 40 g de sulfato de amônio ((NH₄)₂SO₄) por planta, e para a adubação potássica se recomendou-se a dose de 70 g de K₂O por planta. Com base nestas recomendações, utilizou-se duas doses de nitrogênio (0 g e 40 g de sulfato de amônio ((NH₄)₂SO₄) por planta), e quatro doses de potássio (0, 35, 70 e 105 g de K₂O por planta, o que representa 0, 50%, 100% e 150% da dose recomendada). Como fonte de potássio foi utilizado o Cloreto de Potássio (KCl) (58% de K₂O), o que corresponde a doses de 0, 60, 120, 180 g de KCl, respectivamente. A aplicação foi realizada na projeção da copa, e parceladas em aplicações.

Aos 90, 180, 270 e 360 dias após a adubação foram mensuradas as variáveis altura total e diâmetro à altura do peito (DAP). Na última avaliação também foram coletadas acículas do terço superior da copa das plantas e realizada análise química do teor de nutrientes conforme o Manual de Nutrição Mineral de Plantas (MALAVOLTA, 2006).

Os dados obtidos foram submetidos aos testes de normalidade de Shapiro Wilk e posteriormente, submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade do erro. Quando detectada diferença, realizou-se a regressão, sendo estas realizadas por meio do *software* R.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao verificar as avaliações, constatou-se que não ocorreu interação entre dose de nitrogênio e fósforo para altura e diâmetro a altura do peito. Mas, observou-se efeito significativo das doses de potássio para a altura e DAP (Tabela 2).

Ao observar a Tabela 2, verifica-se que a adubação com nitrogênio não apresentou efeitos significativos para a espécie estudada. Mota *et al.* (2014) relatam que plantios de pinus no sul do Brasil também não tem apresentado sintomas de carência de nitrogênio.

Tabela 2 - Resumo da análise de variância para altura e diâmetro à altura do peito de *Pinus caribaea* 90, 180, 270 e 360 dias após a adubação.

| FV ¹ | GL ² | 90 dias | 180 dias | 270 dias | 360 dias |
|---|-----------------|-------------------------|------------|------------|------------|
| | | Quadrado médio (altura) | | | |
| BLOCO | 3 | 1,677881* | 0,997068* | 0,939994* | 1,408079* |
| N ⁷ | 1 | 0,107725 | 0,019586 | 0,000703 | 0,038388 |
| K ⁸ | 3 | 1,404031* | 1,623249* | 1,879321* | 2,32502* |
| N*K | 3 | 0,007117 | 0,066044 | 0,113186 | 0,196418 |
| Erro | 21 | 0,054467 | 0,159643 | 0,27388 | 0,331912 |
| CV ³ % | | 6,11 | 9,2 | 11,21 | 11,35 |
| Média ⁴ (m) | | 3,82 | 4,34 | 4,67 | 5,07 |
| Quadrado médio (diâmetro à altura do peito) | | | | | |
| BLOCO | 3 | 1,207187* | 3,051661 * | 3,592604* | 4,745773* |
| N | 1 | 0,002813 | 0,285327 | 1,430868 | 0,038967 |
| K | 3 | 3,009271* | 5,350161* | 10,940243* | 11,825217* |
| N*K | 3 | 0,198438 | 0,609598 | 0,829965 | 1,386189 |
| Erro | 21 | 0,192723 | 0,239831 | 0,693934 | 1,287796 |
| CV ⁵ (%) | | 8,44 | 7,45 | 11,59 | 12,98 |
| Média ⁶ (cm) | | 5,20 | 6,58 | 7,19 | 8,74 |

Fonte: Do autor (2019).

¹Fonte de variação; ²Grau de liberdade; ³Coefficiente de variação para altura; ⁴Média geral para altura;

⁵Coefficiente de variação para diâmetro do colo; ⁶Média geral para diâmetro do colo; *Significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro. ⁷Nitrogênio; ⁸ Potássio.

Com base nos resultados analíticos da análise química foliar (Tabela 3), notou-se que às plantas sem adubação nitrogenada apresentaram em suas acículas teores de N bem próximos as que receberam, o que indica que grande parte do nitrogênio absorvido pelas plantas pode ser proveniente de outras fontes do nutriente, e não da adubação fornecida. Entretanto, Garicoicoits (1990), Reissmann e Zotl (1987), Vogel et al. (2005), e Reissmann e Wisniewski (2005) constaram que o nitrogênio não está incluído entre os principais elementos que limitam a produtividade do gênero e que as espécies de pinus possuem alta capacidade de gerenciar os recursos nutricionais em sítios de baixa fertilidade.

Para a adubação potássica, as médias de altura e diâmetro encontradas apresentaram melhor ajuste ao modelo quadrático de regressão (Figuras 5 e 6). A omissão de K resultou em plantas com as menores médias de altura e diâmetro, a utilização de aproximadamente 65 g de cloreto de potássio resultou nas melhores médias de altura e diâmetro. Batista et al. (2011) e Reissmann e Wisniewski (2005) também relatam respostas positivas a adubação potássica em espécies de *Pinus*.

Figura 5 – Altura de *Pinus caribaea* aos 90, 180, 270 e 360 dias após a adubação, em função de doses de cloreto de potássio.

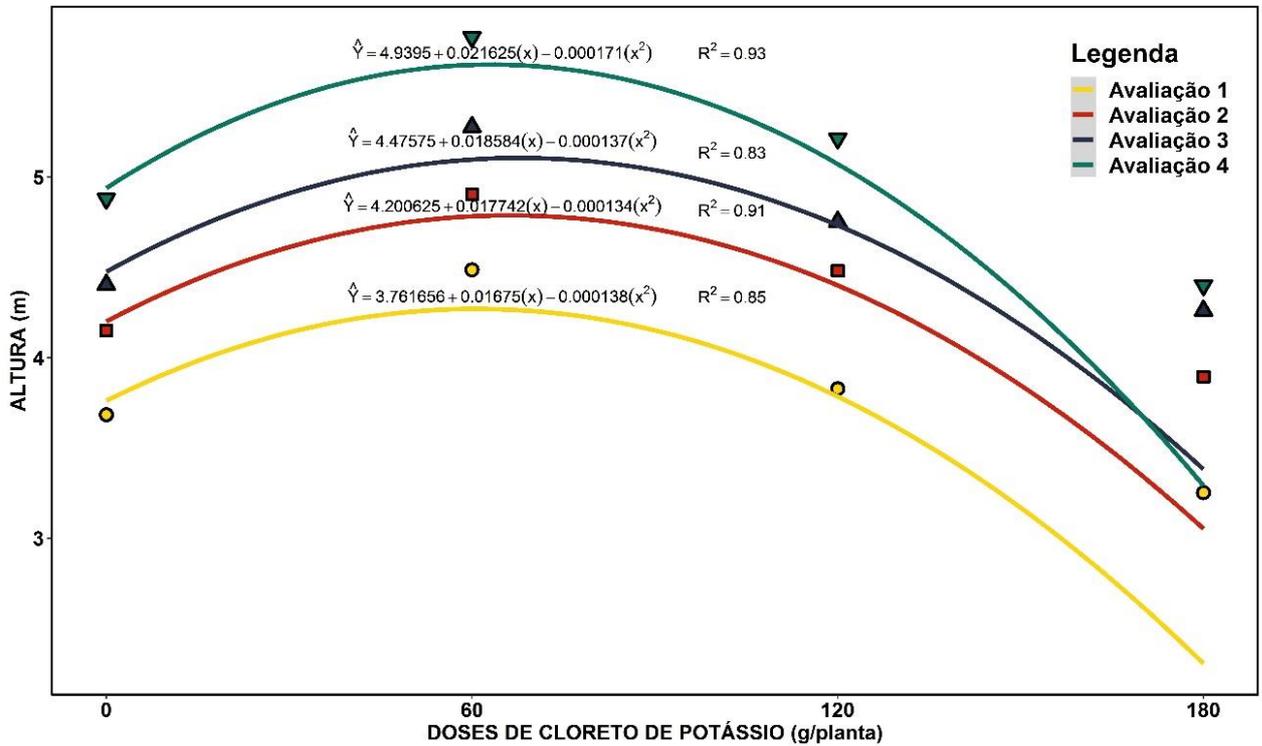
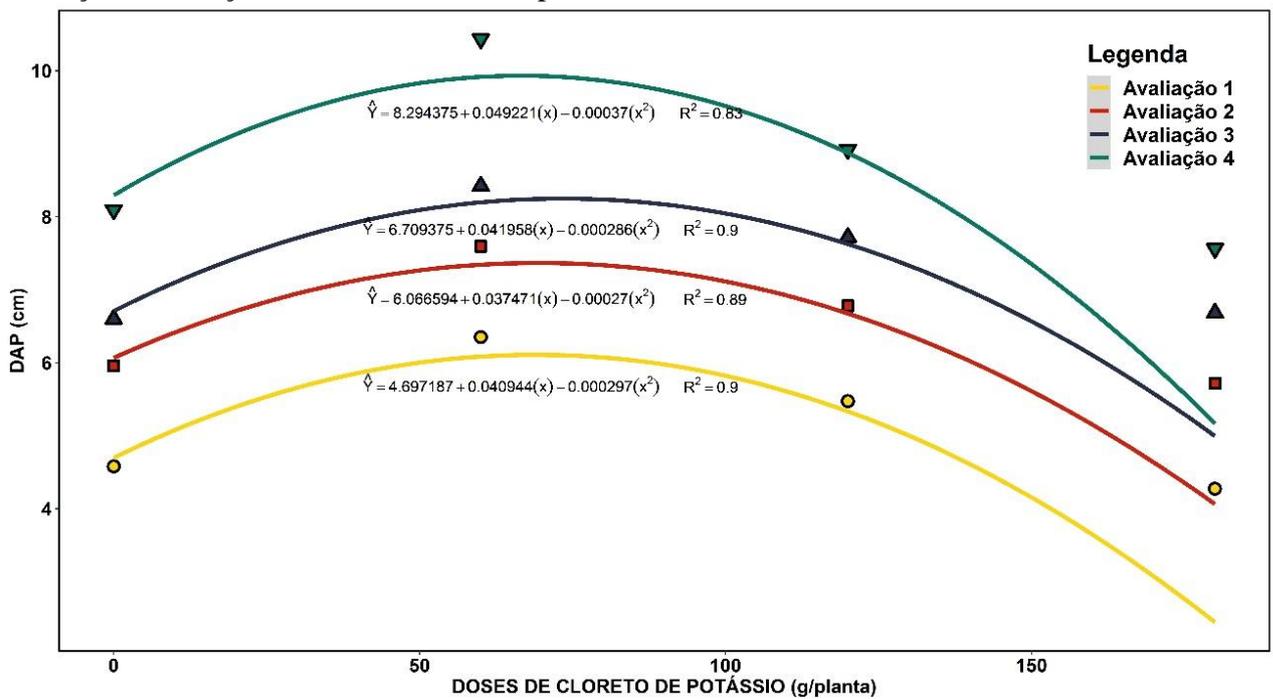


Figura 6 – Diâmetro à altura do peito de *Pinus caribaea* aos 90, 180, 270 e 360 dias após a adubação, em função de doses de cloreto potássio.



A concentração externa de íons é um dos fatores que afetam a absorção iônica radicular (MARSCHNER, 2012), assim o aumento desta concentração via adubação em quantidades e períodos adequados é de extrema importância para suprir as exigências nutricionais das plantas, principalmente para espécies florestais, que muitas vezes tem seus povoamentos alocados em sítios de baixa fertilidade (VOGEL et al. 2005). Os resultados positivos encontrados para a adubação potássica podem também estar relacionados com a alta mobilidade de K^+ e capacidade de atravessar a camada orgânica no solo, atingindo a região das raízes, visto que seu principal mecanismo de transporte da solução do solo para as raízes é através da difusão (VEIGA, 2007).

Nos solos brasileiros o P tem se mostrado ser limitante para a produtividade florestal, e de acordo Furtini Neto et al. (2001), a produção das culturas é limitada pelo nutriente em menor disponibilidade no solo, mesmo que todos os outros estejam disponíveis em quantidades adequadas. Desta forma, considerando os baixos teores de P no solo, a ausência de aplicação deste e dos outros nutrientes essenciais pode ter contribuído para os resultados encontrados. Corroborando com esta hipótese, Barros et al. (1984), constataram que a aplicação do P em seu estudo condicionou as respostas ao N e K para *Eucalyptus saligna*. Moro et al. (2014), encontraram maior eficiência da adubação para *Pinus* sp. com o uso combinado de N, P e K.

Entre as técnicas que permitem auxiliar o acompanhamento de respostas da adubação encontra-se a diagnose foliar. Esta técnica permite quantificar o teor de nutrientes presentes nas folhas possibilitando verificar se os mesmos estão de acordo com os níveis críticos indicados para a espécie. Faquin (2002) define nível crítico como teor do nutriente na folha abaixo do qual o crescimento da planta é reduzido, desta forma ao comparar os resultados da análise foliar realizada (Tabela 3) com o nível crítico apontado para a espécie de *Pinus* pelo mesmo autor, foi constatado que todos os macros e micronutrientes estão abaixo da faixa ideal recomendada (N:12-13g/kg; P:1,4-1,6 g/kg; K:10-11 g/kg; Ca: 3-5 g/kg; Mg: 1,5 – 2,0 g/kg; S: 1,4-1,6 g/kg; B:20-30 mg/kg; Cu: 5-8 mg/kg; Fe: 50-100 mg/kg; Mn: 200-300 mg/kg; Zn: 34-40 mg/kg).

Diante deste contexto, pode-se inferir que mesmo mediante a boa capacidade de gerenciamento dos recursos nutricionais em situações adversas que é atribuído a espécie, as condições de adubação proporcionadas neste estudo podem não ser as mais indicadas para permitir que mesma expresse seu máximo potencial produtivo. Segundo Brunet al. (2009), vários autores verificaram estreita interdependência entre os fatores de solo e as suas relações com o estado nutricional e produtividade do *Pinus*, mostrando que a produção da espécie pode vir a ser enfraquecida pelo inadequado manejo nutricional de suas florestas.

Tabela 3 - Teores de nutrientes de *Pinus caribaea* 360 dias após a adubação.

| Tratamentos | N | P | K | Ca | Mg | S | Mn | Zn | B | Cu | Fe |
|-------------|--------------------|------|------|-------|------|------|---------------------|-------|------|------|--------|
| | g kg ⁻¹ | | | | | | mg kg ⁻¹ | | | | |
| NOK0 | 10,82 | 0,56 | 4,96 | 10,55 | 2,39 | 1,41 | 75,85 | 18,14 | 6,38 | 0,49 | 165,80 |
| NOK1 | 9,78 | 0,51 | 5,65 | 10,11 | 2,18 | 1,49 | 39,59 | 18,24 | 5,81 | ND | 127,36 |
| NOK2 | 10,40 | 0,56 | 4,82 | 9,35 | 1,86 | 1,43 | 52,73 | 20,94 | 5,81 | ND | 130,43 |
| NOK3 | 11,44 | 0,57 | 6,10 | 11,54 | 2,08 | 1,47 | 75,59 | 31,28 | 6,10 | 1,44 | 122,48 |
| N1K0 | 11,86 | 0,57 | 4,63 | 12,49 | 2,50 | 1,44 | 61,59 | 20,22 | 7,24 | 1,01 | 149,11 |
| N1K1 | 10,40 | 0,55 | 5,60 | 10,50 | 2,33 | 1,42 | 90,66 | 21,22 | 7,81 | 0,37 | 120,20 |
| N1K2 | 11,65 | 0,57 | 5,85 | 12,52 | 2,27 | 1,39 | 134,09 | 23,67 | 6,81 | ND | 122,21 |
| N1K3 | 11,65 | 0,59 | 5,65 | 11,58 | 2,40 | 1,52 | 113,88 | 22,3 | 6,52 | 0,58 | 124,96 |

Fonte: Do autor (2019).

N0= 0g de $((NH_4)_2SO_4)$; N1= 40 g de $((NH_4)_2SO_4)$.

De forma geral, nota-se que trabalhos voltados para as demandas nutricionais de *Pinus* tropicais no Brasil são raros (REISSMANN e WISNIEWSKY, 2005), deixando uma lacuna a ser preenchida por novos estudos com o objetivo de definir as doses ideais de nutrientes que resultem no alcance de máxima eficiência da adubação sob estas espécies. Tais definições são de extrema importância para garantir o aumento da capacidade produtiva da espécie a longo prazo, e definição do manejo adequado do solo para tal finalidade.

4 CONCLUSÕES

As plantas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* não responderam a aplicação de nitrogênio.

A adubação potássica de 63 g de cloreto de potássio por planta proporcionou melhores médias de altura e diâmetro para *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

O nível crítico de nutrientes nas acículas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* nas condições deste estudo não foi atingido com a aplicação de doses de N e K empregadas.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.de M.; SPAROVEK.G. Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- 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. de. SILVA, O. M.; PEREIRA, A.R.; BRAGA, J.M.; LUDWIG, A. Análise do crescimento de *Eucalyptus saligna* em solo de cerrado sob diferentes níveis de N. P. e K. no Vale do Jequitinhonha, MG. **IPEF** n.26, p.13-17,1984.
- BATISTA, A.H. **Influência da calagem e adubação na acidez do solo e ciclagem de K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ em plantios de *Pinus taeda* L. no pólo florestal de Jaguariaíva – PR**. 40f. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.
- BRUN, E.J.; BRUN, F.G.K.; MEYER, E.A.; SCHUMACHER, M.V. & TRÜBY, P. Variação da acidez do solo sob plantios de *Pinus elliottii* Engel em de diferentes idades, na região central do Rio Grande do Sul. *Synergismus scyentifica UTFPR*, v. 4, p.25-27, 2009.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Rio de Janeiro, 2013. 353p.
- Faquin, V. **Diagnose do estado nutricional das plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002.
- 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.
- GARICOITS, L. S. **Estado nutricional e fatores do solo limitantes do crescimento de *Pinus taeda* L. em Telêmaco Borba**. 1990. 128 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1990.
- GONÇALVES, J.L. de M. **Recomendações de Adubação para Eucalyptus, Pinus e Espécies Típicas da Mata Atlântica**. Documentos florestais. Piracicaba (15): 1–23, 1995.
- IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório IBA 2017**. Disponível em <http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf>.
- JESUS, G.L. de; BARROS, N.F. de; SILVA, I. R. da; NEVES, J.C.L.; HENRIQUE, E.P.; LIMA, V.C.; FERNANDEZ, L.V.; SOARES, E.M.B. Doses e Fontes de Nitrogênio na Produtividade do Eucalipto e nas Frações da Matéria Orgânica em Solo da Região do Cerrado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 36:201-214, 2012.

- KOHLER, S.V.; KOHELER, H.S.; FILHO A.F.; ARCE, J.E.; MACHADO, S. do A. Evolução do sortimento em povoamentos de *Pinus taeda* nos estados do Paraná e Santa Catarina. **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 45, n. 3, p. 545-554, 2015.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 2012. 889 p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. New York: Academic Press, 1995. 874p.
- MELGAR, R.; CAMOZZI, M.E.; FIGUEROA, M.M. **Guia de fertilizantes, enmiendas y productos nutricionales**. Buenos Aires: Instituto Nacional de tecnologia agropecuária, 1999. cap.1, p. 13-25: Nitrogenados.
- MORO, L.; GATIBONI, L. C.; SIMONETE, M.A.; CASSOL, P. C.; CHAVES, D.M. Resposta de *Pinus taeda* com diferentes idades à adubação NPK no planalto sul catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 38, p.1181-1189, 2014.
- MOTTA, A. C. V. et al. Nutrição e adubação da cultura de Pinus. In: PRADO, R. M. et al. (Org.). Nutrição e adubação de espécies florestais e palmeiras. Jaboticabal: FUNEP, v. 15, p. 383-426, 2014.
- MYERS, S. W. et al. Effect of soil potassium availability on soybean aphid (Hemiptera: Aphididae) population dynamics and soybean yield. **Journal of economic entomology**, Califórnia, v. 98, n. 1, p. 113-120, 2005.
- PAIVA, H.N. de. et al. **Cultivo de Eucalipto em propriedades rurais**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001. 138p.
- R Core Team (2015)**. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- REISSMANN, C.B. & WISNIEWSKI, C. **Aspectos nutricionais de plantios de Pinus**. In: GONÇALVES, J.L.M. & BENEDETTI, V., eds. Nutrição e fertilização florestal. 2.ed. Piracicaba, IPEF, 2005. p.135-166.
- REISSMANN, C.B.; ZOTTL, H.W. **Problemas nutricionais em povoamentos de Pinus taeda em áreas de arenito da formação Rio Bonito – Gruo Guatá**. Revista do setor de Ciências Agrárias, v.9, p.75-80, 1987.
- SILVA, J. M. da; AGUIAR, A.V. de. MORI, E.S.; MORAES L.T. de. Divergência genética entre progênies de *Pinus caribaea* var. *caribaea* com base em caracteres quantitativos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 32, n. 69, p. 69-77, 2012.
- SOUZA, C.A.S.; FRANCO, C.A.; TUCCI, A.F.; SILVA, J.F.da; RIBEIRO, W.O. Exigências nutricionais e crescimento de plantas de mogno (*Swietenia macrophylla* King.). **Acta Amazônica**. IMPA, v. 40, n. 3, p. 515 – 522, 2010.
- SOUZA, N.H.de. MARCHETTI, M.E.; CARNEVALI, T. de O.; RAMOS, D.D.; SCALON, S. de P.; SILVA, E. F. da. Estudo nutricional da canafístula (I): crescimento e qualidade de

mudas em resposta à adubação com nitrogênio e fósforo. **Revista Árvore**, v. 37, n.4, Viçosa, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4. ed. Porto alegre: Artmed, 2012. 720 p.

VEIGA, A. D. **Influência do potássio e da calagem na produtividade, na composição química e na qualidade de sementes de soja**. Lavras, 83p, 2007.

VOGEL, H.L.M.; SCHUMACHER, M.V.; STORCK, F.; WITSCHORECK, R. Crescimento inicial de *Pinus taeda* relacionado a doses de N, P, K. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 2, 2005.

WANG, H.; MALCOLM, D.C.; FLETCHER, A.M. *Pinus caribaea* in China: introduction, genetic resources and future prospects. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.117, p.1-15, 1999.

CAPÍTULO 3 DESENVOLVIMENTO INICIAL DE *Acrocarpus fraxinifolius* EM FUNÇÃO DO TIPO DE PREPARO DE SOLO E FERTILIZAÇÃO MINERAL FOSFATADA

RESUMO

Acrocarpus fraxinifolius, é uma espécie que tem chamado atenção dos pesquisadores devido à diversidade de utilizações na indústria madeireira, rápido crescimento, potencial para composição de sistemas agrossilvipastoris e recuperação de áreas degradadas. Mediante ao grande potencial de exploração atribuído à espécie, e da escassez de informações na literatura a respeito da fertilização de seus povoamentos, objetivou-se avaliar o efeito do tipo de preparo de solo e de diferentes doses de fósforo sobre o crescimento inicial de *Acrocarpus fraxinifolius*. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados completos em esquema fatorial 2 x 5, compostos por dois tipos de preparo de solo (cultivo mínimo e preparo convencional) e cinco doses de P (0, 50, 100, 150 e 200 g de superfosfato simples) com quatro repetições, e parcelas formadas por duas plantas. Aos 30 e 210 dias após o plantio foram mensuradas as variáveis altura e diâmetro à altura do coleto. Aos 30 dias as plantas locadas na área de cultivo mínimo apresentaram médias de altura e diâmetro superiores, porém aos 210 dias após o plantio, a adubação com 107 g de superfosfato simples por planta, quando realizada em conjunto com o preparo de solo convencional e correção da acidez, resultou em plantas de *Acrocarpus fraxinifolius* com maior crescimento.

Palavras-chave: Cedro indiano. Adubação. Nutrição florestal.

ABSTRACT

Acrocarpus fraxinifolius is a species that has attracted attention from researchers due to the diversity of uses in the timber industry, rapid growth, potential for the composition of agroforestry systems and recovery of degraded areas. Due to the great exploitation potential attributed to the species and the scarcity of information in the literature regarding the fertilization of its stands, the objective was to evaluate the effect of different doses of phosphorus and the type of soil preparation under the initial growth of *Acrocarpus fraxinifolius*. The experimental design was a randomized complete block in a 2 x 5 factorial scheme, composed of two types of soil preparation (minimum tillage and conventional tillage) and five P doses (0, 50, 100, 150 and 200 g of superphosphate simple) with four replications, and plots formed by two plants. At 30 and 210 days after planting were measured the height and diameter variables at the height of the collection. At 30 days, the plants located in the minimum growing area had mean height and diameter higher, but at 210 days after planting, fertilization with 107 g of simple superphosphate per plant when carried out in conjunction with the conventional soil preparation and correction of the soil's pH, resulted in better performance of *Acrocarpus fraxinifolius* plants.

Keywords: Indian cedro. Fertilization. Forest nutrition.

1 INTRODUÇÃO

O consumo crescente de produtos derivados da madeira resulta em uma busca constante por novas técnicas silviculturais e pela introdução de espécies florestais que apresentem potencial para suprir esta demanda. *Acrocarpus fraxinifolius* é uma espécie que tem chamado atenção dos pesquisadores devido à diversidade de utilizações na indústria madeireira, rápido crescimento, potencial para composição de sistemas agrossilvipastoris e recuperação de áreas degradadas (ERAUSQUIM, 2012).

Por possuir uma madeira de fácil processamento e colagem, resulta em superfícies com bom acabamento superficial (HONORATO et al. 2005), além de ser utilizada com o objetivo de aumentar o conteúdo de matéria orgânica do solo quando consorciada com culturas intercaladas como milho, feijão e pimenta. Pertencente à família Fabaceae e subfamília Caesalpinioideae, é popularmente conhecida por cedro indiano, guijarra, lazcar ou mundane (MARTÍNEZ et al. 2006).

Os plantios florestais no Brasil, de forma geral, estão alocados em solos de baixa fertilidade natural (BELLOTE 2008), assim a adubação se faz necessária devido ao fato que nem sempre o solo é capaz de fornecer todos os nutrientes que as plantas demandam (GONÇALVES 1995). Desta forma, a disponibilidade de nutrientes no solo é um dos fatores que exerce grande influência na produtividade dos reflorestamentos com espécies de crescimento rápido (BARROS e COMENFORD, 2002), uma vez que estes são necessários em muitos processos fisiológicos das plantas, controlando seu crescimento e desenvolvimento (GONÇALVES e BENEDETTI, 2000).

Os solos brasileiros são carentes de fósforo (P), em consequência do material de origem e da forte interação do P com os coloides do solo, visto que menos de 0,1% deste elemento encontra-se na solução do solo (CORRÊA, 2004). A deficiência de fósforo nas plantas pode causar redução no processo de respiração e da fotossíntese, podendo atrasar ou paralisar o crescimento das células, e assim desencadear redução na produção de matéria seca, declínio na produção de sementes, estrutura da planta, atraso da brotação, emergência das folhas e no desenvolvimento de raízes secundárias (GRANT et al. 2001).

Tratando-se de culturas florestais, respostas positivas à adição de doses de fósforo são relatadas na literatura para espécies como *Pinus taeda* (VOGEL et al. 2005); *Swietenia macrophylla* (SANTOS et al. 2008); *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus benthamii* (STAHL et al. 2013); *Cassia grandis* (FREITAS et al. 2017). Entretanto, a eficiência em suprir, absorver, transportar e utilizar os nutrientes pode sofrer variações de acordo com o genótipo das espécies (FAGERIA e BALIGAR, 1997).

O preparo de solo também tem sido apontado como fator que pode influenciar o crescimento inicial, a uniformidade e a produtividade dos povoamentos florestais (FERNANDES e SOUZA, 2010), uma vez que as técnicas de preparo, visam maximizar o crescimento do sistema radicular, por meio do revolvimento mais ou menos localizado do solo, facilitando a absorção de água e de nutrientes, eliminando também plantas indesejáveis próximas das mudas (GATTO, et al. 2003).

Mediante ao grande potencial de exploração atribuído à espécie, e da escassez de informações na literatura a respeito da fertilização e das técnicas de preparo de solo mais indicadas para possibilitar a expressão do máximo potencial produtivo de povoamentos, objetivou-se avaliar o efeito do tipo de preparo de solo e de diferentes doses de fósforo sobre o crescimento inicial de *Acrocarpus fraxinifolius*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no período de maio a dezembro de 2018, situado na latitude 21°13'47.615"S e longitude 44°59'9.899"W, localizado na região sul de Minas Gerais.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen é do tipo Cwb, tropical de altitude com verões suaves, temperatura média anual de 19,6°C, precipitação média anual de 1511 mm, umidade relativa média anual de 76,2% e a evaporação total anual de 901,1 mm (ALVARES et al. 2013). A área experimental está inserida no bioma Cerrado, em Cambissolo Háptico Distrófico (EMBRAPA, 2013), e na Tabela 1 encontram-se descritos os principais resultados da análise química do solo, anterior ao preparo do solo.

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

| pH | Mo | K | P | Ca | Mg | Al | H+Al | V | Zn | Fe | Mn | Cu | B | S |
|-----|--------|---------------------|-----|-----|-----------------------|------|------|------|-----|-------|---------------------|------|------|------|
| | dag/kg | mg.dm ⁻³ | | | cmol.dm ⁻³ | | | % | | | mg.dm ⁻³ | | | |
| 6,2 | 1,19 | 45,3 | 1,6 | 1,3 | 0,62 | 0,11 | 2,32 | 46,7 | 0,5 | 156,7 | 12,5 | 0,96 | 0,04 | 26,3 |

Fonte: Do autor (2018).

*MO: matéria orgânica; V: índice de saturação por base.

O preparo de solo para instalação do experimento foi dividido em: 1) preparo convencional, onde foi realizada a aplicação superficial de calcário, seguida de aração, gradagem, incorporação de calcário e marcação do sulco e 2) preparo mínimo, onde realizou-se apenas a aplicação superficial de calcário, seguida do sulcamento, considerando uma profundidade de 20 cm.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados completos em esquema fatorial 2 x 5, compostos por dois tipos de preparo de solo (cultivo mínimo e preparo convencional) e cinco doses de P (0, 50, 100, 150 e 200 g por cova), com quatro repetições, e

parcelas formadas por duas plantas. As doses de P utilizadas foram calculadas com base nos teores de P expressos na análise do solo (Tabela 1) e fundamentadas na proposta de Barros e Novais (1999) para eucalipto. Como fonte de P utilizou-se superfosfato simples (18% de P_2O_5).

Antes do plantio, realizou-se o controle de formigas e plantas daninhas na área. No plantio, realizado em maio de 2018, foram utilizadas mudas de cedro indiano com aproximadamente três meses de idade, as quais foram tratadas com solução cupincida e monoamônio-fosfato antes do plantio.

O arranjo utilizado foi de 6 x 1,5 m e o adubo fosfatado foi incorporado ao solo em covetas laterais, após o plantio. Aos 180 dias do plantio, foi realizada uma adubação de cobertura com 60 g de NPK, formulação 10:00:20. Aos 30 e 210 dias após o plantio foram mensuradas as variáveis altura e diâmetro à altura do coleto.

Os dados obtidos foram submetidos aos testes de normalidade de Shapiro Wilke. Posteriormente a análise de variância com 5% de probabilidade do erro, quando detectada diferença, realizou-se teste Tukey e análise de regressão, por meio do *software* SISVAR.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base na avaliação do diâmetro à altura do coleto e altura das plantas, tanto aos 30, quanto aos 210 dias após a adubação, foi constatado efeito significativo para o tipo de preparo de solo empregado (Tabela 2).

Tabela 2 - Resumo da análise de variância para altura e diâmetro à altura do coleto aos 30 e 210 dias após o plantio.

| FV ¹ | GL ² | Quadrado médio | | | |
|-------------------|-----------------|----------------------------|-----------|-------------------------|----------|
| | | Altura da parte aérea (cm) | | Diâmetro do coleto (mm) | |
| | | 30 dias | 210 dias | 30 dias | 210 dias |
| Bloco | 3 | 1,88 | 158,97 | 0,10 | 10,30 |
| Fósforo (P) | 4 | 12,14 | 810,32 | 0,19 | 17,39 |
| Solo | 1 | 336,69 * | 19891,6 * | 5,48* | 770,09* |
| P * Solo | 4 | 15,53 | 1045,36* | 0,25 | 23,39* |
| Erro | 27 | 5,36 | 383,79 | 0,23 | 12,76 |
| Média | - | 21,86 | 68,10 | 3,24 | 12,23 |
| CV ³ % | - | 10,59 | 28,77 | 14,91 | 29,22 |

Fonte: Do autor (2019).

¹Fonte de variação; ²Graus de liberdade; ³Coefficiente de variação para altura; *Significativo pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Ao observar a Tabela 2, nota-se que aos 30 dias após o plantio, não foi constatado nenhum efeito da aplicação de fósforo, enquanto, aos 210 dias a interação entre a aplicação de fósforo e o preparo de solo foi significativa.

Com relação aos valores encontrados aos 30 dias após o plantio, o cultivo mínimo resultou em plantas com médias de altura e diâmetro superiores aos encontrados nas mudas plantadas no solo que foi preparado de forma convencional (Tabela 3). Estudos desenvolvidos por Pinheiro et al. (2009) e Silva et al. (2011), concluíram que o cultivo mínimo resultou em maiores taxas de infiltração e menores índices de perdas de água no solo, quando comparado a outros tipos de preparo de solo que envolvem maior revolvimento e alterações na estrutura do solo.

Tabela 3 - Médias de altura e diâmetro à altura do coleto de mudas de *Acrocarpus fraxinifolius*, aos 30 e 210 dias após o plantio, em função do tipo de preparo de solo.

| Preparo de solo | Dias após a adubação | | | |
|-----------------|----------------------------|----------|----------------------------------|----------|
| | Altura da parte aérea (cm) | | Diâmetro à altura do coleto (mm) | |
| | 30 dias | 210 dias | 30 dias | 210 dias |
| Convencional | 18,96 b | 90,4 a | 2,87 b | 16,61 a |
| Mínimo | 24,76 a | 45,8 b | 3,61 a | 7,84 b |

Fonte: Do autor (2019).

* Médias seguidas por mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste, a 5% de probabilidade de erro.

Desta forma, o resultado encontrado pode estar associado a este tipo de preparo ter proporcionado melhores condições de unidade para as plantas no período inicial de avaliação, uma vez que o manejo do solo é apontado como uma das práticas que afeta a capacidade de infiltração de água no solo e, por consequência, a disponibilidade de nutrientes e satisfação da demanda hídrica para as plantas (MACIEL NETTO et al. 2000).

Aos 210 dias após o plantio os resultados foram diferentes da avaliação inicial, tendo as plantas da área com preparo convencional apresentado desempenho superior. Belotte e Dedeczek (2006), descrevem que a descompactação do solo é umas das práticas silviculturais que geram aumentos de produtividade, visto que solos com baixa resistência à penetração e grande quantidade de poros são mais adequados para o estabelecimento e desenvolvimento das espécies florestais (CLEMENTE et al. 2005).

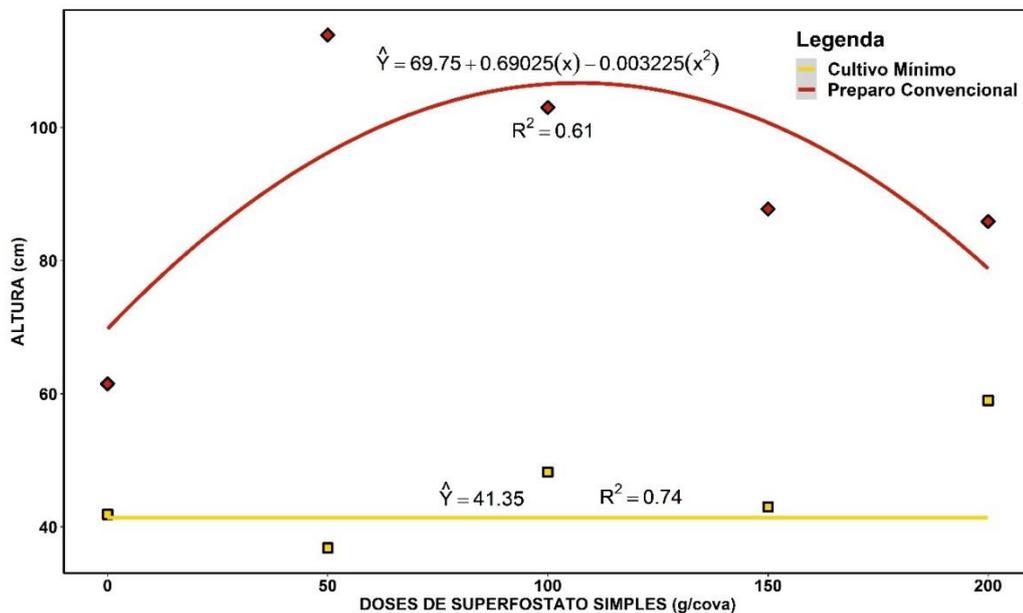
Assim, aos 210 dias, mediante o desenvolvimento das plantas, expansão da capacidade de exploração de maiores volumes e profundidades de solo pelas raízes e ocorrência de chuvas, a área submetida às práticas de aração, gradagem e incorporação do calcário, possivelmente, proporcionou às plantas melhores condições para esta exploração, o que resultou no maior desempenho das mudas. Resultados similares foram encontrados por Prevedello et al. (2013),

ao constatarem que o crescimento de *Eucalyptus grandis* foi superior em áreas onde foi realizado o revolvimento do solo como método de preparo de solo.

Na segunda avaliação também foi constatado que a aplicação do fósforo só foi significativa quando combinada com o preparo convencional (FIGURAS 1 e 2), fator que possivelmente está relacionado à prática de incorporação do calcário realizada, e consequente correção do pH do solo. De acordo com Albuquerque et al. (2003), a aplicação de calcário aumenta as cargas negativas no solo, aumentando assim a disponibilidade e eficiência de utilização de nutrientes como o fósforo. Em consonância com estes resultados, Dias et al. (2015) relatam que a prática da calagem associada à aplicação de fosfato resultou no melhor desempenho de mudas de *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus benthamii*.

Desta forma, a adubação com a dose de aproximadamente 107 g/planta de superfosfato simples por cova resultou nas melhores médias de altura (106,68 cm) e diâmetro à altura do coleto (19,21 mm), em mudas de *Acrocarpus fraxinifolius*, quando em solo corrigido.

Figura 1 – Altura de mudas de *Acrocarpus fraxinifolius*, aos 210 dias após o plantio, em função do tipo de preparo de solo e das doses de superfosfato simples.

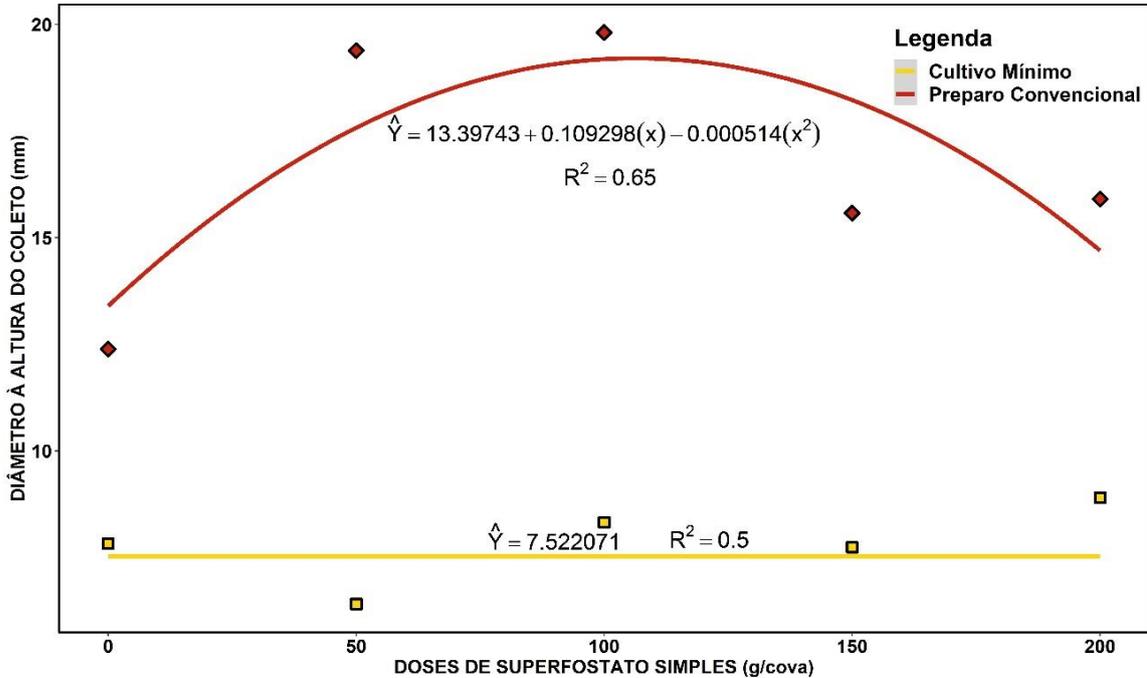


Fonte: Do autor (2019).

Embora as plantas apresentem elevada exigência de fósforo nas fases iniciais de desenvolvimento, o que justifica sua aplicação no momento de implantação da cultura (GRANT et al. 2001), para algumas espécies florestais seu efeito tem sido verificado apenas a partir do primeiro ano após o plantio (VASCONCELOS 2016). Tal fato sinaliza a importância de

continuar avaliando as plantas de *Acrocarpus fraxinifolius* e, conseqüentemente, o efeito do fósforo sobre o desenvolvimento das mudas por um período maior.

Figura 2 – Diâmetro à altura do coleto de mudas de *Acrocarpus fraxinifolius*, aos 210 dias após o plantio, em função do tipo de preparo de solo e das doses de superfosfato simples.



Fonte: Do autor (2019).

De forma geral, os resultados encontrados neste estudo podem ser utilizados como referência para futuros trabalhos, uma vez que na literatura se encontram poucas informações a respeito da espécie, o que deixa uma lacuna a ser preenchida por futuros estudos que possam contribuir para a definição da recomendação de fertilização ideal a fim de maximizar a produtividade de povoamentos da espécie.

4 CONCLUSÕES

Aos 210 dias após o plantio, a adubação com 107 g de superfosfato simples por cova, quando realizada em conjunto com o preparo de solo convencional, resultou em plantas de *Acrocarpus fraxinifolius* com maior desenvolvimento.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C.; ERNANI, P.R.; MAFRA, A.L. FONTANA, E.C. Aplicação de calcário e fósforo e estabilidade da estrutura de um solo ácido. **Revista Brasileira Ciência do Solo**.v. 27, p.799-806, 2003.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVEZ, J.L.de M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- BARROS, de N.F.; NOVAIS, de R.F. **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª Aproximação. Capítulo: Eucalipto. Comissão de Fertilidade do Solo do estado de Minas Gerais, Viçosa, 1999.
- BARROS, N. F.; COMERFORD, N. B. Sustentabilidade da produção de florestas plantadas na região tropical. In: ALVAREZ V. V. H et al. (Eds.) **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: SBCS, 2002, p. 487-592.
- BELLOTE, A. F. J.; DEDECECK, R. A. Atributos físicos equímicos do solo e suas relações com o crescimento e a produtividade de *Pinus taeda*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 53, p. 21 – 38, 2006.
- CLEMENTE, E. P. et al. Soil compaction around *Eucalyptus grandis* roots: a micromorphological study. **Australian Journal of Soil Research**.v. 43, n. 2, p.139-146, 2005.
- CORRÊA, J.; MAUAD, M.; ROSOLEM, C.A. Fósforo no solo e desenvolvimento de soja influenciados pela adubação fosfatada e cobertura vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.12, p.1231-1237, 2004.
- DIAS, L.P.R.; GATIBONI, L.C.; BRUNETTO, G. SIMONETE, B.B. Eficiência relativa de fosfatos naturais na adubação de plantio de mudas de *Eucalyptusdunnii*Maiden e *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage em solo sem e com calagem. **Ciência Florestal**. Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 37-48, 2015
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Rio de Janeiro, 2013. 353p.
- ERAUSQUIM, O. G. **El Cedro Rosado de la India**. Disponível em: <<http://paulowniasperuanas.lacoctelera.net/post/2006/03/19/el-cedro-rosado-la-india>>. Acesso em: 3 dezembro de 2018.
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Response of common bean, upland rice, corn, wheat, and soybean to soil fertility of an Oxisol. **Journal of Plant Nutrition**, v. 20, n. 10, p. 1279-1289, 1997.
- FERNANDES, H.C.; SOUZA, A.P. Compactação de solos florestais: uma questão para estudos. **Revista Árvore**, v.25, n.3, p.387-392, 2001.

FREITAS, E.C.S.de; PAIVA, H.N. de; LEITE, H.G.; NETO OLIVEIRA, S.N.de. Crescimento e qualidade de mudas de *Cassia grandis* Linnaeus em resposta a adubação fosfatada e calagem. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 509-519, 2017.

GATTO, A.; BARROS N.F. de; NOVAIS, R.F. de; COSTA, L.M. da; NEVES, J.C.L. Efeito do método de preparo de solo, em área de reforma, nas suas características, na composição mineral e na produtividade de plantações de *Eucalyptus grandis*. **Árvore**, Viçosa-MG, v.27, n.5, p.635-646, 2003

GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Ed.) **Nutrição e Fertilização Florestal**. Piracicaba: IPEF/ESALQ - USP. 2000. 427 p.

GONÇALVES, J.L. de M. **Recomendações de Adubação para Eucalyptus, Pinus e Espécies Típicas da Mata Atlântica**. Documentos florestais. Piracicaba (15): 1–23, 1995.

GRANT, C.A.; FLATEN, D.N.; TOMASIEWICZ, D.J.; SHEPPARD, S.C. **A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta**. POTAFOS, Piracicaba, 2001, 16 p. Informações Agrônomicas.

HONORATO SJA, Parraguire LJFC, Quintanar OJ, Rodriguez, CHM. **Cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*) una opción agroforestal para lasierra Norte del estado de Puebla**. INIFAP; 2005. Folleto Técnico, v. 1, 41 p.

MACIEL NETO, A.; ANTONINO, A.C.; AUDRY, P.; CARNEIRO, C.J.G.; DALL OLIO, A. Condutividade hidráulica não saturada de um podzólico amarelo da zona da mata norte de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.6, p.1221-1228, 2000.

MARTÍNEZ, P. E.; GARCÍA, J. M. M.; SÁNCHEZ, M. de la L. H.; PÉREZ, G. O. Pink Cedar (*Acrocarpus fraxinifolius* Wight) intercropping system and its effect on soil organic matter content. **Revista UDO Agrícola**, v.6, p. 109-113, 2006.

PINHEIRO, A.; POETA, T.L.; KAUFMANN, V. Capacidade de infiltração de água em solos sob diferentes usos e práticas de manejo agrícola. Ambiente e água- **Na Interdisciplina ry Journal of Applied Science**. v.4, n.2, p. 188-199, 2008.

PREVEDELLO, J.; KAISER, D.R.; REINERT, D.J.; VOGELMANN, E.S.; FONTANELA, E.; REICHERT, J.J. Manejo do solo e crescimento inicial de *Eucalyptusgrandis* Hill ex Maiden em argissolo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 1, p. 129-138, 2013.

SILVA, M.A. da. SILVA, M.L.N.; CURI, N. AVANZI, J.C.; LEITE, F.P. Sistemas de manejo em plantios florestais de eucalipto e perdas de solo e água na região do Vale do Rio Doce, MG. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 4, p. 765-776, 2011

STAHL, J.; ERNANI, P.R.; GATIBONI, L. C.; CHAVES, D.M.; NEVES, C.U. Produção de massa seca e eficiência nutricional de clones de *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus benthamii* em função da adição de doses de fósforo ao solo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.23, n.2, p.287-295, 2013.

VASCONCELOS, R.T.de; VALERI, S.V.; CRUZ, M.C.P. da. BARBOSA, J.C.; BARRETO, V.C. de M. Fertilização fosfatada na implantação de *Khaya senegalensis* A. Juss. **Scientia Forestalis**, v. 45, n. 116 p.641-651, 2017

VOGEL, H.L.M.; SCHUMACHER, M.V.; STORCK, F.; WITSCHORECK, R. Crescimento inicial de *Pinus taeda* relacionado a doses de N, P, K. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 2, p.199-206, 2005.