



HOLOS

ISSN: 1518-1634

holos@ifrn.edu.br

Instituto Federal de Educação, Ciência e

Tecnologia do Rio Grande do Norte

Brasil

TAVARES, S. R. L.; FRANCO, A. A.; SILVA, E. M. R.

RESPOSTA DE SABIÁ *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. A INOCULAÇÕES COM
RIZÓBIO E MICORRIZA EM DIFERENTES NÍVEIS DE FÓSFORO EM SOLO DE
RESTINGA DEGRADADO

HOLOS, vol. 4, 2016, pp. 36-55

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Natal, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=481554867006>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

RESPOSTA DE SABIÁ *Mimosa caesalpiniæfolia* Benth. A INOCULAÇÕES COM RIZÓBIO E MICORRIZA EM DIFERENTES NÍVEIS DE FÓSFORO EM SOLO DE RESTINGA DEGRADADO

S. R. L. TAVARES^{1*}, A. A. FRANCO² e E. M. R. SILVA²

¹Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA SOLOS)

²Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA AGROBIOLOGIA)
silvio.tavares@embrapa.br*

Artigo submetido em dezembro/2015 e aceito em abril/2016

DOI: 10.15628/holos.2016.3934

RESUMO

Para avaliar os efeitos da inoculação com *Bradyrhizobium*, fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e níveis de fósforo em mudas de sabiá *Mimosa caesalpiniæfolia* Benth, plantadas em um solo espodossolo humilúvico de restinga degradada, adubado com cinco níveis de fósforo e duas fontes fosfatadas, no crescimento, nodulação, colonização micorrízica e teores e acúmulos de macro e micronutrientes, foi realizado um experimento em vasos plásticos, utilizando um delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial completo $2 \times 4 \times 5$ com 4 repetições. Os tratamentos foram: duas fontes de fósforo (fosfato de rocha e super triplo); quatro tratamentos microbiológicos (testemunha não inoculada; rizóbio; micorriza; e rizóbio

+ micorriza); e cinco níveis de fósforo (0; 15; 30; 60 e 120 mg.kg⁻¹). Avaliaram-se as mudas aos 58 dias após o plantio. As mudas colonizadas apresentaram, em média, aumentos significativos em relação as não colonizadas, na maioria dos parâmetros estudados. Foram observadas em alguns parâmetros (principalmente os de crescimento), diferenças estatísticas entre fontes de fósforo. As doses de fósforo também influenciaram de maneira positiva incrementos em muitos parâmetros analisados. Os resultados mostram a importância da associação de plantas fixadoras de nitrogênio com FMA, juntamente com o fornecimento de fósforo no processo de recuperação de solos arenosos em restinga degradada.

PALAVRAS-CHAVE: Mudas florestais, FBN, simbiose, RAD, nutrição vegetal.

Mimosa caesalpiniæfolia Benth OF RESPONSE TO INOCULATIONS WITH RHIZOBIA AND MYCORRHIZA AT DIFFERENT LEVELS IN RESTIGA DEGRADED SOIL

ABSTRACT

To evaluate the effects of inoculation with *Bradyrhizobium*, mycorrhizal fungi and phosphorus levels in *Acacia mangium* Willd seedlings, planted in a soil Spodosol degraded sandbank, fertilized with five levels of phosphorus and two phosphate sources, in growth, nodulation, mycorrhizal colonization and content and accumulation of macro and micronutrients, an experiment was conducted in plastic pots, using a completely randomized design, full factorial $2 \times 4 \times 5$ with 4 repetitions. The treatments were: two sources of phosphorus (phosphate rock and super triple); four microbiological treatments (non-inoculated control;

rhizobia; mycorrhiza; rhizobia and mycorrhizal); and five phosphorus levels (0, 15, 30, 60 and 120 mg.kg⁻¹). We evaluated the seedlings to 58 days after planting. The colonized seedlings showed, on average, significant increases over the uncolonized in most parameters studied. They were observed in some parameters statistical differences between phosphorus sources. Phosphorus levels have also influenced positively increments in many parameters analyzed. The results show the importance of the association of nitrogen fixing plants with fungi, together with the phosphorus supply in sandy soils recovery process in degraded.

KEYWORDS: Grow seedlings, biological nitrogen fixation, symbiosis, recovery of degraded area, plant nutrition.

1 INTRODUÇÃO

Restingas e dunas de areia cobrem cerca de 5 mil km (79%) do litoral brasileiro. Localizados entre os ambientes marinho e continental, esses ecossistemas apresentam complexidade estrutural e diversidade biológica só comparáveis às florestas pluviais tropicais. A diversidade de *habitats* faz das restingas brasileiras um dos mais complexos ecossistemas existentes. Essas características que lhes conferem especiais interesse e valor, é em parte responsável pela fragilidade e susceptibilidade às perturbações causadas pelo homem. Este ambiente é alvo, desde os primórdios do descobrimento do País, de intensa devastação provocada pela ocupação humana.

Várias formas de ocupação desordenadas se estabeleceram ao longo do tempo. Porém, atualmente a pressão do fluxo turístico e, mais recentemente, a incorporação de áreas de restingas e até de dunas à utilização agrícola, aumentaram de forma exponencial a degradação desses ecossistemas.

No estado do Rio de Janeiro, o zoneamento agroecológico realizado pela Embrapa Solos contabilizou como área de restinga 3,18% ou 1.376 km² do território estadual. Algumas reservas nesse ambiente foram criadas, como a Reserva Ecológica de Jacarepiá, no município de Saquarema, pelo decreto 9.529-A, de 15/12/1986. No entanto, nem essa minúscula área de preservação foi respeitada e boa parte dessa reserva foi invadida e transformada em loteamento urbano, acompanhado de desmatamento e abertura de ruas, com a remoção do solo superficial.

Pesquisas que procurem o rápido restabelecimento da vegetação desse ecossistema, que utilizem tecnologias capazes de acelerar esse processo, que sejam de fácil aplicação e baixo custo são incipientes. A utilização de leguminosas arbóreas de rápido estabelecimento e crescimento, noduladas e micorrizadas, como agentes promotores da recuperação dessas áreas de restingas foi o objeto de estudo desse trabalho para contribuir com a preservação desse ambiente

A utilização de leguminosas em Programas de Recuperação de Áreas Degradas (PRAD) é de considerável importância, devido a capacidade destas em fixar o N₂ atmosférico em simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*, o que possibilita a manutenção de níveis adequados de nitrogênio no solo para o crescimento vegetal, dispensando o uso de fertilizantes nitrogenados, que além de caros, podem exercer impactos sobre os ecossistemas. Além dessas bactérias, fungos micorrízicos devem serem adicionados aos pacotes biotecnológicos visando baratear a tecnologia e aumentar a eficiência desses e outros nutrientes no sistema solo-planta.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a resposta da *Mimosa caesalpiniæfolia* Benth. (Sabiá) à doses de fósforo, inoculações com fungos micorrízicos e rizóbios em um solo de restinga degradado da Região dos Lagos (Saquarema, RJ) utilizando diferentes fontes e doses de fósforo.

2 METODOLOGIA

O presente estudo constou de um experimento conduzido em vasos plásticos com capacidade de 10 litros mantidos à descoberto no campus da Embrapa Agrobiologia, no município de Seropédica, RJ, localizado a 22°46' de latitude sul e 43°41' de longitude oeste, com altitude de 33 metros.

O substrato utilizado foi proveniente de um solo classificado como Espodossolo, coletado num ecossistema de restinga a uma profundidade de 0-20 cm na área de preservação ambiental de Jacarapiá, no município de Saquarema, RJ, passado em peneira de 5 mm, apresentando as seguintes características físicas e químicas: pH em água (1:2,5) = 5,1; N = 12 g.dm⁻³; P = 1 mg.dm⁻³; K = 0,5 mmol_c.dm⁻³; Ca²⁺ + Mg²⁺ = 7 mmol_c.dm⁻³; Al³⁺ = 0 mmol_c.dm⁻³; H⁺ + Al³⁺ = 5 mmol_c.dm⁻³; Na = 0,26 mmol_c.dm⁻³; C = 2,4 g.dm⁻³; M.O. = 5,0 g.dm⁻³; soma de bases (S) = 5 mmol_c.dm⁻³; CTC = 16 mmol_c.dm⁻³; saturação de bases (V) = 29,0%; areia grossa = 950 g.dm⁻³; areia fina = 10 g.dm⁻³; silte = 20 g.dm⁻³; argila = 20 g.dm⁻³ de solo. As densidades real e aparente, em g.cm⁻³ foram respectivamente: 2,63 e 1,72. A porosidade total determinada e calculada em % foram respectivamente: 40 e 35. A macroporosidade determinada e calculada em % foram 35 e 30 e a microporosidade (%) = 5. A condutividade hidráulica foi superior a 25 cm/h (classe de permeabilidade = muito rápida). Esses resultados foram obtidos conforme metodologias descritas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1979.

Tabela 1: Análise química do substrato utilizado para a produção de mudas e do solo de restinga natural adubado com os diferentes níveis de fósforo e de fontes de fertilizantes fosfatados:

Amostra	P	M.O.	pH	K	Ca	Mg	V
	mg.dm ⁻³	g.dm ⁻³	CaCl ₂	mmol _c . dm ⁻³			%
Substrato	192	68,0	6,2	12,0	277,0	44,0	96
0	4	5,0	4,9	0,5	3,0	1,0	29
FR 15	6	5,0	4,6	1,0	1,0	1,0	23
FR 30	8	5,0	4,6	1,1	1,0	1,0	24
FR 60	10	5,0	4,8	1,2	1,0	1,0	30
FR 120	16	5,0	4,4	1,4	4,0	1,0	35
ST 15	9	5,0	4,7	1,1	1,0	1,0	24
ST 30	14	5,0	6,0	1,8	2,0	1,0	35
ST 60	33	5,0	5,1	1,3	4,0	1,0	39
ST 120	49	5,0	4,9	1,2	5,0	1,0	47

As análises mineralógicas na fração terra fina, realizadas no laboratório de mineralogia da Embrapa Solos, revelaram a presença de quartzo em percentual extremamente dominante de superfície fosca, subarredondados, arredondados e bem arredondados; presença de mineral opaco ilmenita e rutilo (alguns apresentando alterações); traços de turmalina, rutilo (transparente), zicão, mica alterada, leucoxênio e feldspato.

No substrato em questão, foi realizada uma avaliação da densidade de esporos de fungos micorrízicos nativos, após a separação de esporos por peneiramento úmido (GERDEMANN & NICOLSON, 1963) e centrifugação e flutuação em sacarose (JENKINS, 1974). Após a recuperação dos esporos no solo, a quantificação foi efetuada com o auxílio de um microscópio estereoscópico, que revelou uma média de 580 esporos por 50 ml de solo. Os esporos foram contados e montados em lâminas para caracterização. Os tipos mais encontrados foram identificados em nível de gênero e o predominante, em nível de espécie. Esses esporos de fungos micorrízicos nativos foram coletados em 40 pontos diversos aleatórios da área deste solo de restinga sob clareiras (sem vegetação arbórea, mas apresentando vegetação rasteira composta basicamente por *Paspalum maritimum* ou em área sem nenhuma vegetação), nas camadas de 0 a 40 cm de profundidade formando assim 4 amostras compostas oriundas de 40 amostras simples. O número de esporos

citados anteriormente, representa uma média dessas repetições. Os fungos encontrados foram *Acaulospora sp*, *Glomus macrocarpum* e *Glomus etunicatum*.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com os tratamentos dispostos em esquema fatorial completo $2 \times 5 \times 4$ com 4 repetições, formados por duas fontes de adubos fosfatados (fosfato de rocha e supertriplo) \times 5 níveis de adubação (0; 15; 30; 60 e 120 mg de P por quilo de solo) e os 4 tratamentos microbiológicos: Testemunha sem inoculação (Test.), Inoculado com *bradyrhizobium* (R); Inoculado com fungo micorrízico arbuscular (M); Inoculado com *bradyrhizobium* e fungo micorrízico arbuscular (R+M). Foram utilizados mudas produzidas em substrato contendo em volume: 30% de areia; 30% de argila; 30% de comporto orgânico e 10% de fosfato de rocha. As mudas foram transplantadas para os vasos experimentais aos 125 dias após semeadas e mantidas em casa-de-vegetação em ambiente com condições climáticas controladas.

Devido o substrato apresentar baixos níveis dos nutrientes essenciais à produção vegetal, foi realizada uma adubação inicial nos vasos de modo a não comprometer as observações experimentais e se aproximar das condições de plantio reais de campo. Foi feita uma adubação potássica de 0,48 g de K_2SO_4 /vaso, que corresponde a 48 kg de K_2O/ha (nível recomendado por FREIRE & ALMEIDA (1988) para plantio de espécies florestais para o Estado do Rio de Janeiro), visando o suprimento de K e S e uma adubação de 2,5 g por vaso de FTE BR 12, como fonte de micronutrientes, além da adubação fosfática com as duas fontes e os quatro níveis de adição de fósforo. Foram realizadas também duas adubações de manutenção com 3,7 g de $CaCl_2 \cdot 2H_2O$; 4,3 g de $CaSO_4 \cdot 2H_2O$; 2,5 g de $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ e 0,48 g de K_2SO_4 (todos os sais utilizados foram da marca MERK p.a.), aos 20 e 40 dias após o transplantio de cada espécie para os vasos.

O sabiá foi colhido aos 59 dias após o transplantio. Os parâmetros avaliados foram altura, massa seca da parte aérea e das raízes, diâmetro à altura do colo, número e peso dos nódulos secos, porcentagem de colonização pelas MVAs (PHILLIPS & HAYMAN (1970), adaptados por ABBOTT & ROBSON (1981) e concentração de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Mn, Fe e Zn (Manual de Métodos de Análises de Solos da Embrapa Solos).

Os parâmetros estudados foram submetidos às análises de variância e teste de médias, utilizando-se o Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG), desenvolvido pelo setor de processamento de dados da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Todos os parâmetros estudados foram submetidos, antes das análises estatísticas paramétricas usuais, ao teste de Lillieforms (que é uma derivação do teste de Kolmogorov-Smirnov), para verificar se os valores de dados de uma determinada variável seguem ou não uma distribuição de médias e desvios-padrão calculados na mesma amostra (se eles têm distribuições normais). Os dados também foram submetidos ao teste de Cochran que é usado para a verificação da homogeneidade de variâncias. Estes testes visam viabilizar a aplicação das análises de variância, que só poderá ser aplicada a um conjunto de observações se estiverem satisfeitas as pressuposições de independência, normalidade e variância constante (VIEIRA & HOFFMANN, 1989).

Alguns parâmetros reprovados nos testes tiveram seus valores transformados e em seguida foram novamente submetido aos mesmos testes, até se chegar a uma transformação de dados aceita e aprovada pelo modelo matemático. Só a partir destes testes preliminares é que as variáveis em estudo foram submetidas aos testes de significância, testes de médias e análises de regressão. Os dados referentes ao número de nódulos e colonização micorrízica foram

transformados por $\sqrt{x+1}$ e arco seno $\sqrt{x}/100$, respectivamente para fins das análises estatísticas no software utilizado.

As análises de regressões, foram calculadas em todas as aproximações e desmembramentos efetuados nas tabelas de ANOVA, utilizando o procedimento REGRELIN do SAEG, por ser o mais recomendado quando, na análise de variância, existem fontes de variação do tipo nível ou suas classes não são independentes entre si e não são também equidistantes (MONTGOMERY & PECK, 1982).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Influência das fontes de fósforo e tratamentos microbiológicos

Os resultados de crescimento, nodulação e colonização micorrízica das mudas de sabiá, em função das fontes de P e da inoculação com microorganismos sinergísticos encontram-se nas tabelas 2 e 3 e os resultados dos parâmetros nutricionais (teores e acúmulos de macro e micronutrientes) encontram-se nas tabelas 4 a 7, respectivamente.

Tabela 2: Médias e testes de médias dos parâmetros de crescimento, nodulação e colonização micorrízica observadas em mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth), submetidas à inoculações com *Bradyrhizobium* e fungos micorrízicos arbusculares, em diferentes fontes e níveis de fósforo, aos 58 dias após o transplantio para vasos com solo de restinga (média de 4 repetições -valores por planta):

Parâmetro	Fonte de Fósforo ⁽¹⁾	TM ⁽¹⁾	Níveis de P (mg P.Kg ⁻¹ de solo)					Média	
			0	15	30	60	120		
Altura - H (cm)	FR	Test.	17,77	18,57	18,87	18,42	17,30	18,19	b
		R	40,72	46,62	48,80	54,27	55,40	49,16	a
		M	17,07	18,67	20,15	21,30	22,90	20,02	b
		R + M	38,95	44,45	44,60	53,42	54,20	47,12	a
		Média	28,63	32,08	33,10	36,85	37,45	33,62	
	ST	Test.	17,60	18,50	18,55	20,12	16,05	18,16	b
		R	42,82	47,32	47,17	51,42	55,85	48,92	a
		M	17,37	20,92	22,15	21,50	19,85	20,44	b
		R + M	40,85	45,32	46,02	51,45	50,87	46,90	a
		Média	29,66	33,02	33,58	36,12	35,66	33,61	
Diâmetro à Altura do Colo - D (mm)	FR	Test.	2,84	2,91	3,20	3,37	3,01	3,07	b
		R	5,21	5,41	5,52	5,71	5,92	5,55	a
		M	2,59	2,60	2,91	2,62	3,04	2,75	b
		R + M	5,45	5,58	5,54	5,60	5,86	5,61	a
		Média	4,02	4,12	4,29	4,33	4,46	4,25	B
	ST	Test.	2,80	2,86	2,85	3,26	3,47	3,05	b
		R	5,33	5,66	6,10	6,36	6,44	5,98	a
		M	2,72	3,01	3,02	3,16	3,02	2,99	b
		R + M	5,41	5,74	6,21	6,12	6,70	6,04	a
		Média	4,07	4,32	4,55	4,73	4,91	4,51	A
Massa Seca da Parte Aérea- MSPA(g.pl ⁻¹)	FR	Test.	0,69	0,71	0,82	0,86	0,88	0,79	b
		R	6,19	6,46	6,58	6,71	7,19	6,63	a
		M	0,69	0,76	0,83	1,03	1,15	0,89	b
		R + M	6,15	6,49	6,60	6,68	7,10	6,60	a
		Média	3,43	3,60	3,71	3,82	4,08	3,73	
	ST	Test.	0,68	0,89	0,93	1,06	1,05	0,92	b
		R	6,15	6,51	6,88	7,03	7,81	6,88	a
		M	0,65	0,81	0,82	1,37	1,25	0,98	b

		R + M	6,10	6,61	6,96	7,23	7,58	6,90	a
		Média	3,39	3,71	3,90	4,17	4,42	3,92	
Massa Seca das Raízes - MSR (g.pl ⁻¹)	FR	Test.	0,62	0,69	0,74	0,73	0,59	0,68	b
		R	2,31	2,44	2,56	2,61	2,67	2,52	a
		M	0,54	0,56	0,62	0,70	0,90	0,66	b
		R + M	2,35	2,62	2,75	2,79	2,78	2,66	a
		Média	1,46	1,58	1,67	1,71	1,73	1,63	B
	ST	Test.	0,61	0,64	0,74	0,97	0,92	0,78	b
		R	2,29	2,55	2,69	2,83	3,16	2,70	a
		M	0,56	0,58	0,65	0,98	0,90	0,73	b
		R + M	2,38	2,67	2,73	2,89	3,01	2,74	a
		Média	1,46	1,61	1,71	1,92	1,99	1,74	A
Massa dos Nódulos Secos-MNS (mg.pl ⁻¹) ⁽²⁾	FR	Test.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	c
		R	930	1020	1130	1070	850	1000	a
		M	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	c
		R + M	630	730	880	910	1050	810	b
		Média	780	870	1010	990	950	450	
	ST	Test.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	c
		R	830	840	890	930	1140	930	a
		M	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	c
		R + M	660	540	490	1090	670	690	b
		Média	740	690	690	1010	910	400	
Nº de Nódulos NN ⁽²⁾	FR	Test.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	c
		R	304	339	264	248	180	267	a
		M	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	c
		R + M	181	183	165	201	210	188	b
		Média	242	261	214	224	195	114	
	ST	Test.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	c
		R	270	381	332	294	307	317	a
		M	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	c
		R + M	192	177	172	273	127	188	b
		Média	231	279	252	283	217	126	
MSR/MSPA	FR	Test.	0,94	0,99	0,91	0,85	0,66	0,88	a
		R	0,38	0,38	0,39	0,39	0,38	0,38	b
		M	0,80	0,76	0,73	0,71	0,94	0,79	a
		R + M	0,37	0,41	0,42	0,42	0,40	0,41	b
		Média	0,63	0,64	0,61	0,59	0,59	0,61	
	ST	Test.	0,90	0,95	0,84	0,91	0,86	0,89	a
		R	0,37	0,39	0,39	0,40	0,40	0,39	b
		M	0,87	0,74	0,79	0,72	0,83	0,79	a
		R + M	0,39	0,42	0,39	0,41	0,40	0,40	b
		Média	0,63	0,63	0,60	0,61	0,62	0,62	
MMS/NN	FR	Test.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	c
		R	3,06	3,01	4,28	4,31	4,72	3,88	b
		M	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	c
		R + M	3,48	3,99	5,33	4,53	5,00	4,47	a
		Média	1,63	1,75	2,40	2,21	2,43	2,08	A
	ST	Test.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	c
		R	3,07	2,20	2,68	3,16	3,71	2,96	b
		M	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	c
		R + M	3,44	3,05	2,85	3,99	5,27	3,72	a
		Média	1,63	1,31	1,38	1,79	2,24	1,67	B
Taxa de Colonização Micorrízica ⁽³⁾ (%)	FR	Test.	5,76	5,81	5,67	5,33	5,59	5,63	b
		R	3,30	7,26	6,05	7,68	10,07	6,87	b
		M	43,91	47,50	40,23	41,42	46,36	43,88	a

	R + M	47,77	43,51	38,91	42,99	40,32	42,70	a
	Média	25,18	26,02	22,71	24,35	25,58	24,77	
ST	Test.	5,65	8,27	8,57	6,73	8,32	7,51	b
	R	5,59	8,79	8,37	8,60	7,49	7,77	b
	M	42,81	44,73	47,76	48,05	47,64	46,05	a
	R + M	43,58	39,34	46,97	39,13	36,10	40,98	a
	Média	24,41	25,28	27,92	25,63	24,89	25,58	

⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Letra maiúscula, compara fontes de P; minúscula, compara tratamentos microbiológicos

⁽²⁾Dados originais, sendo a análise de variância feita com os dados transformados em $\sqrt{x} + 1$.

⁽³⁾Dados originais, sendo a análise de variância feita com os dados transformados em arco seno $\sqrt{x}/100$.

Tabela 3. Equações de regressão dos parâmetros de crescimento, nodulação e colonização micorrízica observadas em mudas de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth, submetidas a inoculações com *Bradyrhizobium* e Fungos Micorrízicos Arbusculares em diferentes fontes (Fosfato de Rocha - Fr e Supertriplo - Ft) e níveis de fósforo (0; 15; 30; 60 e 120 mg P.kg⁻¹ de solo), aos 59 dias após o transplantio para vasos com solos de restinga.

Trat.	Variável ⁽¹⁾	Equações ⁽²⁾	R ²
FrT	H	$Y = \text{n.s}$	
	D	$Y = \text{n.s}$	
	MSPA	$Y = \text{n.s}$	
	MSR	$Y = \text{n.s}$	
	MSR/MSPA	$Y = 0,99 - 0,0026^{**} x$	0,91
	MSN	$Y = 93,405 + 1,349^{**} x - 0,587^{**} x^2 + 0,00037^{**} x^3$	0,76
	NN	$Y = 41,35 + 2,14^{**} x - 0,034^{**} x^2 + 0,00016^{**} x^3$	0,95
	MSN/NN	$Y = 235,84 - 1,754^{**} x + 0,00297^{**} x^2$	0,95
	COL.MIC.	$Y = \text{n.s}$	
	H	$Y = 41,20 + 0,32^{**} x - 0,007^{**} x^2$	0,99
	D	$Y = 5,31 + 0,0056^* x$	0,93
	MSPA	$Y = \text{n.s}$	
FrR	MSR	$Y = \text{n.s}$	
	MSR/MSPA	$Y = \text{n.s}$	
	MSN	$Y = 0,945 + 0,0063 x - 0,000059^* x^3$	0,91
	NN	$Y = 319,94 - 1,174^{**} x$	0,86
	MSN/NN	$Y = 0,85 + 0,27^{**} x - 0,006^{**} x^2 + 0,00003^{**} x^3$	0,42
	COL.MIC.	$Y = \text{n.s}$	
	H	$Y = 17,99 + 0,045^* x$	0,90
	D	$Y = \text{n.s}$	
	MSPA	$Y = \text{n.s}$	
	MSR	$Y = 0,52 + 0,003^* x$	0,99
	MSR/MSPA	$Y = \text{n.s}$	
FrM	MSN	$Y = 881,85 - 60,05^{**} x + 1,16^{**} x^2 - 0,006^{**} x^3$	0,96
	NN	$Y = 113,43 - 6,48 x + 0,25^{**} x^2 - 0,0017^{**} x^3$	0,98
	MSN/NN	$Y = 40,66 + 5,558^{**} x - 0,048^{**} x^3$	0,78
	COL.MIC.	$Y = \text{n.s}$	
	H	$Y = 38,87 + 0,31^{**} x - 0,0015^{**} x^2$	0,95
	D	$Y = \text{n.s}$	
	MSPA	$Y = \text{n.s}$	
	MSR	$Y = 2,54 + 0,0027^* x$	0,49
	MSR/MSPA	$Y = \text{n.s}$	
	MSN	$Y = 0,664 + 0,0033^{**} x$	0,95
	NN	$Y = \text{n.s}$	
FrRM	MSN/NN	$Y = \text{n.s}$	
	COL.MIC.	$Y = \text{n.s}$	
	H	$Y = \text{n.s}$	
	D	$Y = 2,77 + 0,0061^* x$	0,92
FtT	H	$Y = \text{n.s}$	
	D	$Y = \text{n.s}$	

	MSPA	$Y = \text{n.s}$	
	MSR	$Y = 0,65 + 0,0029^* x$	0,70
	MSR/MSPA	$Y = \text{n.s}$	
	MSN	$Y = \text{n.s}$	
	NN	$Y = \text{n.s}$	
	MSN/NN	$Y = \text{n.s}$	
	COL.MIC.	$Y = \text{n.s}$	
FtR	H	$Y = 44,39 - 0,1^{**} x$	0,94
	D	$Y = 5,34 + 0,027^{**} x - 0,00015^* x^2$	0,98
	MSPA	$Y = 6,29 + 0,013^{**} x$	0,96
	MSR	$Y = 2,41 + 0,0066^{**} x$	0,94
	MSR/MSPA	$Y = \text{n.s}$	
	MSN	$Y = 0,807 + 0,0026^{**} x$	0,97
	NN	$Y = \text{n.s}$	
	MSN/NN	$Y = \text{n.s}$	
FtM	COL.MIC.	$Y = \text{n.s}$	
	H	$Y = \text{n.s}$	
	D	$Y = \text{n.s}$	
	MSPA	$Y = \text{n.s}$	
	MSR	$Y = 0,586 + 0,00329^{**} x$	0,67
	MSR/MSPA	$Y = \text{n.s}$	
	MSN	$Y = 50,76 - 0,21^{**} x$	0,62
	NN	$Y = 91,9 - 2,84^{**} x + 0,27^{**} x^2 - 0,0017^{**} x^3$	0,88
FtRM	MSN/NN	$Y = 62,06 + 13,71^{**} x - 0,36^{**} x^2 + 0,0019^{**} x^3$	0,99
	COL.MIC.	$Y = \text{n.s}$	
	H	$Y = 40,99 + 0,25^{**} x - 0,0014^* x^2$	0,97
	D	$Y = 5,61 + 0,095^{**} x$	0,85
	MSPA	$Y = 6,40 + 0,011^{**} x$	0,85
	MSR	$Y = 2,53 + 0,0045^{**} x$	0,81
	MSR/MSPA	$Y = \text{n.s}$	
	MSN	$Y = 0,683 - 0,25 x + 0,00085^* x^2 - 0,000005^{**} x^3$	0,97
	NN	$Y = 195,66 - 3,94 x + 0,14^* x^2 - 0,00097^* x^3$	0,99
	MSN/NN	$Y = \text{n.s}$	
	COL.MIC.	$Y = \text{n.s}$	

⁽¹⁾ Variáveis: H (Altura); D (Diâmetro do colo); MSPA (Massa Seca da Parte Aérea); MSR (Massa Seca das Raízes); MSR/MSPA (Massa Seca das Raízes/Massa Seca da Parte Aérea); MSN (Massa Seca dos Nódulos); NN (Número dos Nódulos); MSN/NN (Massa Seca dos Nódulos/Número de Nódulos) e COL.MIC. (Colonização Micorrízica).

⁽²⁾ * e ** Significativo a 5 % e 1% de probabilidade, respectivamente.

Observa-se que todos os parâmetros da tabela 2 foram influenciados pela aplicação dos tratamentos microbiológicos e que as diferentes fontes de fósforo só influenciaram o diâmetro à altura do colo (D), a massa seca das raízes (MSR) e a relação massa seca dos nódulos/número de nódulos (MSN/NN). Apenas ocorreu efeito interativo entre as fontes de fósforo e tratamentos microbiológicos no parâmetro MSN/NN.

Dentre os tratamentos microbiológicos, aqueles que foram inoculados com rizóbio isolado (R) ou em conjunto com fungos micorrízicos (R + M) apresentaram, em relação aos parâmetros de crescimento, maiores incrementos do que os tratamentos sem inoculações microbiológicas. Na massa seca dos nódulos (MSN) e no número de nódulos (NN) em ambas as fontes, o rizóbio isolado (R) superou em média o tratamento rizóbio em conjunto (R + M). O tratamento R + M superou o tratamento R no parâmetro MSN/NN (Tabela 2).

Houve uma pequena taxa de infecção micorrízica pelos fungos nativos da restinga (em torno de 7%), embora os fungos introduzidos tenham superado estatisticamente os autóctones (com a média de 43%), não diferindo entre os tratamentos M e R + M em nenhuma das duas fontes

de fósforo utilizadas. Segundo SIQUEIRA et all. (1993), fungos introduzidos geralmente são efetivos em promover o crescimento, mas podem apresentar baixa adaptabilidade ao novo ambiente, pois em geral os FMAs apresentam uma faixa estreita de tolerância a condições ambientais. Deste modo, a avaliação da efetividade simbiótica de fungos autóctones do ecossistema onde se pretende praticar a inoculação ou transplantar mudas pré-colonizadas, torna-se de grande importância e até mesmo essencial para a definição de estratégias a serem adotadas em programas visando a utilização de tais fungos na agricultura.

Na restinga em questão, apesar de serem contabilizados pelo método de contagem de esporos descritos por GERDERMANN & NICOLSON (1963), uma elevada densidade de esporos na camada superficial do solo degradado (580 esporos/ 50 ml de solo) define a grande efetividade dos fungos introduzidos e mostra a importância do estudo de cada situação onde se pretenda introduzir espécies alóctones, porque a presença e/ou abundância de determinados esporos de FMAs nativos em um solo não necessariamente são indicativos que essa(s) espécie(s) é(são) ativa(s) no sistema capaz(es) de colonizar e se multiplicar(em) nas raízes das plantas hospedeiras e, principalmente, em plantas introduzidas como foi o caso desse estudo. Pode ainda indicar a dificuldade de substituição de fungos micorrízicos já estabelecidos nas plantas.

Vale salientar, entretanto, que as informações aqui discutidas não devem ser interpretadas como um teste de competitividade entre os fungos introduzidos e os nativos, por se tratar de uma avaliação que foi realizada desde o princípio a favor do fungo introduzido, já que as mudas foram produzidas em substrato estéril (volume = 100 ml) e transplantadas para vasos com solo não estéril de restinga (volume = 10.000 ml) já contendo os fungos nativos. Durante a primeira fase do experimento (produção das mudas) a taxa de infecção micorrízica no sabiá foi em média 24% nos tratamentos microbiológicos M e R + M. Após o transplante para o solo de restinga contendo esporos nativos, essa taxa praticamente dobrou (43%) e houve uma colonização média de 7% nos tratamentos que não continham inoculação fúngica, mostrando com isso o potencial de inóculo dos fungos indígenas. Por ser este solo degradado, provavelmente o inóculo nativo tenha sido modificado, resultando em baixa infecção (7%).

As respostas do sabiá em relação a outras espécies arbóreas indicadas para RAD nas diferentes fontes de fósforo foram relativamente baixas. Espécies vegetais diferentes respondem distintamente a diferente suplementação de adubação fosfatada. Neste caso, é provável que o sabiá possua mecanismos fisiológicos menos eficientes na absorção e/ou uso de P. Essas diferenças estão relacionadas com a atividade metabólica da planta, extensão e geometria do sistema radicular. Outro fator a se levar em consideração é o fato de que a *Mimosa Caesalpiniaceaefolia* é uma planta originária do semiárido brasileiro, vegetando em solos pouco intemperizados e, consequentemente, mais férteis do que a quase totalidade dos solos brasileiros, principalmente em P. Já as outras espécies indicadas geralmente são oriundas de regiões úmidas e semiúmidas da Austrália e da Papua-Nova Guiné, crescendo em solos ácidos pobres em P.

Solos com diferentes texturas e constituições minerais respondem com particularidades diferentes a fontes e teores de fósforo adicionadas a eles. Geralmente solos com classificação textural areia ou próximo a ela têm baixa ou nenhuma capacidade de fixação dos fosfatos, servindo mais como diluente da atividade dos coloides, uma vez que quanto maior o teor de areia do solo, menor será o teor de fosfato fixado e maior a disponibilidade direta deste elemento.

GAVA et al., 1996, avaliando a eficiência relativa de três fontes de P como fonte de nutrientes para o cultivo de eucalipto em um latossolo vermelho-escuro (Le) apresentando 230 g.kg⁻¹ de argila e em um Neossolo Quartzarênico (Nq) apresentando 50 g kg⁻¹ de argila, observaram que as porcentagens de fósforo recuperado pelo extrator resina relativamente às quantidades de P aplicadas foram, em média, cerca de 10% menores no Le comparativamente ao Nq. No solo com menor teor de argila a fonte de fosfato menos reativa (termofosfato magnesiano) foi o adubo que causou os maiores acréscimos do nível de fertilidade dos solos e o que proporcionou maior crescimento das mudas de *E. grandis* no solo Nq. Por outro lado, foi a pior fonte no solo Le. Neste solo, a melhor fonte foi o superfosfato simples.

É inquestionável que a forma mais prática e eficiente de aplicação de adubo fosfatado em plantio de mudas de árvores a campo seja misturando o adubo na cova de plantio. Como essa forma de aplicação já é consolidada na nossa cultura quando se trata de plantios de espécies arbóreas o “volume” de solo teoricamente seria o mesmo quando efetuamos o plantio de uma determinada espécie, independentemente da fonte de adubo utilizada. Por este motivo (igual volume de solo para diferentes fontes de P) é que nos solos que possuem um maior teor de areia em constituição, os fosfatos menos reativos tendem a ter um melhor desempenho agronômico.

Os teores de M, P, K, Ca, Mg e Fe foram maiores nos tratamentos Test. e M, nas duas fontes de P, indicando um efeito de diluição desses nutrientes nos tecidos das plantas, favorecido pelo crescimento vegetal nos tratamentos com inoculação com rizóbio. O Mn teve um maior teor nos tratamentos com rizóbio isolado ou em conjunto com micorriza. Os teores dos outros elementos não apresentaram comportamento diferenciado em relação aos tratamentos microbiológicos. Todos os nutrientes tiveram os maiores acúmulos nos tratamentos R e R + M, pelo fornecimento de N via rizóbio e, consequentemente, produziram uma maior massa seca da parte aérea vegetal. Apenas ocorreu interação significativa (Fonte x TM) no fósforo total acumulado em nível de 5% de probabilidade pela ANOVA.

Na tabela 4 forma identificados que os teores de N na parte aérea do sabiá (em média 24 g.Kg⁻¹) nos tratamentos microbiológicos realizados neste experimento estão em concordância com a média encontrada por outros autores para esta espécie (MONTEIRO, 1990; OLIVEIRA, 1993). O desenvolvimento das plantas de sabiá no aspecto morfológico em relação a Test. e M praticamente não ocorreu se compararmos o final da fase de produção das mudas e a fase final do transplante para os vasos.

Tabela 4: Médias e testes de médias dos parâmetros nutricionais (teores e acúmulo de macronutrientes na parte aérea), observadas em mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniæfolia* Benth), submetidas à inoculações com *Bradyrhizobium* e fungos micorrízicos arbusculares, em diferentes fontes e níveis de fósforo, aos 58 dias após o transplante para vasos com solo de restinga (média de 4 repetições-valores por planta).

Parâmetro	Fonte de Fósforo ⁽¹⁾	TM ⁽¹⁾	Níveis de P (mg P.Kg ⁻¹ de solo)					Média	
			0	15	30	60	120		
N (g.Kg ⁻¹)	FR	Test.	25,10	25,25	27,25	23,45	25,20	25,25	ab
		R	23,15	23,05	22,25	21,30	19,65	21,88	c
		M	27,80	26,80	30,00	22,25	21,35	25,64	a
		R + M	21,95	24,95	23,15	20,95	23,20	22,84	bc
		Média	24,50	25,01	25,66	21,99	22,35	23,90	B
	ST	Test.	27,00	30,10	25,35	24,95	27,70	27,02	a
		R	23,00	21,85	23,50	23,25	23,45	23,01	b
		M	28,40	26,60	27,35	28,50	31,55	28,48	a
		R + M	23,45	22,00	23,40	25,75	22,55	23,43	b

N Total (mg/planta)	FR	Média	25,46	25,14	24,90	25,61	26,31	15,50	A
		Test.	17,28	17,76	22,21	19,97	22,41	19,93	b
		R	143,8	151,6	145,9	142,1	139,7	144,6	a
		M	19,37	20,44	24,86	22,80	24,69	22,40	b
		R + M	135,5	160,3	154,5	139,9	163,9	150,8	a
	ST	Média	79,00	87,51	86,86	81,19	87,71	84,40	B
		Test.	18,47	28,25	23,18	26,49	29,25	25,13	b
		R	142,1	141,9	164,4	162,2	183,1	158,8	a
		M	18,48	21,38	22,96	38,44	40,31	28,31	b
		R + M	143,5	142,6	163,2	185,1	170,3	160,9	a
P (g.Kg ⁻¹)	FR	Média	80,63	83,57	93,43	103,0	105,7	93,30	A
		Test.	1,53	1,57	1,62	1,91	1,78	1,68	b
		R	1,29	1,36	1,40	1,41	1,48	1,39	c
		M	2,28	2,31	2,38	2,41	2,41	2,34	a
		R + M	1,01	1,24	1,26	1,40	1,49	1,28	c
	ST	Média	1,53	1,62	1,67	1,78	1,79	1,68	B
		Test.	1,58	1,66	1,76	1,77	1,75	1,70	b
		R	1,11	1,27	1,51	1,60	1,78	1,46	c
		M	2,26	2,38	2,51	2,58	2,71	2,49	a
		R + M	1,29	1,35	1,40	1,54	1,73	1,46	c
P Total (mg/planta)	FR	Média	1,56	1,67	1,80	1,87	1,99	1,78	A
		Test.	1,06	1,11	1,32	1,63	1,58	1,34	b
		R	7,89	8,69	9,17	9,46	10,59	9,16	a
		M	1,57	1,75	1,98	2,51	2,71	2,10	b
		R + M	6,26	7,84	8,42	0,21	10,51	8,45	a
	ST	Média	4,20	4,85	5,22	5,70	6,35	5,26	B
		Test.	1,08	1,46	1,68	1,89	1,83	1,59	c
		R	6,79	8,24	10,31	11,00	13,88	10,04	a
		M	1,47	1,93	2,08	3,55	3,39	2,49	b
		R + M	7,89	8,73	9,75	10,99	13,10	10,09	a
K (g.Kg ⁻¹)	FR	Média	4,31	5,09	5,96	6,86	8,05	6,05	A
		Test.	22,87	23,25	22,37	22,00	20,37	22,17	a
		R	10,87	12,62	12,37	12,87	11,50	12,05	b
		M	23,75	22,25	21,00	20,62	19,25	21,37	a
		R + M	12,12	14,12	12,37	13,25	13,62	13,10	b
	ST	Média	17,41	18,06	17,03	17,19	16,19	17,17	B
		Test.	20,12	22,37	22,00	22,37	22,62	21,90	a
		R	11,37	12,75	13,50	14,25	14,62	13,30	b
		M	23,87	22,62	21,75	22,75	24,00	23,00	a
		R + M	12,00	13,50	13,50	14,37	14,87	13,65	b
K Total (mg/planta)	FR	Média	16,84	17,81	17,69	18,44	19,03	17,96	A
		Test.	16,02	16,38	18,33	18,81	18,14	17,54	b
		R	68,09	81,26	81,34	85,92	82,21	79,76	a
		M	16,41	16,79	17,49	21,13	21,28	18,62	b
		R + M	75,17	89,71	82,82	88,83	93,19	85,95	a
	ST	Média	43,92	51,04	50,00	53,67	53,70	50,47	B
		Test.	13,67	20,01	20,05	23,75	23,75	20,25	b
		R	69,50	82,95	92,69	99,24	113,8	91,64	a
		M	15,55	18,31	17,95	30,93	30,01	22,55	b
		R + M	73,07	88,14	94,31	102,8	112,2	94,11	a
Ca (g.Kg ⁻¹)	FR	Média	42,95	52,35	56,25	64,18	69,96	57,14	A
		Test.	17,57	19,95	19,88	17,57	16,37	18,27	a
		R	16,70	13,52	14,40	14,70	15,12	14,89	b
		M	14,27	16,10	14,90	15,12	17,40	15,56	b
		R + M	14,25	13,60	15,30	14,42	14,65	14,44	b
	ST	Média	15,70	15,79	16,22	15,45	15,88	15,79	

Ca Total (mg/planta)	ST	Test.	17,17	18,40	14,67	18,05	20,45	17,74	a
		R	15,50	13,52	14,82	15,07	16,03	14,99	b
		M	13,80	14,42	16,15	15,00	15,92	15,06	b
		R + M	14,67	12,80	11,45	14,12	11,85	12,97	c
		Média	15,28	14,78	14,27	15,56	16,06	15,19	
	FR	Test.	12,19	14,36	16,21	15,10	14,51	14,47	b
		R	101,9	87,13	94,95	98,52	105,2	97,41	a
		M	9,78	12,15	12,47	15,52	20,41	14,07	b
		R + M	87,93	86,89	100,3	96,09	103,6	94,98	a
		Média	52,78	50,13	55,99	56,31	60,95	55,23	
Mg (g.Kg ⁻¹)	ST	Test.	11,71	16,31	13,03	19,22	21,46	16,35	c
		R	95,10	87,48	103,0	107,1	125,2	103,6	a
		M	8,97	11,63	13,30	20,56	20,14	14,92	c
		R + M	89,56	82,79	80,07	99,69	89,49	88,32	b
		Média	51,34	49,55	52,32	61,64	64,08	55,79	
	FR	Test.	3,17	3,40	3,52	3,67	3,50	3,95	a
		R	2,35	2,30	2,57	2,50	2,55	2,45	b
		M	3,12	3,30	3,45	3,40	3,37	3,33	a
		R + M	2,45	2,60	2,67	2,65	2,47	2,57	b
		Média	2,77	2,81	3,06	3,05	2,97	2,95	
Mg Total(mg/planta)	ST	Test.	3,12	3,25	3,30	3,57	3,70	3,39	a
		R	2,27	2,25	2,35	2,45	2,87	2,44	b
		M	3,10	3,25	3,50	3,25	3,22	3,26	a
		R + M	2,35	2,37	2,42	2,45	2,57	2,43	b
		Média	2,71	2,77	2,89	2,93	3,09	2,88	
	FR	Test.	2,22	2,44	2,88	3,16	3,08	2,75	b
		R	14,53	14,64	16,81	16,72	18,06	16,15	a
		M	2,13	2,51	2,87	3,48	3,93	2,98	b
		R + M	14,45	16,98	17,56	17,59	17,72	16,96	a
		Média	8,46	9,14	10,03	10,24	10,70	9,71	
	ST	Test.	2,14	2,91	3,08	3,81	3,91	3,17	b
		R	13,92	14,51	16,31	17,08	22,41	16,85	a
		M	2,01	2,61	2,93	4,46	4,08	3,22	b
		R + M	14,38	15,65	17,01	17,02	19,46	16,70	a
		Média	8,11	8,92	9,83	10,59	12,47	9,98	

⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra (maiúscula, compara fontes de P; minúscula, compara tratamentos microbiológicos) não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na tabela 4 constatou-se que o superfosfato triplo foi superior ao fosfato de rocha nos parâmetros: N, Nt, P, Pt, K, Kt e Mnt, embora essa superioridade não tenha refletido na massa seca da parte aérea e na altura do sabiá.

Tabela 5. Equações de regressão dos parâmetros nutricionais (teores e acúmulos de macronutrientes na parte aérea) observadas em mudas de *Mimosa caesalpiniæefolia* Benth, submetidas a inoculações com *Bradyrhizobium e Fungos Micorrízicos Arbusculares* em diferentes fontes (Fosfato de Rocha - Fr e Supertriplo - Ft) e níveis de fósforo (0; 15; 30; 60 e 120 mg P.kg⁻¹ de solo), aos 59 dias após o transplante para vasos com solos de restinga.

Trat.	Variável ⁽¹⁾	Equações ⁽²⁾	R ²
FrT	N	Y = n.s	
	NT	Y = n.s	
	P	Y = 1,58 + 0,0024 ^{**} x	0,51
	PT	Y = n.s	
	K	Y = 23,19 - 0,023 [*] x	0,94
	KT	Y = n.s	
	Ca	Y = n.s	
	CaT	Y = n.s	
	Mg	Y = n.s	

	MgT	Y = n.s	
FrR	N	Y = n.s	
	NT	Y = n.s	
	P	Y = n.s	
	PT	Y = 8,25 + 0,002 ^{**} x	0,94
	K	Y = n.s	
	KT	Y = n.s	
	Ca	Y = n.s	
	CaT	Y = n.s	
	Mg	Y = n.s	
	MgT	Y = 14,85 + 0,029 ^{**} x	0,81
FrM	N	Y = 2,71 + 0,22 ^{**} x - 0,0076 x ² + 0,000004 [*] x ³	0,84
	NT	Y = n.s	
	P	Y = n.s	
	PT	Y = n.s	
	K	Y = 22,86 - 0,033 ^{**} x	0,85
	KT	Y = n.s	
	Ca	Y = n.s	
	CaT	Y = n.s	
	Mg	Y = n.s	
	MgT	Y = n.s	
FrRM	N	Y = n.s	
	NT	Y = 13,7 + 0,19 x - 0,004 x ² + 0,000028 [*] x ³	0,94
	P	Y = 1,13 + 0,0034 ^{**} x	0,80
	PT	Y = 7,03 + 0,031 ^{**} x	0,89
	K	Y = n.s	
	KT	Y = n.s	
	Ca	Y = n.s	
	CaT	Y = 89,25 + 0,13 [*] x	0,66
	Mg	Y = n.s	
	MgT	Y = n.s	
FtT	N	Y = n.s	
	NT	Y = n.s	
	P	Y = n.s	
	PT	Y = n.s	
	K	Y = n.s	
	KT	Y = n.s	
	Ca	Y = 16,45 + 0,028 [*] x	0,42
	CaT	Y = n.s	
	Mg	Y = 3,17 + 0,0048 [*] x	0,92
	MgT	Y = n.s	
FtR	N	Y = n.s	
	NT	Y = 14,35 + 0,034 ^{**} x	0,86
	P	Y = 1,22 + 0,0052 ^{**} x	0,87
	PT	Y = 7,55 + 0,055 ^{**} x	0,94
	K	Y = 12,23 + 0,024 [*] x	0,76
	KT	Y = 76,55 + 0,33 ^{**} x	0,91
	Ca	Y = n.s	
	CaT	Y = 90,85 + 0,28 ^{**} x	0,89
	Mg	Y = 2,20 + 0,052 ^{**} x	0,95
	MgT	Y = 13,69 + 0,07 ^{**} x	0,97
FtM	N	Y = 2,69 + 0,0034 [*] x	0,74
	NT	Y = n.s	
	P	Y = 2,33 + 0,0035 ^{**} x	0,88
	PT	Y = 1,72 + 0,017 ^{**} x	0,75
	K	Y = n.s	
	KT	Y = n.s	

Ca	Y = n.s					
CaT	Y = n.s					
Mg	Y = n.s					
MgT	Y = n.s					
FtRM	N	Y = n.s				
	NT	$Y = 13,66 + 0,12^* x - 0,0007^* x^2$				0,87
	P	$Y = 1,31 + 0,0035^{**} x$				0,99
	PT	$Y = 8,17 + 0,042^{**} x$				0,98
	K	$Y = 12,73 + 0,02^{**} x$				0,78
	KT	$Y = 81,05 + 0,29^{**} x$				0,86
	Ca	$Y = 14,62 - 0,25 x + 0,0059 x^2 - 0,00003^* x^3$				0,95
	CaT	$Y = 90,21 - 1,05 x + 0,31 x^2 - 0,0002^* x^3$				0,97
	Mg	Y = n.s				
	MgT	$Y = 14,99 + 0,038^{**} x$				0,92

⁽¹⁾ Variáveis: N (Nitrogênio); NT (Nitrogênio Total); P (Fósforo); PT (Fósforo Total); K (Potássio); KT (Potássio Total); Ca (Cálcio); CaT (Cálcio Total) Mg (Magnésio) e MgT (Magnésio Total).

⁽²⁾ * e ** Significativo a 5 % e 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 6: Médias e testes de médias dos parâmetros nutricionais (teores e acúmulo de micronutrientes na parte aérea), observadas em mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaeefolia* Benth), submetidas à inoculações com *Bradyrhizobium* e fungos micorrízicos arbusculares, em diferentes fontes e níveis de fósforo, aos 58 dias após o transplantio para vasos com solo de restinga (média de 4 repetições - valores por planta).

Parâmetro	Fonte de Fósforo ⁽¹⁾	TM ⁽¹⁾	Níveis de P (mg P.Kg ⁻¹ de solo)					Média
			0	15	30	60	120	
Cu (mg.Kg ⁻¹)	FR	Test.	7,87	7,25	7,75	9,12	8,25	8,05
		R	7,75	7,12	7,37	8,75	8,87	7,97
		M	7,50	7,37	8,12	8,25	8,00	7,85
		R + M	7,87	7,00	8,25	8,37	8,62	8,02
		Média	7,75	7,19	7,87	8,62	8,44	7,97
	ST	Test.	8,12	7,12	7,87	9,37	8,75	8,25
		R	7,50	7,25	8,12	7,87	7,50	7,65
		M	7,87	7,50	7,75	8,50	8,25	7,97
		R + M	7,37	7,25	7,87	8,75	8,00	7,85
		Média	7,71	7,28	7,90	8,62	8,12	7,93
Cu Total (μg/planta)	FR	Test.	5,40	5,27	6,23	7,27	7,29	6,29 b
		R	48,92	46,13	48,98	58,23	62,24	52,90 a
		M	5,19	5,80	6,86	8,27	9,71	7,16 b
		R + M	48,17	46,83	55,47	56,06	61,23	53,55 a
		Média	26,92	26,01	29,39	32,46	35,12	29,98
	ST	Test.	5,52	6,74	7,08	10,08	9,12	7,71 b
		R	46,66	47,13	55,39	55,98	58,87	52,81 a
		M	5,09	5,98	6,35	11,57	10,64	7,92 b
		R + M	44,93	45,63	55,21	66,38	60,66	54,56 a
		Média	25,55	26,37	31,01	36,01	34,82	30,75
Mn (mg.Kg ⁻¹)	FR	Test.	46,00	45,00	46,00	43,50	45,00	45,10 b
		R	48,00	45,00	43,00	48,00	45,00	45,80 a
		M	39,50	39,00	41,00	39,00	43,50	40,40 b
		R + M	49,50	47,50	45,00	45,00	49,50	47,30 a
		Média	45,75	44,12	43,75	43,87	45,75	44,65
	ST	Test.	45,50	52,50	33,00	49,50	54,00	46,90 a
		R	49,50	48,00	45,00	54,00	54,00	50,10 a
		M	37,50	36,00	34,50	42,00	43,50	38,70 b
		R + M	51,00	43,50	36,00	51,00	51,00	46,40 a
		Média	45,87	45,00	37,12	49,12	50,62	45,55
Mn Total (μg/planta)	FR	Test.	31,98	32,16	37,81	37,26	40,08	35,86 b

Fe (mg.Kg ⁻¹)	ST	R	295,2	289,6	281,4	319,9	315,6	300,4	a
		M	27,28	29,25	34,30	40,65	49,20	36,14	b
		R + M	304,1	305,8	297,9	299,8	357,7	313,1	a
		Média	164,6	164,2	164,2	174,4	190,6	171,4	B
		Test.	30,90	41,71	29,67	52,57	56,83	43,54	b
	FR	R	303,3	306,6	309,5	379,5	421,7	344,1	a
		M	24,42	29,11	28,90	57,99	55,03	39,09	b
		R + M	312,1	279,8	253,7	366,4	387,5	319,9	a
		Média	167,6	166,5	154,7	214,1	214,1	186,7	A
		Test.	200	245	240	230	245	232	a
Fe Total (μg/planta)	ST	R	195	267	215	180	160	203	ab
		M	232	292	212	200	182	224	ab
		R + M	175	225	162	202	192	191	b
		Média	200	257	207	203	195	213	
		Test.	215	247	157	197	255	214	ab
	FR	R	205	250	187	172	150	193	b
		M	235	277	252	160	222	229	a
		R + M	210	287	170	165	217	210	ab
		Média	216	265	192	174	211	212	
		Test.	140,3	175,9	196,5	204,8	213,4	186,4	b
Zn (mg.Kg ⁻¹)	ST	R	1195	1745	1398	1187	1146	1334	a
		M	159,5	226,1	174,8	194,0	205,2	191,9	b
		R + M	1066	1463	1069	1330	1372	1260	a
		Média	640,4	902,6	709,9	728,9	743,3	743,2	
		Test.	148,8	219,1	141,7	211,1	267,7	198,0	b
	FR	R	1251	1617	1348	1208	1173	1320	a
		M	152,1	221,8	210,1	219,9	304,9	222,0	b
		R + M	1282	1961	1188	1195	1624	1450	a
		Média	708,8	1004	722,2	708,6	842,6	797,4	
		Test.	18,25	14,75	16,00	16,75	17,75	16,70	
Zn Total (μg/planta)	ST	R	16,25	17,25	19,50	20,25	22,25	19,10	
		M	19,75	18,00	14,25	18,75	17,75	17,70	
		R + M	19,20	18,75	16,50	17,50	18,75	18,20	
		Média	18,44	17,19	16,56	18,31	19,13	17,92	
		Test.	16,75	16,50	14,75	16,25	18,75	16,60	
	FR	R	18,50	15,50	19,50	19,75	20,75	18,80	
		M	18,25	17,75	19,25	15,25	17,25	17,55	
		R + M	17,00	18,50	17,50	19,25	20,75	18,60	
		Média	17,62	17,06	17,75	17,63	19,37	17,89	
		Test.	12,76	10,28	13,29	14,02	15,91	13,25	b

⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra (maiúscula, compara fontes de P; minúscula, compara tratamentos microbiológicos) não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 7. Equações de regressão dos parâmetros nutricionais (teores e acúmulos de micronutrientes na parte aérea) observadas em mudas de *Mimosa caesalpiniæfolia* Benth, submetidas a inoculações com *Bradyrhizobium* e Fungos Micorrízicos Arbusculares em diferentes fontes (Fosfato de Rocha - Fr e Supertriplo - Ft) e níveis de fósforo (0; 15; 30; 60 e 120 mg P.kg⁻¹ de solo), aos 59 dias após o transplantio para vasos com solos de restinga.

Trat.	Variável ⁽¹⁾	Equações ⁽²⁾	R ²
FrT	Cu	Y = n.s	
	CuT	Y = n.s	
	Mn	Y = n.s	
	MnT	Y = n.s	
	Fe	Y = n.s	
	FeT	Y = n.s	
	Zn	Y = n.s	
	ZnT	Y = n.s	
	Cu	Y = n.s	
	CuT	Y = 46,79 + 0,14 [*] x	0,86
FrR	Mn	Y = n.s	
	MnT	Y = n.s	
	Fe	Y = 203,92 + 3,97 ^{**} x + 0,113 x ² + 0,00064 [*] x ³	0,79
	FeT	Y = 1259,21 + 30,89 [*] x - 0,83 x ² + 0,0047 ^{**} x ³	0,71
	Zn	Y = 16,94 + 0,048 [*] x	0,90
	ZnT	Y = 101,14 + 0,45 ^{**} x	0,92
	Cu	Y = n.s	
	CuT	Y = n.s	
	Mn	Y = n.s	
	MnT	Y = n.s	
FrM	Fe	Y = 252,69 - 0,67 ^{**} x	0,51
	FeT	Y = n.s	
	Zn	Y = n.s	
	ZnT	Y = n.s	
	Cu	Y = n.s	
	CuT	Y = n.s	
	Mn	Y = n.s	
	MnT	Y = 293,06 + 0,44 [*] x	0,70
	Fe	Y = n.s	
	FeT	Y = n.s	
FrRM	Zn	Y = n.s	
	ZnT	Y = n.s	
	Cu	Y = n.s	
	CuT	Y = n.s	
	Mn	Y = n.s	
	MnT	Y = 295,15 + 1,08 ^{**} x	
	Fe	Y = 221,50 - 0,63 ^{**} x	0,49
	FeT	Y = n.s	
	Zn	Y = n.s	
	ZnT	Y = n.s	
FtT	Cu	Y = n.s	
	CuT	Y = n.s	
	Mn	Y = 43,52 + 0,075 [*] x	0,18
	MnT	Y = n.s	
	Fe	Y = 227,58 - 1,57 x + 0,015 [*] x ²	
	FeT	Y = n.s	
	Zn	Y = n.s	
	ZnT	Y = n.s	
	Cu	Y = n.s	
	CuT	Y = n.s	
FtR	Mn	Y = n.s	
	MnT	Y = 295,15 + 1,08 ^{**} x	0,92
	Fe	Y = 221,50 - 0,63 ^{**} x	0,63
	FeT	Y = n.s	
	Zn	Y = n.s	
	ZnT	Y = 109,47 + 0,44 ^{**} x	0,79
	Cu	Y = n.s	
	CuT	Y = n.s	
	Mn	Y = 35,66 + 0,067 [*] x	0,68

MnT	$Y = n.s$	
Fe	$Y = 236,87 + 4,39 x - 0,15 x^2 + 0,00096^{**} x^3$	0,99
FeT	$Y = n.s$	
Zn	$Y = n.s$	
ZnT	$Y = n.s$	
FtRM	Cu	$Y = n.s$
	CuT	$Y = 41,92 + 0,57^* x - 0,0034^* x^2$
	Mn	$Y = 51,96 - 0,11 x + 0,02 x^2 - 0,000015^{**} x^3$
	MnT	$Y = 317,12 - 5,78 x + 0,16 x^2 - 0,0009^* x^3$
	Fe	$Y = 245,65 - 2,08 x + 0,015^* x^2$
	FeT	$Y = 17,26 + 0,031 x - 0,00001 x^2 - 0,00000004 x^3$
	Zn	$Y = n.s$
	ZnT	$Y = 109,15 + 0,41^{**} x$
		0,97

⁽¹⁾ Variáveis: Cu (Cobre); CuT (Cobre Total); Mn (Manganês); MnT (Manganês Total); Fe (Ferro); FeT (Ferro Total); Zn (Zinco); e ZnT (Zinco Total).

⁽²⁾ * e ** Significativo a 5 % e 1% de probabilidade, respectivamente.

3.2 Influência dos níveis de fósforo

Os resultados de crescimento, nodulação e colonização das mudas de *Mimosa caesalpiniæfolia* Benth em função das doses de P aplicadas (equações de regressão), encontram-se na tabela 5. Já as equações de regressão para os parâmetros nutricionais (teores e acúmulos de macro e micronutrientes na parte aérea) encontram-se nas tabelas 6 e 7, respectivamente.

Em relação às equações ajustadas para o sabiá nos parâmetros das tabelas 5, 6 e 7, observa-se que se obtiveram muitos mais ajustamentos matemáticos para os parâmetros sob influência do supertriplo do que para aqueles sob influência do fosfato de rocha. Os tratamentos FrR, FrRM, FtR e FtRM, via de regra apresentaram maiores ajustes do que o restante dos tratamentos. Com exceção do tratamento FrR, para altura das plantas, os demais tratamentos que possuíam rizóbio isolado ou com micorriza mostraram respostas quadráticas quanto ao nível crescente de adição e disponibilização de fósforo no solo. Este comportamento não foi verificado em relação aos outros parâmetros de crescimento analisados no sabiá que obtiveram, na grande maioria dos ajustes, uma resposta linear aos níveis de fósforo adicionado ao solo. A resposta não linear à altura da planta no sabiá pode estar relacionada ao fato de que esta espécie apresenta uma grande bifurcação na haste principal neste período inicial de crescimento, característica muito comum nesta espécie, também relatada por OLIVEIRA, 1993. FARIA, 1993, também obteve respostas quadráticas para *Acacia mangium*, *Albizia lebbeck*, *Peltophorum dubium* (angico amarelo) e *Leucaena leucocephala* quando foram adicionados até 120 mg.kg⁻¹ de P, utilizando superfosfato simples como fonte de P.

Segundo BRAGA (1989), ao usarmos o método indutivo para avaliarmos as mensurações entre as variáveis de crescimento vegetal e a fertilidade do solo, procurando o melhor ajustamento dos dados experimentais às equações de 1º, 2º e 3º graus, como realizado nesta experimentação, é importante a interpretação biológica do modelo matemático selecionado. Quando os ajustamentos são expressos por uma linha reta, o interesse do pesquisador é relativo. Nesses casos, evidencia-se que novos dados deverão ser obtidos, pois os existentes não mostraram produções máximas ou por não se atingir realmente o nível de máxima (inflexão da curva) ou por se trabalhar dentro de faixas para área de inflexão. Logo, os dados a ser obtidos não podem ser comparados a dados de outros autores. O mesmo não acontece quando os dados são expressos por uma equação de 2º ou 3º graus. Em ambos os casos, há uma razão biológica e é possível comparar os resultados com outros obtidos nas demais situações. O tipo de curva está associado

à mobilidade do elemento essencial no solo. Quando o elemento é móvel, significa que ele é solúvel em água. A relação entre os níveis de elementos do solo e a produção do vegetal é, na maioria dos casos, linear. Isto acontece com o nitrato e o borato. Entretanto, quando o elemento é pouco móvel, a relação entre a quantidade deste elemento e produção é feita por equações de 2º e 3º graus. É o caso, por exemplo, do fósforo, a menos que as quantidades aplicadas sejam pequenas. Aí se obteria um relacionamento linear (1º grau), pois não atingiria o ponto de inflexão,

É importante salientar que a falta de ajuste de modelos matemáticos para muitos parâmetros estudados não significa necessariamente falta de ajuste por completo, como às vezes ocorre, e sim que não houve ajuste no nível de significância no teste, que em muitos casos apareceriam se fosse estabelecido um nível um pouco maior. Independentemente do percentual da aderência dos pontos nas retas estudadas, a “tendência” do fenômeno biológico está expresso tanto no maior coeficiente de determinação e/ou nas significâncias dos parâmetros das equações significativas em outros níveis.

A massa seca da parte aérea só apresentou ajustes nos tratamentos FtR e FtRM, e esses ajustes foram lineares, mostrando assim que o sabiá responderia ainda mais a maiores acréscimos de P no solo. MONTEIRO (1990), trabalhando com *Gigaspora margarita* e rizóbio de sabiá, observou que em relação a este parâmetro, quando se utilizou 100 mg.kg⁻¹ de P proveniente de fosfato natural Patos de Minas + as inoculações acima, não diferiu de 50 mg.kg⁻¹ de P oriundos da adubação com supertriplo + *Gigaspora margarita* e *Rhizobium*.

O diâmetro à altura do colo teve na maior parte de seus ajustes uma resposta linear às doses de P. Todos os ajustes da massa seca das raízes foram lineares. A MSN, NN e MSN/NN tiveram ajustes variados em relação aos modelos matemáticos estabelecidos, mostrando em seus ajustes quadráticos e cúbicos diferentes comportamentos quanto às doses de P aplicadas. Não ocorreu nodulação nos tratamentos que não receberam fontes de inóculos bacterianos. Não houve ajustes para a taxa de colonização micorrízica, indicando com isso que no nível de significância pré-estabelecido (5%) para as análises de regressão sequenciais, até a máxima dose de P utilizada nas diferentes fontes do experimento não afetou a colonização dos fungos micorrízicos.

O teor e acúmulo de N na parte aérea do sabiá tiveram poucos e distintos ajustes. Já o teor e o acúmulo de P tiveram em FrR, FrRM, FtR e FtRM, ajustes lineares e com altos coeficientes de determinação. Isso indica que as plantas absorveriam ainda mais P.

O restante dos macronutrientes (teores e acúmulos) seguiu a mesma tendência de linearização de seus ajustes e apresentaram maiores ajustes quando foi utilizado o supertriplo como fonte de P. O mesmo fato foi observado com os micronutrientes. O Cu não apresentou nenhum ajuste e o Zn apenas apresentou uma resposta linear no tratamento FrR. No tratamento FtRM houve uma tendência de ajustes quadráticos e cúbicos, atingindo níveis máximos para alguns elementos em relação aos níveis de P adicionados.

O sabiá teve um incremento aproximado de 70, 100, 100, 500 e 600% ,respectivamente, para os tratamentos microbiológicos realizados. Esses valores são relativos aos incrementos observados do período final da fase final de produção das mudas até o período final do transplantes delas para os vasos contendo os solos degradados de restinga.

4 CONCLUSÃO

• No sabiá os maiores incrementos foram observados em diâmetro à altura do colo, massa seca das raízes (MSR), relação massa dos nódulos secos/número de nódulos (MSN/NN), N, Nt, P, Pt, K, Kt e Mnt. Logo, o tratamento com supertriplo superou na maioria dos parâmetros estudados o fosfato de rocha, devendo por razões de sua disponibilidade residual no solo e sua solubilidade, ser adicionado conjuntamente com uma fonte menos reativa de P nas covas de plantio de espécies arbóreas utilizadas nos Programas e/ou Projetos de Recuperação de Áreas Degradas (PRADs).

• Os tratamentos microbiológicos utilizando rizóbio isolado (R) ou em inoculação conjunta com os fungos micorrízicos (R+M) foram superiores na grande maioria dos parâmetros estudados em relação aos tratamentos testemunha e micorriza isolada (M). Praticamente não houve diferenças significativas entre R e R+M e entre Test. e M.;

• A grande maioria dos ajustes matemáticos para os níveis de fósforo adicionados ao solo degradado de restinga sob ambas as espécies, tiveram um ajuste linear, não atingindo um ponto de inflexão da curva;

• A fixação biológica do nitrogênio (FBN) permitiu maior desenvolvimento da maioria dos parâmetros. Desta forma, os tratamentos FrR, FrRM, FtR e FtRM tiveram mais equações ajustadas;

• Os níveis de P testados não influenciaram a taxa de colonização micorrízica;

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABBOTT, L. K. & ROBSON, A. D. Infectivity and effectiveness of five endomycorrhizal fungi: competition with indigenous fungi in field soils. Australian Journal of Agricultural Research, Victoria, v. 32, p. 621-630, 1981.
2. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de métodos de análises de solos. Série Documentos 132. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 2^a Ed. 230p.
3. FARIA, M.P. **Resposta de mudas de leguminosas arbóreas ao fósforo e endomicorrasas em um latossolo da região de influência da represa de Camargos/Itutinga (MG)**. Lavras, ESAL, 1993. 120 p. (Dissertação de Mestrado).
4. FREIRE, L. R. & ALMEIDA, D. L. de. Recomendações de nutrientes. In: ALMEIDA, D. L.; SANTOS, G. A.; DE-POLLI, H.; CUNHA, L. H.; FREIRE, L. R.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B. do; PEREIRAN.N.C.; EIRA, P. A. da.; BLOISE, R. M. & SALEK, R. C. Manual de adubação para o Estado do Rio de Janeiro. Ed. Universidade Rural, Itaguaí, 1988. 179 p.
5. GERDEMANN, J. W. & NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, V. 46, p. 235-244, 1963.
6. GAVA, J. L.; GONÇALVES, J. L. M.; & SHIBATA, F. Y. Eficiência relativa do superfosfato simples, fosfato parcialmente acidulado e termofosfato magnesiano como fontes de nutrientes para o cultivo de eucaliptos em solos de cerrado. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, XIII, Águas de Lindóia, SP, 1996. Anais. Águas de Lindóia, SBCS/SLCS, 1996.
7. JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *PI. Dis. Rep.*, v.48, p.692, 1964.
8. MONTEIRO, E. M. **Resposta de leguminosas arbóreas à inoculação com rizóbio e fungos**

- micorrízicos vesículo-arbusculares em solo ácido . Itaguaí, UFRRJ, 1990. 221 p. (Tese de Doutorado).
9. MONTGOMERY, D. C. & PECK, E. A. Introduction to linear regression analysis. Wiley series in probability and mathematical statistics. **Applied probability and statistics seccion**. New York, 1982. 504 p.
 10. OLIVEIRA, E. Efeito do número de esporos de fungos micorrízicos arbusculares no desenvolvimento inicial do sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth) em solo ácido. Itaguaí, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1993. 173 p. (Dissertação de mestrado).
 11. PHILLIPS, J. M. & HAYMAN, D.S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **Trans. Br. Mycol. Soc.**, v55, p. 158-161, 1970.
 12. SIQUEIRA, J. O.; COLOZZI-FILHO, A.; SAGGIN-JÚNIOR, O. J. GUIMARÃES, P. T. G. & OLIVEIRA, E. Crescimento de mudas e produção de cafeiro sob influência de fungos micorrízicos e superfosfato. Revista Brasileira de Ciência do Solo. Campinas, 17 (1): p. 53-60, 1993.