

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO
CURSO DE AGRONOMIA

ALESSANDRO TARGINO IBIAPINA DE SOUSA

**CRESCIMENTO INICIAL DE TRÊS ESPÉCIES DA CAATINGA SOB DIFERENTES
DOSES DE FÓSFORO**

FORTALEZA

2016

ALESSANDRO TARGINO IBIAPINA DE SOUSA

CRESCIMENTO INICIAL DE TRÊS ESPÉCIES DA CAATINGA SOB DIFERENTES
DOSES DE FÓSFORO

Monografia apresentada ao Curso de
Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da
Universidade Federal do Ceará, como requisito
parcial para obtenção do título de Engenheiro
Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Ismail Soares

FORTALEZA

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

-
- S696c Sousa, Alessandro Targino Ibiapina.
 Crescimento inicial de três espécies da caatinga sob diferentes doses de fósforo / Alessandro
Targino Ibiapina Sousa. 2016.
 42 f. : il.
- Monografia (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias,
Departamento de Ciências do Solo, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2016.
 Orientação: Prof. Dr. Ismail Soares.
1. Caatinga. 2. Adubação fosfatada. 3. Produção de mudas. I. Título.

ALESSANDRO TARGINO IBIAPINA DE SOUSA

CRESCIMENTO INICIAL DE TRÊS ESPÉCIES DA CAATINGA SOB DIFERENTES
DOSES DE FÓSFORO

Monografia apresentada ao Curso de
Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da
Universidade Federal do Ceará, como requisito
parcial para obtenção do título de Engenheiro
Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Ismail Soares

Aprovada em 03/02/2016

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ismail Soares

Prof. Dr. Antônio Marcos Esmeraldo Bezerra

Prof. Dr. Lamartine Soares Cardoso de Oliveira

DEDICO

A minha mãe por todo o seu amor e carinho, por todas as orações a mim direcionadas.

A mim mesmo por toda dedicação e fibra, por nunca desistir das dificuldades.

Aos meus colegas de curso que sempre estiveram ao meu lado, nesses anos para fazer a graduação em Agronomia.

A mulher (Kelly Santos) que amo, se deus quiser vai ser minha esposa.

Aos meus poucos amigos (Raul, Yuri, Luciana, Júnior, Lúcia, Gabriel, Ellen, Carlos, Scheila, Erica), que ficam na hora de uma graduação.

Obrigado!

“Levo a minha vida 1 Km de cada vez, nada mais importa, durante aqueles 10 segundos ou menos eu sou livre!”

(Dom Toretto).

AGRADECIMENTOS

À Deus pela dádiva da vida e por ter me dado forças nos momentos mais difíceis, fazendo com que eu vencesse todos os obstáculos durante essa caminhada e desta forma me permitindo alcançar a vitória.

A minha mãe que sempre esteve do meu lado, me apoiando e impulsionando para a concretização da minha formação.

Ao meu orientador, professor Dr. Ismail Soares, pela orientação, paciência, disponibilidade e valiosos ensinamentos, sem o qual a realização deste trabalho não seria possível, meus eternos agradecimentos.

A todos os professores que tive a oportunidade de conhecer ao longo do curso, por serem mediadores da produção do meu conhecimento.

Aos colegas que me ajudaram durante a realização do experimento: Cristiano Severino e todo time NEPAU (Núcleo de Ensino e Pesquisa em Agricultura Urbana). E a minha colega Danielle Varelo pela orientação nas análises químicas.

Ao DIVA (Departamento de Integração de Valorização da Agronomia).

Aos colegas de graduação (Raphael Jatahy, Ismael Coelho, José Martins, Rafael Fernandes, André Lemos, Junior Souza e especialmente aos Formandos 2015.2), Centro Acadêmico Dias da Rocha e FEAB, pela amizade, momentos de descontração e convivência.

A banca examinadora pelas sugestões de correção que irão enriquecer meu trabalho.

E todos aqueles que de forma direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Meus eternos agradecimentos

RESUMO

O fósforo encontra-se em baixo teor nos solos tropicais, afetando o crescimento e a produção das espécies florestais nativas. Assim, os objetivos deste trabalho foram avaliar o efeito de doses de fósforo no crescimento inicial e nutrição de fósforo de três espécies florestais: *Piptadenia stipulacea* (jurema branca), *Libidibia ferrea* (jucá) e *Erythrina velutina* (mulungu). Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação, localizado no Núcleo de Ensino e Pesquisa em Agricultura Urbana (NEPAU), do Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, no campus do Pici. O substrato utilizado foi solo do tipo Argissolo Amarelo coletado na camada superficial (0-20 cm). Foram utilizados sacos de polipropileno, com capacidade de 1,0 dm³ de solo. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com cinco doses de fósforo (100, 150, 200, 250 e 300mg dm⁻³) e cinco repetições, totalizando 25 parcelas, contendo seis plantas por unidade experimental. Sessenta dias após semeadura das espécies, mediu-se a altura das plantas, diâmetro do caule, número de folhas, massa seca da parte aérea e das raízes, determinou-se as relações altura/diâmetro do caule, massa seca parte aérea/raiz, índice de qualidade de Dickson, teor e acúmulo de fósforo na parte aérea e eficiência de utilização de fósforo. Os resultados indicam que o solo em estudo apresenta baixa capacidade de fixação de fósforo. Com base nas características de crescimento avaliadas, na fase de produção de mudas, o jucá tem baixo potencial de resposta à adubação fosfatada, em solo com baixa capacidade de fixação de fósforo, enquanto, jurema branca e mulungu apresentam moderado potencial, com doses de fósforo acima de 100 mg dm⁻³ de solo. O jucá apresenta baixo requerimento e alta eficiência de utilização de fósforo, podendo ser cultivada em solo com baixo teor desse nutriente. Jurema branca e mulungu apresentam consumo de luxo de fósforo e, conseqüentemente, menor eficiência de utilização desse nutriente.

Palavras chaves: *Piptadenia stipulacea*, *Libidibia ferrea*, *Erythrina velutina*, adubação fosfatada, produção de mudas.

ABSTRACT

Phosphorus is found in low content of tropical soils, affecting the growth and production of native species. The objectives of this study were to evaluate the effect of phosphorus levels on the initial growth and phosphorus nutrition of three forest species: *Piptadenia stipulacea* (white jurema), *Libidibia ferrea* (jucá) and *Erythrina velutina* (coral tree). The experiments were conducted in a greenhouse located at the Agricultural Research and Education Center in Urbana (NEPAU), Department of Plant Science of Agricultural Sciences Center of the Federal University of Ceará, in Pici campus. The substrate used was soil Argissolo Yellow kind collected in the surface layer (0-20 cm). Polypropylene bags are used, with a capacity of 1.0 dm⁻³ of soil. The experimental design was randomized blocks with five phosphorus doses (100, 150, 200, 250 and 300 mg dm⁻³) and five repetitions, totaling 25 installments, with six plants each. Sixty days after planting species, measured the plant height, stem diameter, number of leaves, dry weight of shoots and roots, it was determined the relationship height / stem diameter, dry matter shoot / root, quality index of Dickson, content and phosphorus accumulation in shoots and phosphorus use efficiency. The results indicate that the soil under study has a low phosphorous fixation capacity. Based on the growth characteristics evaluated in seedling production phase, the jucá has low potential response to fertilization on soil with low phosphorus fixation capacity while white jurema and coral tree have moderate potential, with phosphorus levels above 100 mg dm⁻³ of soil. The jucá has low requirement and high phosphorus use efficiency, and can be grown in soil with low content of that nutrient. jurema white coral tree and present phosphorus luxury consumption and hence lower efficiency of use of this nutrient.

Key words: *Piptadenia stipulacea*, *Libidibia ferrea*, *Erythrina velutina*, phosphate fertilizer, seedling production.

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1 -	Recuperação de fósforo do solo pelo extrator Mehlich-1, após cultivo das espécies florestais, jurema branca, jucá e mulungu.....	22
2 -	Altura das plantas de jurema branca, jucá e mulungu em função das doses de fósforo adicionadas no Argissolo Amarelo.....	24
3 -	Número de folhas nas plantas de jurema branca, jucá e mulungu em função das doses de fósforo adicionadas no Argissolo Amarelo.....	25
4 -	Diâmetro do caule das plantas de jurema branca, jucá e mulungu em função das doses de fósforo adicionadas no solo.....	26
5 -	Relação massa seca da parte aérea/raízes (RPAR) das plantas de jurema branca, jucá e mulungu em função das doses de fósforo adicionadas no Argissolo Amarelo.....	27
6 -	Relação altura/diâmetro do caule (RHD) das plantas de jurema branca, jucá e mulungu em função das doses de fósforo adicionadas no Argissolo Amarelo.....	27
7 -	Produção de massa seca da parte aérea (MSPA) das plantas de jurema branca, jucá e mulungu em função das doses de fósforo adicionadas no Argissolo Amarelo.....	29
8 -	Produção de massa seca total (MST) das plantas de jurema branca, jucá e mulungu em função das doses de fósforo adicionadas no Argissolo Amarelo.....	29
9 -	Massa seca das raízes das plantas de jurema branca, jucá e mulungu em função das doses de fósforo adicionadas no Argissolo Amarelo.....	30
10 -	Índice de Qualidade de Dickson (IQD) das plantas de jurema branca, jucá e mulungu em função das doses de fósforo adicionadas no Argissolo Amarelo.....	31
11 -	Teor de fósforo (P) na parte aérea das plantas de jurema branca, jucá e mulungu em função das doses de fósforo adicionadas no Argissolo Amarelo.....	33
12 -	Acumulação de fósforo (AP) na parte aérea das plantas de jurema branca, jucá e mulungu em função das doses de fósforo adicionadas no Argissolo Amarelo.....	33
13 -	Eficiência de utilização de fósforo (EUP) pelas plantas de jurema branca, jucá e mulungu em função das doses de fósforo adicionadas no Argissolo Amarelo.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1A -	<p>Quadrado médio da análise de variância de altura (H), número de folhas (NF), diâmetro do caule (D), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca das raízes (MSR), massa seca total (MST) relação massa seca de parte aérea (RPAR), relação altura e diâmetro do caule (RHD) e índice de qualidade de Dickson (IQD) da plantas de jurema branca em função de doses de fósforo aplicadas no Argissolo Amarelo.....</p>	41
2A -	<p>Quadrado médio da análise de variância de altura (H), número de folhas (NF), diâmetro do caule (D), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca das raízes (MSR), massa seca total (MST) relação massa seca de parte aérea (RPAR), relação altura e diâmetro do caule (RHD) e índice de qualidade de Dickson (IQD) da plantas de jucá em função de doses de fósforo aplicadas no Argissolo Amarelo.....</p>	41
3A	<p>Quadrado médio da análise de variância de altura (H), número de folhas (NF), diâmetro do caule (D), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca das raízes (MSR), massa seca total (MST) relação massa seca de parte aérea (RPAR), relação altura e diâmetro do caule (RHD) e índice de qualidade de Dickson (IQD) da plantas de mulungu em função de doses de fósforo aplicadas no Argissolo Amarelo.....</p>	42
4A	<p>Quadrado médio da análise de variância de teores de fósforo (P) e acumulação de fósforo (AP) na parte aérea da planta e, eficiência de utilização de fósforo (EUP) pelas plantas de jurema branca, jucá e mulungu em função de doses de fósforo aplicadas no Argissolo Amarelo.....</p>	42

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Caracterização das espécies estudadas.....	3
2.1.1. Jurema Branca - <i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth) Ducke.....	3
2.1.2. Jucá - <i>Libidibia ferrea</i> var. <i>ferrea</i> (Mart. ex Tul.) L. P. Queiroz.....	4
2.1.3. Mulungu - <i>Erythrina velutina</i> Willd.....	4
2.2. Dinâmica e disponibilidade de fósforo no solo.....	5
2.3. Importância do fósforo no crescimento de espécies florestais.....	7
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	10
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	13
4.1. Análise de fósforo no solo	13
4.2. Características de crescimento das plantas.....	14
4.3. Características nutricionais de fósforo nas plantas.....	23
5. CONCLUSÕES.....	27
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28

1 - INTRODUÇÃO

As espécies nativas têm sido muito utilizadas em programas de revegetação por se adaptarem melhor às condições edafoclimáticas e facilitarem o restabelecimento do equilíbrio ecológico. Porém, para a maioria dessas espécies, desconhecem-se as exigências nutricionais durante a fase de formação de mudas.

Dentre outros fatores de natureza silvicultural, a nutrição das mudas, via fertilização do substrato de crescimento, desponta como um dos principais responsáveis pela obtenção de mudas de melhor qualidade, sendo que, a qualidade das mudas de espécies florestais, é imprescindível para sua sobrevivência após o plantio no campo, bem como, para efetivação dos reflorestamentos.

Entre os nutrientes essenciais para as plantas, o fósforo é um dos mais limitantes ao seu crescimento em condições de solos tropicais, devido à característica de adsorção (fixação) de fósforo que estes apresentam. E a maioria dos solos destinados ao reflorestamento apresenta baixa disponibilidade de fósforo, além disso, para a produção de mudas é comum o uso de substratos compostos de solos advindos dessas mesmas áreas. Sendo assim, este nutriente torna-se restritivo à produção de mudas de boa qualidade, pois é um nutriente que se apresenta em baixos teores disponíveis no solo, necessitando de sua aplicação na produção de mudas.

Trabalhos de pesquisas têm procurado definir padrões adequados de fertilidade para produção de mudas de espécies florestais exóticas, como pínus e eucalipto. Entretanto, para as espécies florestais nativas, os estudos são escassos e insuficientes, devido ao grande número de espécies que existem nos diferentes biomas brasileiros, sendo necessárias mais investigações, particularmente quando são usados substratos pobres em nutrientes. Assim, pesquisas que visem avaliar o comportamento nutricional de espécies florestais nativas que possam apresentar bom desempenho na região e que possuam características interessantes a diversas finalidades de uso são de grande valia.

Nesta pesquisa, foram selecionadas três espécies florestais da caatinga *Piptadenia stipulacea* (jurema branca), *Libidibia ferrea* var. *ferrea* (jucá) e *Erythrina velutina* (mulungu), pertencente à família Fabaceae, por serem espécies arbóreas de grande importância econômica, devido aos seus múltiplos usos como: marcenaria, construção civil, produção de estacas, lenha, carvão e medicina caseira. Estas espécies estão sofrendo um processo de

exploração intensa, de forma predatória necessitando de maiores estudos para restauração das suas populações.

Considerando que as condições de ocorrência natural dessas espécies se caracterizam por solos baixos teores de nutrientes e que as espécies florestais nativas apresentam grande variabilidade quanto às suas exigências nutricionais, estudos sobre aplicação fósforo revestem-se de grande interesse prático.

Objetivou-se neste estudo avaliar as características do crescimento e nutrição de fósforo das mudas de jurema branca, jucá e mulungu à doses crescentes deste nutriente, como contribuição para o avanço do conhecimento sobre a nutrição dessas espécies florestais nativas, fornecendo subsídios para fertilização do solo na produção de mudas para programas de reflorestamento no ecossistema caatinga.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

2.1 - Caracterização das espécies estudadas

2.1.1 - Jurema Branca - *Piptadenia stipulacea* (Benth) Ducke

A jurema branca é uma planta da família Fabaceae e subfamília *Mimosaceae*, conhecida vulgarmente no Nordeste do Brasil como carcará, cassaco, jurema e rasga-beiço (ALBURQUERQUE e ANDRADE, 2002). É uma árvore pequena com cerca de 2 a 4 m de altura, com casca castanho-clara, com vigorosos acúleos. Possui folhas alternas, compostas, com 10 a 16 pares de pinas opostas, cada pina com 2 a 5,5 cm de comprimento e com 25 a 40 pares de folíolos verde-claros, foscos, oblongos, com 3 a 8 mm de comprimento. As flores em espigas possuem de 4 a 8 cm de comprimento de coloração alva, na extremidade dos ramos onde se encontram até três espigas por axila de folha. Seu fruto é uma vagem de coloração castanho-pálida, com 8 a 12 cm de comprimento, com superfície ondulada nas áreas onde ficam as sementes. Contém 2 a 12 sementes pequenas, ovais de cor marrom por vagem. É uma planta caducifólia e sua floração ocorre na estação chuvosa, mas pode também ser encontrada na estação seca, seguida pela frutificação que se estende até a estação seca (MAIA, 2004).

Planta que ocorre na caatinga, do Piauí até a Bahia, do tipo “arbórea densa” até a “arbustiva rala”. A jurema branca é uma planta pioneira que facilmente ocupa capoeiras e beiras de estrada, é tolerante a elevados níveis de perturbação da vegetação e é uma árvore com capacidade de fixar nitrogênio no solo através de simbiose com bactérias na sua raiz. É muito utilizada como alimento para ovinos, caprinos e bovinos, principalmente na estação seca, quando não há pastagem para sua alimentação (BEZERRA, 2008). Nativa da caatinga, sendo utilizada em marcenaria, construção civil, produção de estacas, lenha, carvão e medicina caseira como anti-inflamatório e cicatrizante, preparados com a casca do caule, em tratamentos de queimaduras e problemas de pele. A espécie possui potencial antimicrobiano, analgésico, regenerador de células, antitérmico e adstringente peitoral (MAIA, 2004).

2.1.2 - Jucá - *Libidibia ferrea* var. *ferrea* (Mart. ex Tul.) L. P. Queiroz

Pertencente à família *Fabaceae* e subfamília das *Caesalpinaceae*, tem como sinônimo *Caesalpinia ferrea* e é popularmente conhecida como “jucá” ou “pau-ferro”. É uma árvore com altura variando de 5 a 7 m (até 10 m), de casca cinza-escura, lisa, fina, que se renova anualmente, apresentando manchas irregulares, mais claras, resultantes da queda de placas, com raízes profundas (CAMPANHA e ARAÚJO, 2010). Folhas perenifólias, sempre verde, alternas, compostas de 2 a 4 pares de pinas, com uma pina terminal; cada pina com 4 a 6 pares de folíolos pequenos de 1 a 3 cm e renova suas folhas entre os meses de outubro a novembro. Flores amarelas, pequenas, em panículas no final do ramo. Fruto do tipo vagem de cor castanho, achatada, às vezes encurvada, com 6 a 8 cm de comprimento e 1,5 cm de largura, com sementes escuras e duras. A floração ocorre ao final da estação das chuvas, com a planta em vegetação plena (MAIA, 2004).

A planta de jucá tem grande longevidade, e cresce sob diferentes condições de solos, mas não ocorre em solos muito úmidos e encharcados. É encontrado do Estado do Ceará até a Bahia, nas caatingas arbóreo-arbustivas (CAMPANHA e ARAÚJO, 2010).

E é uma espécie de usos múltiplos (MAIA, 2004; CAMPANHA e ARAÚJO, 2010). A madeira muito pesada e dura, daí o nome pau-ferro, de cor vermelho-escuro, com manchas amareladas, podendo ser utilizada na construção civil e marcenaria, para confecção de cabos de ferramentas e móveis. As folhas servem para forragem, sendo um bom alimento para caprinos e ovinos. Na medicina, a espécie também tem a sua utilidade como cicatrizante, antioxidante, antiinflamatório, analgésico, diarreia e outras de uso popular (FERREIRA e SOARES, 2015). Como planta ornamental, pode ser utilizada na arborização urbana, parques e jardins. É utilizada em programas de reflorestamento como planta pioneira em áreas degradadas, principalmente na primeira fase de restauração florestal, para recuperação do solo e enriquecimento de capoeiras, matas empobrecidas e para reposição de matas ciliares.

2.1.3 - Mulungu - *Erythrina velutina* Willd

Pertencente à família *Fabaceae*, subfamília *Papilionoideae*, é conhecida vulgarmente como mulungu, murungu, muchôcho, suinã e pau-imortal (CARVALHO, 2008). Árvore de grande porte, decídua, que pode atingir de 8 a 12 m de altura, com tronco de 40 a 70 cm de diâmetro, com poucos acúleos; possui fruto do tipo legume, flores de coloração vermelha e

folhas alternadas compostas e trifolioladas, sustentadas por pecíolo de 6 a 14 cm de comprimento; folíolos são orbiculares, oval-rômbeos ou triangulares, medindo de 6 a 12 cm de comprimento por 5 a 14 cm de largura, consistência cartácea, com face ventral apenas pulverulenta e dorsal de cor verde mais clara revestida por densa pilosidade feltrosa. A inflorescência ocorre em fascículos axilares, medindo de 12 a 20 cm de comprimento e com três flores, de coloração alaranjada ou vermelho-rutilante. Sementes são bicolors, de coloração vermelho-escura e vermelho-alaranjada. Este gênero é denominado *Erythrina* em referência à cor de suas flores, que em grego, “erythros”, significa vermelho e “velutina” vem do latim, devido suas folhas apresentarem pelos delicados e macios. Ocorre do Ceará até Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo e, principalmente, na caatinga (LORENZI, 1998).

A madeira do mulungu é branca, leve, macia e pouco resistente aos agentes decompositores. É empregada na confecção de tamancos, jangadas, brinquedos, palitos de fósforo e caixotaria. A árvore é extremamente ornamental, principalmente quando em flor, e isto tem estimulado seu uso no paisagismo, principalmente na arborização de ruas, jardins e alamedas Andrade-Lima (1989). Sua semente de cor vermelha é usada no artesanato. A árvore também é utilizada como cerca viva pela facilidade com que as estacas são espetadas no próprio local (MATOS et al, 2005).

A casca e os frutos dessa espécie são empregados na medicina popular em algumas regiões do Nordeste, embora a eficácia e a segurança do seu uso ainda não tenham sido comprovadas cientificamente (LOPES et al., 2011). São atribuídas às preparações de sua casca propriedades calmante e sedativa, ao seu fruto ação anestésico odontológico.

2.2 - Dinâmica e disponibilidade de fósforo no solo

No solo, o fósforo está presente na fase sólida, ou seja, adsorvido ou complexado com os oxi-hidróxidos de ferro, alumínio e cálcio e com a matéria orgânica, e na fase líquida na forma iônica livre na solução do solo (RAIJ, 2004). A dinâmica do P no solo está associada a fatores ambientais que controlam a atividade dos microrganismos, os quais imobilizam ou liberam os íons ortofosfatos (H_2PO_4^- e HPO_4^{2-}), e às propriedades físicas, químicas e mineralógicas do solo (SANTOS et al., 2008).

Em solos pouco a moderadamente intemperizados, o P ocorre nos minerais primários, mas a maior parte deste elemento se encontra na forma orgânica (Po) ou inorgânica (Pi), adsorvida fracamente aos minerais secundários. Nos solos altamente intemperizados,

predominam as formas inorgânicas ligadas à fração mineral com alta energia e as formas orgânicas estabilizadas física e quimicamente. De acordo com o maior ou menor grau de estabilidade destes compostos, são enquadrados como fosfatos lábeis e não-lábeis (NOVAIS e MELLO, 2007). A fração lábil é representada pelo conjunto de compostos fosfatados capazes de repor rapidamente a solução do solo, quando ele é absorvido pelas plantas ou por microrganismos, isto é, a fração de P na fase sólida em equilíbrio com o P na solução; e o P não lábil, caracterizado como aquele que, em curto prazo, não pode passar rapidamente à forma P solução por estar envolvido em reações de precipitação com diferentes cátions ou adsorvido com alta energia à fase sólida.

Desta forma, os solos podem ser considerados como fonte ou como dreno de P dependendo de suas características relacionadas ao grau de intemperismo (NOVAIS e SMYTH, 1999). Assim, solos pouco a moderado estágio de intemperismo servem como fonte de P, quando ainda apresenta reservas naturais deste nutriente. Solos em estágio avançado de intemperismo apresentam maior eletropositividade, que aumenta da adsorção de P. Neste caso, o solo compete com a planta pelo fertilizante adicionado, caracterizando-se como um dreno. Naturalmente em solos tropicais e subtropicais, solos dreno, o P encontra-se em concentrações muito baixas na solução, sendo limitante para o desenvolvimento de culturas comerciais.

A adsorção pode ser diferenciada em dois grupos, considerando o grau e o tipo de ligação entre o P e a superfície adsorvente da partícula do solo, denominados de adsorção específica e não específica (NOVAIS e MELLO, 2007). No primeiro caso, trata-se de uma ligação química de natureza covalente, com elevada força de atração, independente da carga existente em sua superfície e resulta em P não lábil com o passar do tempo. No segundo caso, ocorre uma atração eletrostática entre os ligantes, influenciada pelo pH, a qual é essencial que o pH esteja abaixo do ponto de carga zero, possibilitando a formação de carga positiva nos colóides de carga variável.

O pH afeta a solubilidade dos minerais, as formas dominantes dos íons em solução, as reações de adsorção-dessorção e a atividade microbiana, responsável pela decomposição dos compostos orgânicos. O aumento do pH de 4,0 até 6,5 resulta em aumento do P em solução e, conseqüentemente, da sua disponibilidade para as plantas. Fatores, como potencial redox, temperatura do solo e força iônica da solução podem afetar a liberação do P da fase sólida para a solução, aumentando-a ou diminuindo-a (ANGHINONI, 2004).

O efeito do pH na adsorção do fosfato varia com a constituição mineralógica do solo e com a faixa de pH estudada (NOVAIS e MELLO, 2007). O pH influi na proporção dos ânions H_2PO_4^- e HPO_4^{2-} na solução do solo, na quantidade de cargas elétricas negativas e positivas, ou seja, no potencial elétrico na superfície dos colóides com cargas elétricas variáveis e na formação de polímeros de alumínio em elevada capacidade de retenção de fosfatos.

2.3 - Importância do fósforo no crescimento de espécies florestais

O P é imprescindível no crescimento e reprodução das plantas, visto que, é constituinte de importantes compostos das células vegetais, incluindo fosfatos presentes nas moléculas de açúcares intermediários da respiração e fotossíntese, bem como, dos fosfolipídeos que compõem as membranas vegetais, e também, componentes de nucleotídeos utilizados no metabolismo energético das plantas, com função de armazenamento e transporte de energia na forma de ATP (TAIZ e ZEIGER, 2013).

Entre os nutrientes essenciais para as plantas, o P está entre os mais limitantes ao seu crescimento em solos tropicais, devido à baixa disponibilidade natural deste nutriente que estes apresentam. E a produção de mudas de espécies florestais é comum o uso de solo como substratos provenientes de áreas de baixa fertilidade. Sendo assim, este nutriente torna-se restritivo à produção de mudas de boa qualidade, pois é um nutriente que se apresenta com baixos teores disponíveis no solo, necessitando de sua aplicação na produção de mudas, dessa forma, a adubação fosfatada assume vital importância na produção de mudas das espécies florestais.

Avaliando o comportamento de nove espécies florestais pertencentes a dois grupos ecológicos, pioneiras (*Lithraea molleoides*, *Schinus terebinthifolius*, *Piptadenia gonoacantha*, *Mimosa caesalpiniaefolia* e *Sesbania virgata*) e clímax (*Calophyllum brasiliensis*, *Tabebuia serratifolia*, *Hymenaea courbaril*, *Myroxylon peruiferum*), em resposta a cinco doses de P (0, 100, 250, 500 e 800 mg dm⁻³) em Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, Resende et al. (1999) e Santos et al. (2008), verificaram que as espécies pioneiras foram mais responsivas ao fornecimento de P, indicando a necessidade do suprimento deste nutriente para adequado desenvolvimento dessas espécies, enquanto as espécies climácicas, mostraram-se pouco sensíveis ao suprimento de P, refletindo um baixo requerimento na fase de produção de mudas. Os autores sugeriram que as diferenças em relação à taxa de crescimento e ao

tamanho das sementes podem estar ligadas ao comportamento contrastante observado para espécies pioneiras e clímax em relação à adubação fosfatada.

Estudando o crescimento e a absorção de P em mudas de aroeirinha (*Schinus terebinthifolius*), paineira (*Chorisia speciosa*) e jambolão (*Syzygium jambolanum*) cultivadas em Latossolo Variação Una, com quatro doses de P (0, 150, 300 e 600 mg dm⁻³) Fernandes et al. (2000), observaram que as espécies florestais apresentaram crescimento distintos, em função das doses de P aplicadas. A paineira foi a espécie que apresentou a maior crescimento em todas as doses de P, enquanto aroeirinha e jambolão não diferiram entre si. O melhor crescimento da paineira foi atribuído a maior eficiência na absorção de P, indicando que esta espécie pode ser plantada em solos com diferentes níveis de P, enquanto o jambolão, sendo mais exigente em P do que a aroeirinha, é indicado para solos com maior disponibilidade deste nutriente.

Analisando resposta de mudas de grápia (*Apuleia leiocarpa*) a adição de P (0, 60, 120 e 180 mg kg⁻¹) e enxofre (0, 10, 20 e 30 mg kg⁻¹) em Argissolo Vermelho Distrófico Arênico Missio et al. (2004), verificaram que a dose de máxima eficiência técnica estimada para adubação fosfatada, para as características de crescimento avaliadas na planta, foi acima da dose máxima de P aplicada no solo e, observaram que a alta disponibilidade de fósforo no solo favoreceu o crescimento da parte aérea em detrimento as raízes.

Procurando determinar a dose de P para produção de mudas de nim (*Azadirachta indica*) em dois solos, Argissolo Amarelo Distrófico e Latossolo Amarelo Distrófico, Alves et al. (2008), conduziram um experimento com cinco doses de P (0, 100, 200, 400 e 600 mg dm⁻³), e observaram que as plantas apresentaram crescimento distintos em função dos solos estudados e das doses de P aplicadas. Quanto aos solos, o desenvolvimento da planta foi significativamente superior no Argissolo quando comparado com o Latossolo. A dose estimada para produção de 90% da massa seca da parte aérea foi menor no Argissolo (234 mg dm⁻³) quando comparado a do Latossolo (472,63 mg dm⁻³).

Resposta positiva das características de crescimento de pata-de-vaca (*Bauhinia forficata*), cultivada em tubetes de 110 cm³, contendo como substrato uma mistura de casca de pínus e vermiculita, em função de doses crescentes de P (50, 100, 150, 200 e 250 mg dm⁻³), foram observadas por Brondani et al., (2008), com crescimento máximo das plantas com doses acima de 250 mg dm⁻³, demonstrando ser uma espécie muito exigente em P na fase inicial de crescimento.

Desenvolvimento inicial de mogno (*Swietenia macrophylla*) foi estudo por Tucci et al. (2011), em Latossolo Amarelo Distrófico com seis doses de P (0, 75, 150, 225, 300 e 400 kg P₂O₅ ha⁻¹), e observaram que as dose de P não contribuíram de forma significativa para o aumento das característica biométricas avaliadas, indicando baixo potencial de resposta da espécie à adição desse nutriente nessa fase de crescimento.

Várias espécies florestais nativas usadas em reflorestamento, principalmente para recuperação de áreas degradadas, têm respondido positivamente a doses relativamente altas de fósforo, tais como: pata-de-vaga - *Bauhinia forficata* (RAMOS et al., 2000), andiroba - *Parapiptadenia rigida* (NEVES et al., 2004), angico-vermelho - *Parapiptadenia rigida* (SCHUMACHER et al., 2004), freijó - *Cordia goeldiana* (FERNANDES et al., 2007), pinho-cuiabano - *Schizolobium amazonicu* (CAIONE et al., 2012) e canafístula - *Peltophorum dubium* (SOUZA et al., 2013). Como por exemplo, adubação fosfatada variando de 360 a 540 mg P₂O₅ dm⁻³ em substrato composto de solo, areia e esterco bovino, de saboneteira (*Sapindus saponaria*), paineira (*Ceiba speciosa*), mutamba (*Guazuma ulmifolia*) e aroeira (*Schinus terenbinthifolius*) (DIAS et al., 2015).

Esses trabalhos mostram que as espécies florestais apresentam grande variação no comportamento diante da adubação fosfatada. A variação de resposta à adubação fosfatada, além de ocorrer entre espécies, ocorre dentro da mesma espécie em função das características genéticas e dos atributos físicos e químicos do solo relacionados com a disponibilidade de P no solo para as plantas.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos com as espécies de jucá (*L. ferrea*), mulungu (*E. velutina*) e jurema branca (*P. stipulacea*) foram conduzidos no período de setembro a novembro de 2015, em um ambiente protegido (estufa agrícola), localizado no Núcleo de Ensino e Pesquisa em Agricultura Urbana (NEPAU), do Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará (UFC), no município de Fortaleza. Com coordenadas geográficas 3° 44' 18" de latitude sul e 38° 34' 23" de longitude oeste, a uma altitude de 19,6m.

As sementes das espécies utilizadas neste experimento foram procedentes dos remanescentes florestais encontrados no campus do PICI da UFC. As sementes foram colocadas para germinar em bandejas de polietileno com 162 células, preenchidas com uma mistura de composto orgânico e areia na proporção de 1:1 com base em volume. Foi semeada uma semente de cada espécie por célula. Durante o período em que as plântulas permaneceram nas bandejas, foram irrigadas com água duas vezes ao dia.

O solo usado foi comum aos três experimentos, classificado como Argissolo Amarelo, de textura franco arenosa, coletado no campus do PICI da UFC, na camada de 0 a 20 cm de profundidade. Foram realizadas as análises físicas e químicas da amostra de solo com base no método descrito por Embrapa (1997). Apresentando os seguintes atributos físicos, em g kg^{-1} : 454 de areia grossa, 357 de areia fina, 84 de silte e 105 de argila; e os seguintes atributos químicos, em $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$: 0,7 de Ca^{++} , 0,6 de Mg^{++} , 0,15 de K^+ , 1,2 de Al^{3+} e 3,3 de $\text{H} + \text{Al}$; 16 mg dm^{-3} de P e 10,4 g kg^{-1} de matéria orgânica, com 4,7 de pH.

No preparo do solo, procedeu-se de forma análoga para os três experimentos. A quantidade total do solo usada em cada experimento foi dividida em frações de 32 dm^{-3} , as quais receberam 27,8g de calcário calcítico (53% CaO) e 14,8g de calcário dolomítico (33% CaO e 16% MgO), de forma a elevar saturação de Ca e de Mg para 60 e 20% em relação a CTC total do solo, respectivamente. Após a mistura do solo com calcário, as frações de solo permaneceram incubadas por 10 dias, mantendo o teor de água próximo de 60% da capacidade de retenção de água do solo.

Ao final dos 10 dias, as frações de solo foram secas ao ar e receberam as seguintes doses de fósforo (P): 100, 150, 200, 250 e 300 mg dm^{-3} de P, usando-se como adubo o fosfato

monoamônio (60% P₂O₅ e 11% N). A quantidade de nitrogênio (N) foi equilibrada em todos os tratamentos de P, ficando com 157 mg dm⁻³ de N, utilizando-se uréia (45% N).

Foi adicionado como adubação de base, em única dose, aplicados simultaneamente ao fósforo, 146 mg dm⁻³ de potássio (K) e 60 mg dm⁻³ de enxofre (S), na forma de sulfato de potássio (50% K e 17% S). Adicionou também, uma solução de micronutrientes, de modo a aplicar em mg dm⁻³: 5,0 de zinco (Zn), 1,5 de cobre (Cu), 1,5 de boro (B), 3,6 de manganês (Mn) e 0,15 de molibdênio (Mo), seguindo recomendação de Santos et al. (2008), tendo como fontes, os respectivos reagentes químicos puro para análise: cloreto de zinco, cloreto de cobre dihidratado, ácido bórico, cloreto de manganês tetrahidratado e molibdato de amônio tetrahidratado.

Após mistura dos fertilizantes no solo, o mesmo foi distribuído em saco plástico com dimensões de 10 x 25 cm, com capacidade para 1,0 dm⁻³ de solo. Após irrigação do solo até início de drenagem, as mudas das três espécies em estudo, com 21 dias após a semeadura, foram repicadas das bandejas para as sacolas, contendo o solo com os respectivos tratamentos de fósforo, colocando-se uma planta por sacola.

Os tratamentos foram formados por cinco doses de fósforo, distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso, com cinco repetições, e cada parcela, foi composta por seis mudas de cada espécie de plantas em estudo.

Ao final de 60 dias após semeadura, mediu-se a altura das plantas com régua graduada (cm), o diâmetro (mm) a 1,0 cm do coleto, medido com paquímetro digital de 0,05 mm de precisão. Após contagem do número de folhas, as plantas foram cortadas rente ao solo, a parte aérea foi acondicionada em sacos de papel e colocada para secar em estufa com circulação de ar forçada, a 65 °C, durante 72 horas. As raízes, após separação do solo, com auxílio de água corrente, também foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa com circulação de ar forçada, a 65 °C, durante 72 horas. Após secagem do material vegetal, determinou-se o peso de massa seca da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR) e total (MST), pela soma das frações MSPA e MSR.

A partir dos dados morfológicos da parte aere e raiz, efetuou-se as seguintes relações: massa seca da parte aérea/raiz (RPAR), altura/diâmetro (RHD) e para avaliar a qualidade das plantas, empregou-se o índice de qualidade de Dickson (IQD), obtido pela fórmula $IQD = MST / (RPAR + RHD)$, de acordo com Gomes et al., (2002).

A parte aérea das plantas foi passada em moinho tipo Willey, e submetido à digestão de uma amostra com solução de ácido nítrico e ácido perclórico, na proporção de 3:1, com base em volume. A seguir, determinou-se o teor de fósforo por espectrofotometria com azul de molibdênio, seguindo metodologia descrita por Silva (1999). A eficiência de utilização de fósforo (EUP) foi calculada, segundo Siddiqi e Glass (1981), por: $EUP = (MSPA)^2 / AP$, sendo, massa seca da parte aérea (MSPA) e acúmulo de fósforo (AP).

Durante a lavagem das raízes, foram colhidas pequenas porções de solo de cada unidade experimental, para compor uma amostra composta de solo de cada tratamento de fósforo, de cada espécie de planta estudada, as quais foram submetidas às análises fósforo, seguindo metodologia descrita por Silva (1999).

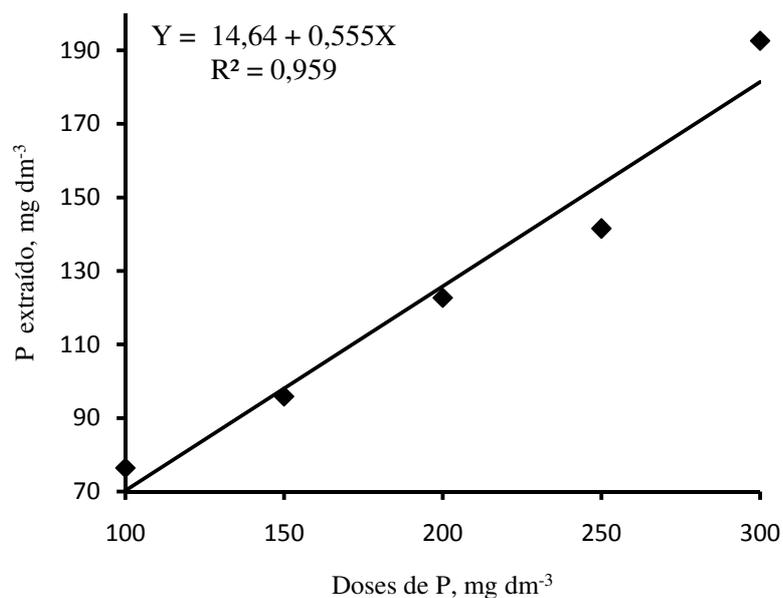
Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos de fósforo, de cada espécie de planta estudada, foram submetidas à análise de regressão polinomial, para a escolha dos modelos em função das doses de fósforo aplicadas, até o nível de significância de 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SAEG (2007), versão 9.1.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Análise de fósforo no solo

Adição de doses crescentes de P no solo proporcionou maiores disponibilidades deste elemento para as plantas (Figura 1). Na determinação dos teores de P recuperados pelo extrator Mehlich-1, após o cultivo das plantas em função das doses aplicadas, observou-se alta recuperação de P do solo, em média 64,5%. Esta alta recuperação de P do solo pode ser explicada pelo baixo teor de argila no Argissolo Amarelo utilizado neste experimento, de 105 g kg⁻¹, que caracteriza um solo com baixa capacidade de adsorção de P, e pelo extrator utilizado, visto que, o Mehlich-1 é um extrator com alta capacidade de extrair P ligado a cálcio. Alta taxa de recuperação do P adicionado no solo, também foi observado em Vertissolo Ebânico órtico por Broggi et al. (2010), fato explicado pelos autores devido à solubilização de formas de P ligadas a cálcio pelo extrator Mehlich-1, a baixa capacidade máxima de adsorção de P do solo e a predominância de minerais de argila do tipo 2:1, que não são efetivos nos processos de adsorção de P.

Figura 1 - Recuperação de fósforo do solo pelo extrator Mehlich-1, após cultivo das espécies florestais, jurema branca, jucá e mulungu.



4.2 - Características de crescimento das plantas

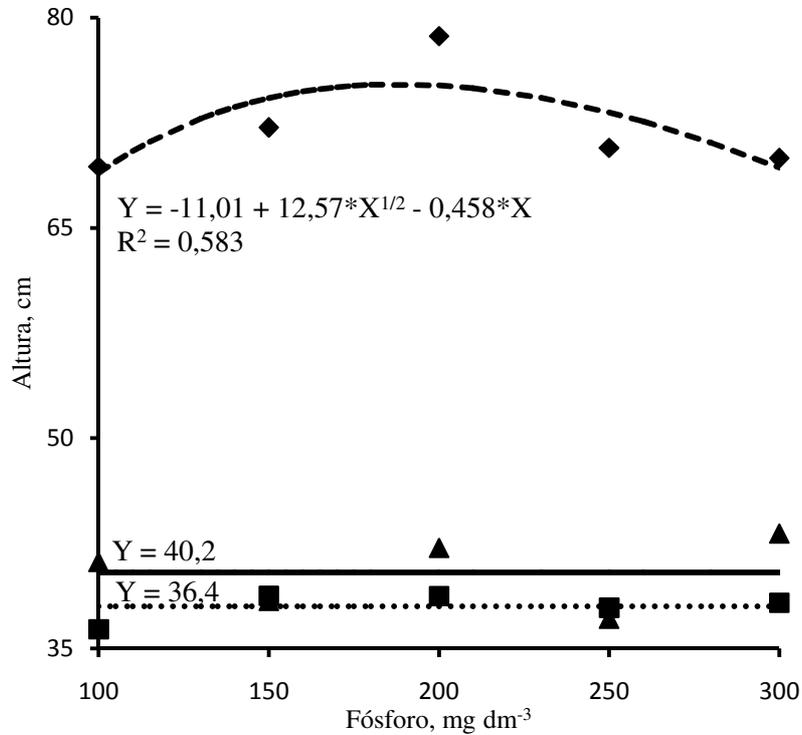
Algumas características morfológicas que refletem o crescimento das plantas apresentaram efeitos significativos das doses P, a 5% de probabilidade, para jurema branca e mulungu, tais como, diâmetro do caule, massa seca das raízes, massa seca total, relação massa da seca parte aérea/raiz, relação altura/diâmetro e índice de qualidade de Dickson, enquanto, para jucá, as doses de P não influenciaram significativamente as características de crescimento avaliadas (Tabelas 1A, 2A e 3A), evidenciando baixo requerimento de P para crescimento inicial das plantas de jucá, podendo ser indicativo de maior adaptação a solo de baixa fertilidade, o que restringe sua resposta à melhoria na fertilidade do solo. Falta de resposta das características de crescimento a adubação fosfatada, também foram observadas por Tucci et al. (2011) em mudas de mogno (*S. macrophylla*). Resende et al. (1999) e Santos et al. (2008), também observaram resposta diferentes entre espécies florestais nativas a adubação fosfatada. Os autores observaram que as espécies pioneiras foram mais responsivas ao fornecimento de P, indicando a necessidade de suprimento deste nutriente para adequado desenvolvimento dessas espécies, enquanto as espécies climácicas, mostraram-se pouco sensíveis ao suprimento de P.

Quando submetidos à mesma condição de fertilidade do solo, é comum encontrar comportamentos contrastantes entre espécies florestais a resposta a adubação fosfatada, quanto ao crescimento e desenvolvimento das plantas, como observados por Resende et al. (1999), Fernandes et al. (2000), Gonçalves e Passos (2000) e Dias et al. (2015), enfatizando a necessidade de estabelecimento das exigências nutricionais para a otimização do uso de corretivos e fertilizantes em espécies florestais.

A demanda de P pelas espécies florestais está associada a diversos fatores, como tamanho e conteúdo de P das sementes, grau de desenvolvimento do sistema radicular, dependência micorrízica, taxa de crescimento e estágio de desenvolvimento da planta. Maior resposta ao fornecimento de P é esperada em espécies de sementes pequenas e com baixos conteúdos de P, com sistema radicular pouco desenvolvido, com menor capacidade micotrófica e com maior taxa de crescimento na fase inicial de desenvolvimento (SANTOS et al., 2008).

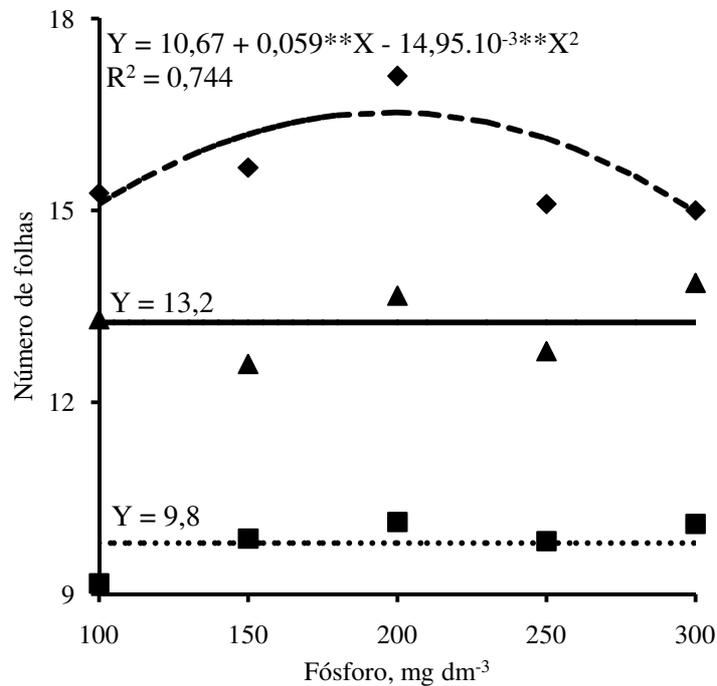
A altura das mudas de jurema branca apresentaram resposta positiva a adição de P no solo até a dose de 188 mg dm^{-3} (Figura 2), o equivalente a 119 mg dm^{-3} de P extraído pelo Mehlich-1, partir dessa dose de P a altura das mudas decresceram. Nesta dose de P as mudas

Figura 2 - Altura das plantas de jurema branca (◆), jucá (▲) e mulungu (■) em função das doses de fósforo adicionadas no Argissolo Amarelo.



apresentaram incrementos na altura em relação à menor dose de 9,2%, com altura máxima estimada de 75,2 cm. A altura máxima estimada das mudas de jurema branca foi, em média, 1,9 vezes superiores as de jucá e mulungu, as quais não apresentaram resposta à adubação fosfatada em relação a essa característica de crescimento avaliada. Altura máxima de mudas de nim (*A. indica*) foram atingidas com doses estimadas de 476 e 453 mg dm⁻³ de P, o equivalente a 18,6 e 58,9 mg dm⁻³ de P extraído pelo Mehlich-1 em Latossolo Vermelho e Argissolo Amarelo, respectivamente (ALVES et al. 2008). Mudanças de acácia-negra (*Acacia mearnsii*) com micorrizas cultivadas em Neossolo Quartzarênico apresentaram altura máxima com dose de 526 mg kg⁻¹ de P, o equivalente a 84 mg kg⁻¹ de P extraído pelo Mehlich-1, enquanto, as mudas sem micorrizas responderam linearmente à aplicação de P, apresentando altura máxima com dose de 1000 mg kg⁻¹ de P (MELLO et al., 2008). Costa filho et al. (2013), verificaram que a altura máxima de mudas de sábia (*M. caesalpinifolia*) foi obtida com a aplicação de 94 mg kg⁻¹ de P em Latossolo Vermelho-Amarelo.

Figura 3 - Número de folhas nas plantas de jurema branca (◆), jucá (▲) e mulungu (■) em função das doses de fósforo adicionadas no Argissolo Amarelo.



O número de folhas por planta apresentou resposta às doses de P aplicadas no solo semelhante à altura para as espécies estudadas. Para jurema branca, o número de folhas por planta aumentou até a dose de 198 mg dm⁻³ de P (Figura 3), o equivalente a 124 mg dm⁻³ de P extraído pelo Mehlich-1, partir dessa dose o número de folhas por planta decresceram. Nessa dose de P as mudas apresentaram incrementos no número de folhas por planta em relação à menor dose de 9,5%, com número máximo de folhas estimado de 16,5. O número máximo de folhas estimado nas mudas de jurema branca foi 1,2 e 1,7 vezes superior as de jucá e mulungu, respectivamente, as quais não apresentaram resposta à adubação fosfatada em relação a essa característica de crescimento avaliada. Barbosa et al. (2013), também observaram maior número de folhas em mudas de jurema branca quando comparadas com as de mulungu, sendo de 1,6 vezes superior, aos 120 dias após semeadura.

As características de crescimento, diâmetro do caule (Figura 4), relação massa seca da parte aérea/raízes (Figura 5) e relação altura/diâmetro do caule (Figura 6) não apresentaram respostas à adição de P no solo para jurema branca, jucá e mulungu. Resultados semelhantes foram observados por Tucci et al. (2011) em mudas de mogno (*S. macrophylla*), utilizando doses variando de 0 a 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅. A falta de resposta do mogno a P foi atribuída pelos autores ao baixo potencial de resposta da espécie à adição desse nutriente na

Figura 4 - Diâmetro do caule das plantas de jurema branca (◆), jucá (▲) e mulungu (■) em função das doses de fósforo adicionadas no solo.

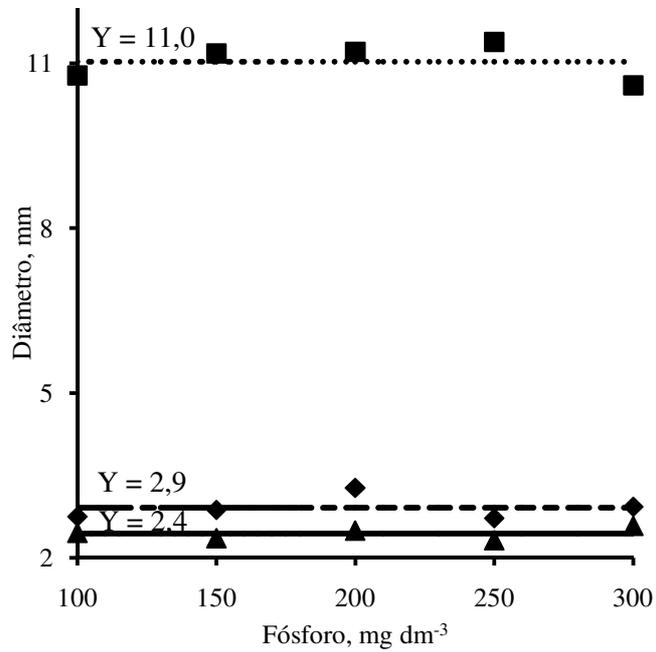


Figura 5 - Relação massa seca da parte aérea/raízes (RPAR) das plantas de jurema branca (◆), jucá (▲) e mulungu (■) em função das doses de fósforo adicionadas no Argissolo Amarelo.

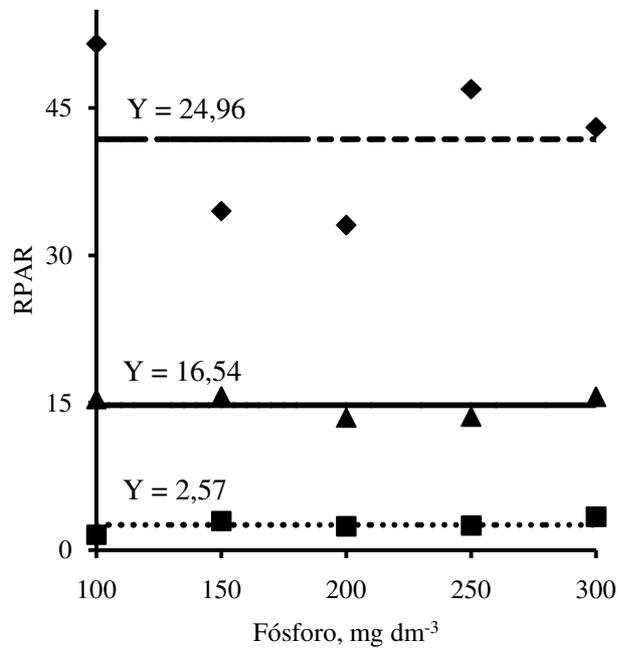
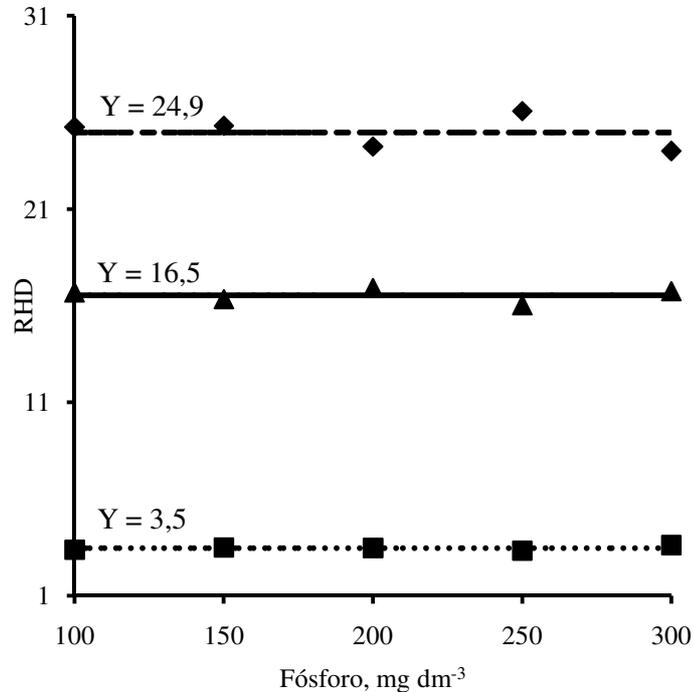


Figura 6 - Relação altura/diâmetro do caule (RHD) das plantas de jurema branca (◆), jucá (▲) e mulungu (■) em função das doses de fósforo adicionadas no Argissolo Amarelo.



fase de produção de mudas. Quanto ao diâmetro do caule, mulungu foi superior a jurema branca e jucá e, quanto às relações massa seca da parte aérea/raízes e altura/diâmetro do caule, a jurema branca foi superior ao jucá e mulungu. Barbosa et al, (2013), também observaram que o diâmetro do caule do mulungu foi superior ao da jurema branca. Na produção de mudas de espécies florestais, o diâmetro do caule é, em geral, o parâmetro mais observado para indicar a capacidade de sobrevivência das mudas no campo.

As produções de massa seca da parte aérea (Figura 7) e total (Figura 8) das mudas de mulungu apresentaram respostas positivas às doses de P aplicadas no solo até as doses de P de 172 e 132 mg dm⁻³, o equivalente a 110 e 88 mg dm⁻³ de P extraído pelo Mehlich-1, respectivamente, partir dessas doses a produção de massa seca da parte aérea e total decresceram. Nessas doses de P as mudas de mulungu apresentaram incrementos de massa seca da parte aérea e total de 12,6 e 1,8%, respectivamente, em relação à menor dose de P, com produção máxima de massa seca da parte aérea e total estimadas de 7,1 e 10,2 g. A massa seca máxima da parte aérea estimada para mulungu foi inferior a da jurema branca e do jucá, enquanto a massa seca total máxima do mulungu foi em média 1,2 vezes superiores as da jurema branca e do jucá, respectivamente, as quais não apresentaram resposta à adubação

fosfatada em relação a essas características de crescimento avaliadas. Carneiro et al. (2004), também não encontraram respostas na produção de massa seca da parte aérea em mudas de embaúba (*Cecropia pachystachya*) a doses crescentes de P em substrato, composto de solo, vermiculita, casca de arroz e esterco bovino.

Em mudas de angico-vermelho (*Parapiptadenia rígida*) Schumacher et al. (2004), observaram respostas positivas de produção de massa seca da parte aérea e total a doses crescentes de P em Argissolo Vermelho-Amarelo, com produção máxima de biomassa com doses de P de 360 e 450 mg kg⁻¹ de solo, respectivamente. Produção máxima de massa seca da parte aérea de mudas de nim (*A. indica*) foram obtidas com dose de 512,5 mg dm⁻³ de P em Argissolo Amarelo e, com dose de 600 mg dm⁻³ em Latossolo Amarelo (ALVES et al. (2008). Resposta positiva de produção de massa seca da parte aérea à aplicação de P em Latossolo Vermelho-Amarelo, também foi observada por Costa Filho et al. (2013) em mudas de sábia (*M. caesalpinifolia*), com produção máxima de massa seca com dose de 120 mg kg⁻¹ de solo.

Figura 7 - Produção de massa seca da parte aérea (MSPA) das plantas de jurema branca (◆), jucá (▲) e mulungu (■) em função das doses de fósforo adicionadas no Argissolo Amarelo.

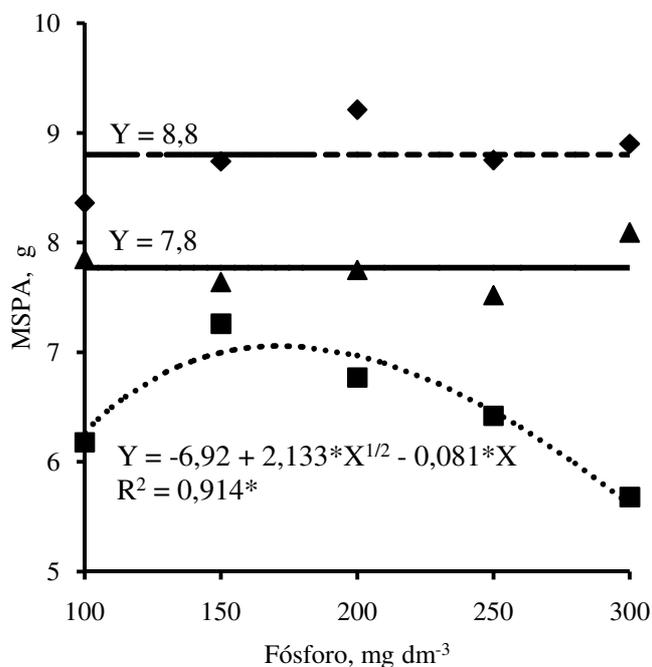
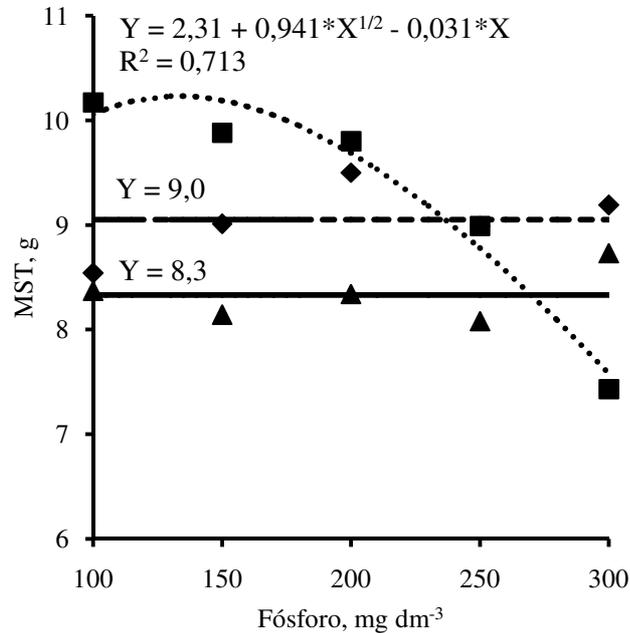


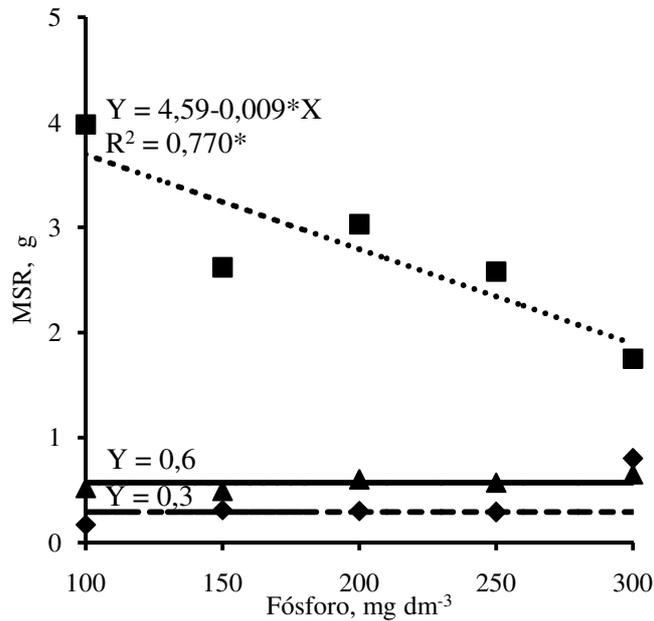
Figura 8 - Produção de massa seca total (MST) das plantas de jurema branca (◆), jucá (▲) e mulungu (■) em função das doses de fósforo adicionadas no Argissolo Amarelo.



A produção de massa seca das raízes da jurema branca e do jucá não foi afetada pelas doses de P, enquanto a do mulungu decresceu com o aumento das doses de P adicionadas no solo (Figura 9). A redução no sistema radicular do mulungu foi de 51% na maior dose de P, em relação à menor dose. Em mudas de gliricídia (*Gliricidia sepium*) Freire et al. (2012), também observaram redução linear do sistema radicular com aumento das doses de P em Neossolo litólico. Em média, a produção de massa seca das raízes do mulungu foi 9,6 e 4,9 vezes superior a da jurema branca e do jucá, respectivamente. Barbosa et al. (2013), também observaram que a produção de massa das raízes de mulungu foi superior a da jurema branca.

Em mudas de mogno (*S. macrophylla*), Tucci et al. et. (2011) também não encontraram contribuição significativa das doses de P em aumentar a massa seca das raízes, atribuíram a esse fato ao baixo potencial do mogno a resposta à adição desse nutriente no solo. Entretanto, respostas positivas a adição de P no solo sobre o crescimento de raízes, têm sido observados com outras espécies de plantas florestais, tais como andiroba – *R. guianensis* (NEVES et al., 2004), angico-vermelho – *P. rígida* (SCHUMACHER et al. (2004), pinho-cuiabano - *Schizolobium amazonicum* (CAIONE et al., 2012) e canafistula - *Peltophorum dubium* (SOUZA et al., 2013).

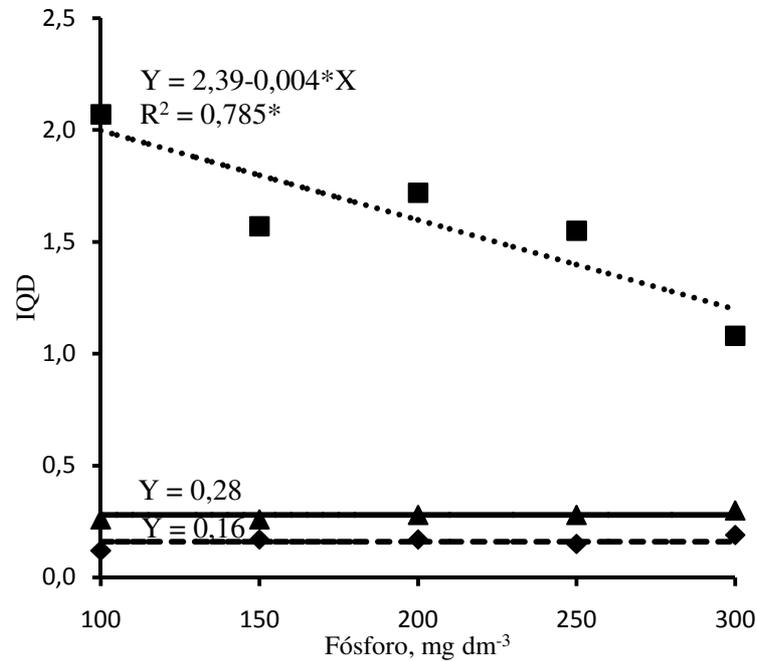
Figura 9 - Massa seca das raízes das plantas de jurema branca (◆), jucá (▲) e mulungu (■) em função das doses de fósforo adicionadas no Argissolo Amarelo.



O índice de qualidade de Dickson (IQD) apresentou resposta às doses de P aplicadas no solo semelhante à produção de massa seca das raízes, para as espécies estudadas (Figura 10). O IQD da jurema branca e do jucá não foi afetado pelas doses de P, enquanto a do mulungu decresceu com o aumento das doses de P adicionadas no solo, evidenciando alto relacionamento do IQD com a produção de massa seca das raízes nas espécies nativas estudadas. Este comportamento está de acordo com o observado por Binotto (2007), em mudas de eucalipto e pínus, o qual encontrou alta correlação positiva do IQD com a produção de massa seca de raízes. A redução no IQD do mulungu foi de 60% na maior dose de P, em relação à menor dose. Em média, o IQD do mulungu foi 9,9 e 5,7 vezes superior a da jurema branca e do jucá, respectivamente, visto que a produção de massa seca das raízes do mulungu foi superior a da jurema branca e do jucá (Figura 9).

Ao contrário do que foi observado neste experimento, em relação às doses de P e o índice IQD, Souza et al. (2013) observaram resposta positiva do IQD com o aumento das doses de P em mudas de canafístula (*P. dubium*) cultivadas em Latossolo Vermelho.

Figura 10 - Índice de Qualidade de Dickson (IQD) das plantas de jurema branca (◆), jucá (▲) e mulungu (■) em função das doses de fósforo adicionadas no Argissolo Amarelo.



As variações nas respostas das características de crescimento das mudas de jurema branca, jucá e mulungu a adubação fosfatada observadas neste experimento, pode ser explicada pelas características genéticas e aos atributos físicos e químicos do solo relacionados com a disponibilidade de P no solo para as plantas. Tem-se observado que solos com baixa capacidade de adsorção de P, as plantas crescem mais com menores doses deste nutriente, visto que, há maior disponibilidade de P na solução do solo para as plantas (ALVES et al., 2008). Como o Argissolo utilizado neste experimento possui baixa capacidade de adsorção de P, disponibilizando mais P na solução do solo, as plantas não apresentaram incrementos expressivos nas características de crescimento com doses de P acima de 100 mg dm⁻³ de solo.

Diante dos resultados das análises estatísticas das características de crescimento avaliadas, pode-se inferir que na fase de produção de mudas, o jucá tem baixo potencial de resposta a adubação de P em solo com baixa capacidade de adsorção desse nutriente, enquanto, jurema branca e mulungu apresentam potencial moderado, com doses de P acima de 100 mg dm⁻³ de solo.

4.3 - Características nutricionais de fósforo nas plantas

Os teores e a acumulação de P na parte aérea, bem como, a eficiência de utilização desse nutriente pelas mudas de jucá foram significativamente influenciados pelas doses de P adicionadas no solo, enquanto, para jurema branca, somente o teor e o acúmulo de P e, para mulungu, somente o teor de P foi significativo (Tabela 4A).

Os teores de P na parte aérea nas mudas de jurema branca e jucá aumentaram com as doses de P adicionadas no solo, enquanto no mulungu, os teores de P não foram influenciados pelas doses de P (Figura 11). Aumentos nos teores de P em razão da fertilização crescente com P, em diferentes espécies florestais, foram observados por Fernandes et al. (2000), Resende et al. (2000) e Santos et al. (2008). Os teores de P nas mudas de jurema branca e mulungu foram superiores aos observados no jucá, sugerindo assim, alta taxa de absorção de P por essas duas espécies.

A maior absorção de P pela jurema branca e pelo mulungu, quando comparado com o jucá, pode ser confirmada pela acumulação de P na parte aérea (Figura 12). Observou-se maior acúmulo de P na parte aérea das plantas de jurema branca, seguidas pelo mulungu e jucá. Nas doses de P que proporcionaram os maiores acúmulos de P, as mudas acumularam 28,1; 22,8 e 15,5 mg planta⁻¹, na jurema branca, mulungu e jucá, respectivamente.

Figura 11 - Teor de fósforo (P) na parte aérea das plantas de jurema branca (◆), jucá (▲) e mulungu (■) em função das doses de fósforo adicionadas no Argissolo Amarelo.

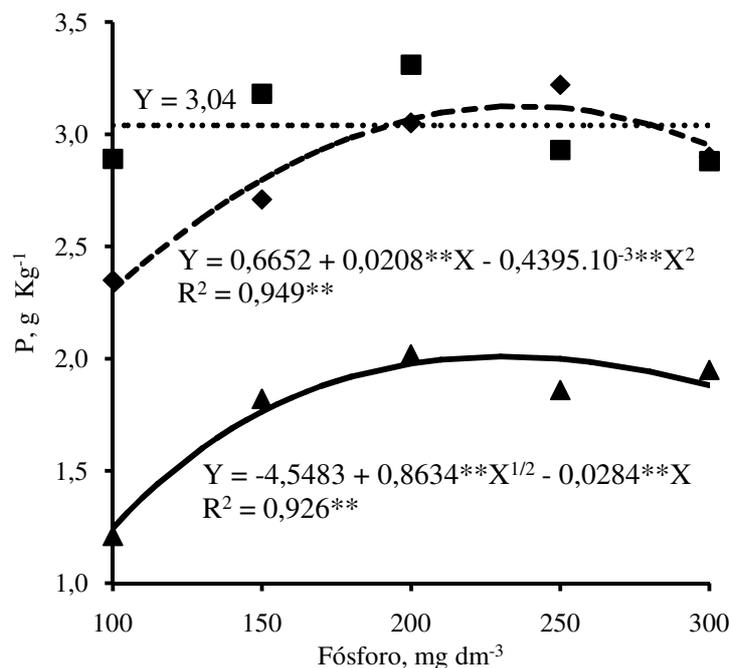
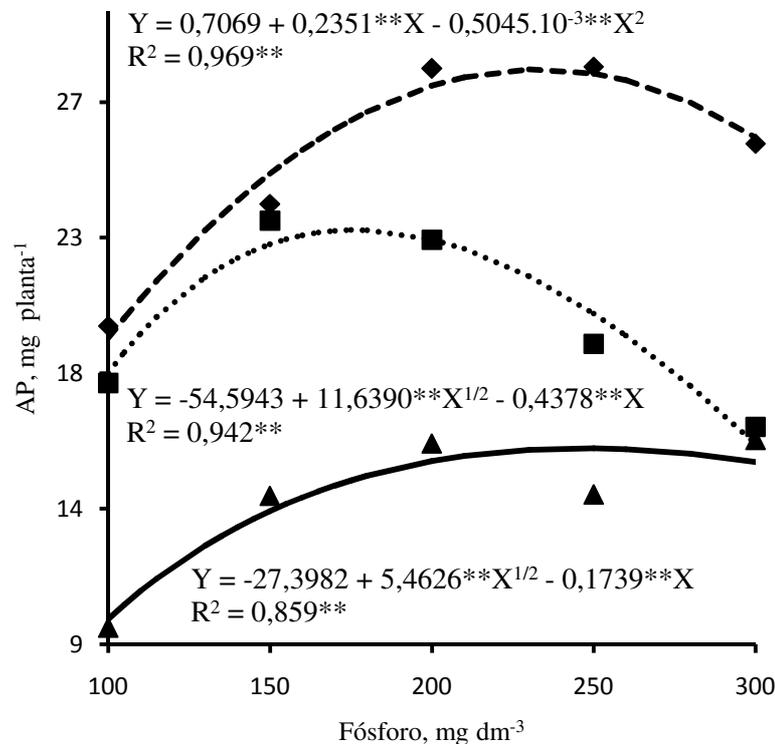


Figura 12 - Acumulação de fósforo (AP) na parte aérea das plantas de jurema branca (◆), jucá (▲) e mulungu (■) em função das doses de fósforo adicionadas no Argissolo Amarelo.



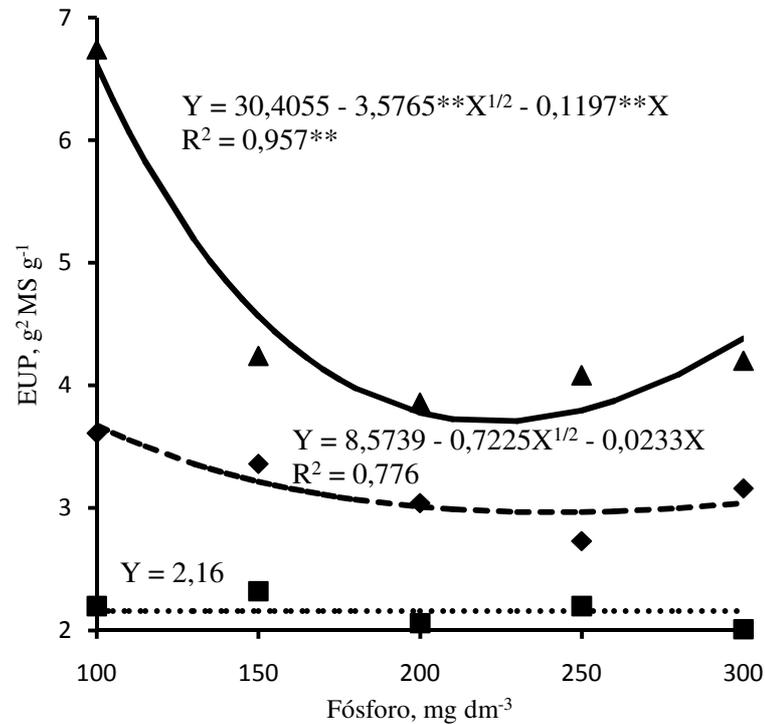
Esse comportamento diferencial na acumulação de P nas mudas de jurema branca, jucá e mulungu, podem ser atribuídos as diferenças genéticas e fisiológicas entre as espécies de plantas, que controlam a morfologia e fisiologia do sistema radicular, que são os principais reguladores da taxa de absorção e do conteúdo de P na parte aérea.

A adubação fosfatada reduziu a eficiência de utilização de P nas mudas de jurema branca e jucá, mas não teve efeito nas mudas de mulungu (Figura 13). Vários trabalhos têm demonstrado diferenças na eficiência nutricional entre espécies nativas (FERNANDES et al., 2000; REDENDE et al., 2000; SANTOS et al., 2008). Geralmente, a eficiência de utilização de nutrientes pela planta diminui com o aumento da disponibilidade do mesmo no substrato, uma vez que nessa condição, a produção de biomassa pela planta não aumenta na mesma proporção que a absorção e acúmulo do nutriente nos tecidos, havendo nesse caso, um declínio na utilização do nutriente para produção de biomassa.

A eficiência de utilização de P em determinada espécie de planta reflete o seu potencial em converter o P disponível no solo em biomassa (CALDEIRA et al. 2004). Neste aspecto, as mudas de jucá foram mais eficientes na conversão de P em biomassa, do que jurema branca e mulungu (Figura13), indicando que essas duas espécies apresentam alto

consumo de luxo de P, na fase de produção de mudas, visto que, grande parte do P não foi utilizado para produção de biomassa.

Figura 13 - Eficiência de utilização de fósforo (EUP) pelas plantas de jurema branca (◆), jucá (▲) e mulungu (■) em função das doses de fósforo adicionadas no Argissolo Amarelo.



A eficiência de utilização de P por determinada espécie de planta reflete o seu potencial em converter o P disponível no solo em biomassa (CALDEIRA et al. 2004). Neste aspecto, as mudas de jucá foram mais eficientes na conversão de P em biomassa, do que jurema branca e mulungu (Figura13), indicando que essas duas espécies apresentam alto consumo de luxo de P, na fase de produção de mudas, visto que, grande parte do P não foi utilizada para produção de biomassa.

Planta mais eficiente na utilização de nutrientes tem sido apontada como opção para aumentar a produtividade e reduzir a utilização de nutrientes via adubação em solos de baixa fertilidade, dessa forma, o jucá parece ser mais adequado para ser utilizado em solos de baixa fertilidade em P, por possuir baixa demanda e alta eficiência na utilização desse nutriente, do que a jurema branca e mulungu.

5 - CONCLUSÕES

- Na fase de produção de mudas, as espécies florestais estudadas apresentam variação no comportamento diante da adubação fosfatada, e pouca resposta de crescimento no fornecimento de fósforo acima de 100mg dm^{-3} de solo, sugerindo novos estudos com doses inferiores a esta;
- O jucá apresentou baixo requerimento e alta eficiência de utilização de fósforo, podendo ser cultivada em solo com baixo teor desse nutriente;
- Jurema branca e mulungu apresentam consumo de luxo de fósforo, e conseqüentemente, menor eficiência de utilização desse nutriente;

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE; U.P.; ANDRADE; L.C.H. Usos de Recursos Vegetais da Caatinga: o caso do Agreste do estado de Pernambuco (Nordeste do Brasil). **Interciência**, v.27, p. 336-346, 2002.

ALVES, A. R.; PASSOS, M. A. A.; SILVA, J. A. A.; FREIRE, M. B. G. S. Níveis críticos de fósforo para crescimento inicial de nim (*Azadirachta indica* A. juss.) em solos a zona da Mata de Pernambuco. **Rev. Bio. Ci. Terra**, v.8, n.1, p.240-251, 2008.

ANDRADE-LIMA, D. **Plantas das caatingas**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 1989. 243p.

ANGHIONONI, I. Fatores que interferem na eficiência da adubação fosfatada. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafos/Anda, 2004. p.537-558.

BARBOSA, M. L.; SILVA, T. G. F.; SILVA, A. C.; ALMEIDA, M. G.; LIMA, A. L. A.; SOUZA, C. A. A. Crescimento inicial de espécies ocorrentes no semiárido Brasileiro: Biomassa, biometria e análise morfogenética. **Rev. Bras. Geografia Física**, v.6, n.3, p.522-539, 2013.

BEZERRA, D. A. C. **Estudo fitoquímico, bromotológico e microbiológico de *Mimosa tenuiflora* (Wild) Poiret e *Pepitadenia stipulaceae* (Benth) Ducke**. Universidade Federal de Campina Grande, Pós-graduação em Zootecnia, 2008. (Dissertação de Mestrado)

BINOTTO, A. F. **Relação entre variáveis de crescimento e índice de qualidade de Dickson em mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maid e *Pinus elliottii* var. *elliottii* Engelm.** Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007. 52p. (Dissertação de Mestrado)

BROGGI, F.; OLIVEIRA, A.C.; FREIRE, F.J.; FREIRE, M.B.G.S.; NASCIMENTO, C.W.A. Adsorption and chemical extraction of phosphorus as a function of soil incubation time. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.14, n.1, p.32-38, 2010.

BRONDANI, G. E.; SILVA, A. J. C.; ARAUJO, M. A.; GROSSIL, F.; WENDLING, I.; CARPANEZZI, A. A. Phosphorus nutrition in the growth of *Bauhinia forficata* L. seedlings. **Acta Sci. Agron.**, v.30, supl., p.665-671, 2008.

CAIONE, G.; LANGE, A.; SCHONINGER, E. L. Crescimento de mudas de *Schizolobium amazonicum* (Huber ex Ducke) em substrato fertilizado com nitrogênio, fósforo e potássio. **Sci. For.**, v.40, n.94, p.213-221, 2012.

CALDEIRA, M. V. W.; RONDON NETO, R. M.; SHUMACHER, M. V. Eficiência de uso de micronutrientes e sódio em três procedências de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild). **Rev. Árvore**, v.28, n.1, p.39-47, 2004.

- CAMPANHA, M. M.; ARAÚJO, F. S. **Árvore e arbusto do sistema agrossilvipastoril caprinos e ovinos**. Sobral, Embrapa Caprinos e Ovinos, 2010. 32p. (Documento 96)
- CARNEIRO, M. A. C.; SIQUEIRA, J. O.; DAVIDE, A. C. Fósforo e inoculação com fungos micorrízicos arbusculares no estabelecimento de mudas de embaúba (*Cecropia pachystachya* Trec). **Pesq. agropec. bras.**, v.34, n.3, p.119-125, 2004.
- CARVALHO, P. E. R. **Mulungu (*Erythrina velutina*)**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. 8p. (*Circular técnico, 160*)
- COSTA FILHO, R. T.; VALERI, S. V.; CRUZ, M. C. P. Calagem e adubação fosfatada no crescimento de mudas de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. em Latossolo Vermelho-Amarelo. **Ci. Florestal**, v.23, n.1, p.89-98, 2013.
- DIAS, I. M.; BARRETO, I. D. C.; FERREIRA, R. A. Efeito de diferentes recipientes e dosagens de fertilizante fosfatado no crescimento de espécies florestais nativas. **Rev. IPI**, v.1, n.1, p1-10, 2015.
- FERNANDES, A. R.; PAIVA, H. N.; CARVALHO, J. G.; MIRANDA, J. R. P. Crescimento e absorção de nutrientes por mudas de freijó (*Cordia goeldiana* Huber) em função de doses de fósforo e de zinco. **R. Árvore**, v.31, n.4, p.599-608, 2007.
- FERNANDES, L. A.; FURTINI NETO, A. E.; FONSECA, F. C.; VALE, F. R. Crescimento inicial, níveis críticos de fósforo e frações fosfatadas em espécies florestais. **Pesq. agropec. bras.**, v.35, n.6, p.1191-1198, 2000.
- FERREIRA, M. R. A.; SOARES, L. A. L. *Libidibia férrea* (Mart. ex Tul.) L. P. Queiroz: A review of the biological activities and phytochemical composition. **Academic Journal**, v.9, n.2, p.140-150, 2015.
- FREIRE, A. L. O.; LEÃO, D. A. S.; MIRANDA, J. R. P. Acúmulo de massa seca e de nutrientes em gliricídia em resposta ao estresse hídrico e a doses de fósforo. **Semina**, v.33, n.1, p.19-26, 2012
- GOMES, J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S. L. R. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **R. Árvore**, v.26, n.6, p.655-664, 2002.
- GONÇALVES, M. R.; PASSOS, C. A. M. Crescimento de cinco espécies de eucalipto submetidas a déficit hídrico em dois níveis de fósforo. **Ci. Florestal**, v.10, n.2, p.145-161, 2000.
- GRAMOSA, N.V.; VIEIRA, M. G. S.; MAGALHÃES, D.V.; MARTINS NETO, J. S. Estudo Fitoquímico e Atividade Antioxidante dos Extratos de Plantas do Parque Botânico do Ceará. In: **57ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência**, Fortaleza, 2005.

LOPES, C. R. F. R.; LIMA, T. C.; NUNES, R. S.; SOUSA, D. P. *Erythrina velutina* Willd. Fabaceae: uma revisão. **BioFar**, v. 6, n. 2, p. 80-92, 2011

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. São Paulo: Nova Odessa, 1998. v.1, 368p.

MAIA, G. N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. 1ª. ed. São Paulo, D & Z Computação Gráfica e Editora, 2004. 413p.

MATOS, L. V.; CAMPELO, E. F. C.; RESENDE, A. S. **Plantio de leguminosas arbóreas para produção de moirões vivos e construção de cercas ecológicas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. 100p. (Sistemas de produção, 03).

MELLO, A. H.; KAMINSKI, J.; ANTONIOLLI, Z. I.; SANTOS, L. C.; SOUZA, E. L.; SCHIRMER, G. K.; GOULART, R. M. Influência de substratos e fósforo na produção de mudas micorrizadas de *Acacia mearnsii* De Wild. **Ci. Florestal**, v.18, n.3, p.321-327, 2008.

MISSIO, E. L.; NICOLOSO, F. T.; JUCOSKI, G. O.; SARTORI, L. Exigências nutricionais da grápia ao fósforo e enxofre em Argissolo Vermelho distrófico arênico: Efeito da adubação no crescimento. **Ci. Rural**, v.34, n.4, p.1051-1057, 2004.

NEVES, O. S. C.; BENEDITO, D. S.; MACHADO, R. V., CARVALHO, J. G. Crescimento, produção de matéria seca e acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea de mudas de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) cultivadas em solos de várzea, em função de diferentes doses de fósforo. **R. Árvore**, v.28, n.3, p.343-349, 2004.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, 1999. 399p.

NOVAIS, R. F.; MELLO, J. W. V. Relação solo-planta. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p.133-204.

RAIJ, B. V. Fósforo no solo e interações com outros elementos. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafos/Anda, 2004. p.107-116.

RAMOS, M. R.C.; PINTO, J. E. P. B.; FURTINI NETO, A. E.; DAVIDE, A. C. Influência da aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio no crescimento e composição mineral de mudas de pata-de-vaga (*Bauhinia forficata* Link). **Rev. Bras. Pl. Med.**, v.3, n.1, p.79-86, 2008.

RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; MUNIZ, J. A.; CURI, N.; FAQUIN, V. Crescimento inicial de espécies florestais de diferentes grupos sucessionais em resposta a doses de fósforo. **Pesq. agropec. bras.**, v.34, n.11, p.2071-2081, 1999.

- RESENDE, A. V., FURTINI NETO, A. E.; FARIA, M. R.; MUNIZ, J. A.; CURI, N. Acúmulo e eficiência nutricional de macronutrientes por espécies florestais de diferentes grupos sucessionais em resposta à fertilização fosfatada. **Ciênc. Agrotec.**, v.24, n.1, p.160-173, 2000.
- SANTOS, D. R.; GATIBONILL, L. C.; KAMINSKIL J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v.38, n.2, p.576-586, 2008.
- SANTOS, J. Z. L.; RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; CORTES, E. F. Crescimento, acúmulo de fósforo e frações fosfatadas em mudas de sete espécies arbóreas nativas. **R. Árvore**, v.32, n.5, p.799-807, 2008.
- SCHUMACHER, M. V.; CECONI, D. E.; SANTANA, C. A. Influência de diferentes doses de fósforo no crescimento de mudas de angico-vermelho (*Parapiptadenia rigida* (Bentham) Brenan). **R. Árvore**, v.28, n.1, p.149-155, 2004.
- SAEG - **Sistema para análise estatística**, versão 9.1: Fundação Arthur Bernades-UFV, Viçosa, 2007.
- SIDDIQI, M.Y.; GLASS, A.D.M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. **J. Plant Nutrition**, v.4, p.289-302, 1981.
- SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Embrapa informação tecnológica, nº 2 Brasília, 1999. p. 627.
- SOUZA, N. H.; MARCHETTI, M. E.; CARNEVALI, T. O.; RAMOS, D. D.; SCALON, S. P. Q.; SILVA, E. F. Estudo nutricional da canafístula (I): Crescimento e qualidade de mudas em resposta à adubação com nitrogênio e fósforo. **R. Árvore**, v.37, n.4, p.717-724, 2013.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. p. 918.
- TUCCI, C. A. F.; SANTOS, J. Z. L.; SILVA JUNIOR, C. H.; SOUZA, P. A.; BATISTA, I. M. P.; VENTURIN, N. Desenvolvimento de mudas de *Swietenia macrophylla* em resposta a nitrogênio, fósforo e potássio. **Floresta**, v.41, n.3, p.471-490, 2011.

ANEXOS

Tabela 1A - Quadrado médio da análise de variância de altura (H), número de folhas (NF), diâmetro do caule (D), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca das raízes (MSR), massa seca total (MST) relação massa seca de parte aérea (PARA), relação altura e diâmetro do caule (HD) e índice de qualidade de Dickson (IQD) da plantas de jurema branca em função de doses de fósforo aplicadas no Argissolo Amarelo.

Fontes de variação	G. L.	H	NF	D	MSPA	MSR	MST	PARA	HD	IQD
Doses de P	4	71,4487 ns	3,3016 ns	0,2463 *	0,4718 ns	0,0307 *	0,6080 ns	314,614 ns	3,5943 ns	0,0038 *
Bloco	4	23,5267 ns	0,4711 ns	0,0756 ns	0,1676 ns	0,0066 ns	0,2389 ns	449,983 ns	3,6521 ns	0,0005 ns
Resíduo	16	51,4967	1,1523	0,0813	0,1602	0,0073	0,2257	415,807	8,0933	0,0010
C.V. (%)		9,94	6,80	9,80	4,55	29,30	5,25	48,78	11,39	19,67

ns, * e ** não significativo e significativo pelo teste de F, a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 2A - Quadrado médio da análise de variância de altura (H), número de folhas (NF), diâmetro do caule (D), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca das raízes (MSR), massa seca total (MST) relação massa seca de parte aérea (PARA), relação altura e diâmetro do caule (HD) e índice de qualidade de Dickson (IQD) da plantas de jucá em função de doses de fósforo aplicadas no Argissolo Amarelo.

Fontes de variação	G. L.	H	NF	D	MSPA	MSR	MST	PARA	HD	IQD
Doses de P	4	32,9716 ns	1,4766 ns	0,0542 ns	0,2359 ns	0,0183 ns	0,3271 ns	8,7595 ns	0,6490 ns	0,0012 ns
Bloco	4	45,5468 ns	0,9461 ns	0,0260 ns	0,1637 ns	0,0108 ns	0,2270 ns	5,8034 ns	4,3416 ns	0,0006 ns
Resíduo	16	50,2737	1,3530	0,0329	0,1305	0,0099	0,1632	4,4568	6,1062	0,0008
C.V. (%)		17,54	8,78	7,44	4,65	17,65	4,84	14,93	14,93	10,46

ns, não significativo pelo teste de F, a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 3A - Quadrado médio da análise de variância de altura (H), número de folhas (NF), diâmetro do caule (D), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca das raízes (MSR), massa seca total (MST) relação massa seca de parte aérea (PARA), relação altura e diâmetro do caule (HD) e índice de qualidade de Dickson (IQD) da plantas de mulungu em função de doses de fósforo aplicadas no Argissolo Amarelo.

Fontes de variação	G. L.	H	NF	D	MSPA	MSR	MST	PARA	HD	IQD
Doses de P	4	4,7329 ns	0,7816 ns	0,5527 ns	1,7783 ns	3,2892 **	6,1559 *	2,3565 **	0,0617 ns	0,6255 **
Bloco	4	2,1406 ns	0,7288 ns	0,1723 ns	0,4502 ns	0,2436 ns	0,8817 ns	0,6065 ns	0,0115 ns	0,0779 ns
Resíduo	16	14,9875	0,6552	0,7621	0,8318	0,3657	1,3751	0,4765	0,1756	0,0976
C.V. (%)		10,18	8,23	7,91	14,11	21,64	12,66	26,90	12,11	19,56

ns, * e ** não significativo e significativo pelo teste de F, a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 4A - Quadrado médio da análise de variância de teores de fósforo (P) e acumulação de fósforo (AP) na parte aérea da planta e, eficiência de utilização de fósforo (EUP) pelas plantas de jurema branca, jucá e mulungu em função de doses de fósforo aplicadas no Argissolo Amarelo.

Fontes de variação	G. L.	Jurema Branca			Jucá			Mulungu		
		P	AP	EUP	P	AP	EUP	P	AP	EUP
Doses de P	4	0,5641*	64,4845**	0,5502ns	0,5196**	31,9313**	7,0989**	0,1939ns	44,4027*	0,0775ns
Bloco	4	0,1888ns	13,570ns	0,2280ns	0,0726ns	5,2298ns	0,6630ns	0,1938ns	11,4645 ns	0,1863ns
Resíduo	16	0,1551	7,9696	0,3664	0,0486	3,5955	0,6348	0,1205	11,5047	0,2049
C.V. (%)		13,83	11,28	19,03	12,43	13,76	17,22	19,57	17,24	20,98

ns, * e ** não significativo e significativo pelo teste de F, a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.