

GRASIELA SPADA

NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO DA PAINEIRA (*Ceiba speciosa*)

Botucatu

2014

GRASIELA SPADA

NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO DA PAINEIRA (*Ceiba speciosa*)

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Ciência Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Iraê Amaral Guerrini

Botucatu

2014

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

S732n Spada, Grasiela, 1988-
Nutrição e adubação da paineira (*Ceiba speciosa*) /
Grasiela Spada. - Botucatu: [s.n.], 2014
88 p.: fots. color., grafs. color., tabs.

Dissertação (Mestrado)- Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2014
Orientador: Iraê Amaral Guerrini
Inclui bibliografia

1. Paineira - Mudas - Nutrição mineral. 2. Árvores -
Crescimento. 3. Calagem dos solos. I. Guerrini, Iraê Ama-
ral. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita
Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências
Agrônômicas. III. Título.

Elaborada por Ana Lucia G. Kempinas - CRB-8:7310

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte"

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO DA PAINEIRA (*Ceiba speciosa*)"

ALUNA: GRASIELA SPADA

ORIENTADOR: PROF. DR. IRAE AMARAL GUERRINI

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. IRAE AMARAL GUERRINI



PROF. DR. ROBERT BOYD HARRISON



PROF. DR. JACOB SILVA SOUTO

Data da Realização: 31 de janeiro de 2014.

Aos meus amados pais Arni Luiz Spada e Rosali Salete Spada.

A minha irmã e grande amiga Vanessa Spada.

Ao meu querido e amado Felipe.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar a minha eterna gratidão a todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

A Deus, por todas as oportunidades concedidas e por sempre iluminar o meu caminho.

Ao professor e orientador Dr. Iraê Amaral Guerrini, pela dedicação, apoio e ensinamentos durante a realização deste trabalho.

A Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências Agrônômicas pela oportunidade de realização do mestrado.

A Capes e ao CNPq, pelo apoio financeiro.

Aos docentes do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal e Agronomia da FCA/UNESP, pelos ensinamentos.

Aos funcionários da Pós-Graduação pelos serviços prestados.

Aos funcionários do Departamento de Solos e Recursos Ambientais, por toda a ajuda e apoio.

Aos membros da banca examinadora, pelas críticas e sugestões.

A minha família, pelo amor incondicional, incentivo e apoio sempre demonstrado em todos os momentos da minha vida.

Ao meu namorado Felipe, pelo amor, amizade, carinho, companheirismo e total ajuda na realização deste e de outros trabalhos, desde a Graduação, fazendo com que acreditasse em minha capacidade e chegasse até aqui.

Aos amigos que me ajudaram na instalação, condução e coleta do experimento e pela valiosa amizade, em especial, Regina, Lilian, Mariângela e Mario.

As minhas amigas, Sílvia, Ana Carolina, Glaucia, Elaine, Débora, pela convivência, conversas de apoio e incentivo.

A fotógrafa Aline Grego, pelas fotos ao final do experimento.

A Universidade do Estado de Santa Catarina, pela ótima formação acadêmica.

Aos meus colegas e amigos de graduação da UDESC, os quais mesmo de longe, sempre estiveram presentes.

RESUMO

A literatura sobre adubação e nutrição de espécies nativas é escassa, as espécies florestais apresentam comportamentos distintos, sobretudo quanto às exigências nutricionais, o desafio deste trabalho foi encontrar qual a melhor condição nutricional para o desenvolvimento da paineira (*Ceiba speciosa* A. St. Hil). Objetivou-se avaliar e monitorar o crescimento inicial e a nutrição mineral da paineira em resposta a diferentes doses de adubação. O ensaio foi composto por quatro experimentos distintos (doses de N, P, K e V%), cada um com seis tratamentos e quatro repetições dispostos em delineamento inteiramente casualizado, utilizando-se vasos plásticos preenchidos com 50 dm³ de um Latossolo Vermelho Escuro, alocados em estufa plástica. Mensalmente avaliou-se o diâmetro do colo, altura das mudas e teor de clorofila nas folhas. O ensaio foi encerrado 150 dias após o plantio das mudas e além das avaliações anteriores, foram determinados a área foliar, a massa seca de raízes, caules e folhas, e os teores e quantidades absorvidas de macro e micronutrientes pelo material vegetal. Dos elementos estudados, o fósforo é o nutriente mais exigido, sendo que o potássio e o nitrogênio não afetaram o crescimento inicial da espécie. Para o tipo de solo e condições estudadas, recomenda-se adubação fosfatada de 250 mg dm⁻³ e saturação por bases do solo de 50% para o plantio em condições de campo.

Palavras – chave: calagem, recomendação de adubação, crescimento inicial, adubação N, P,K.

ABSTRACT

The literature about nutrition and fertilization of native species is scarce, forestry species exhibit different behavior, especially regarding nutritional requirements, the challenge of this work was to find what the best nutritional conditions for the development of the cotton tree (*Ceiba speciosa* A. St. – Hil). This study aimed to evaluate and monitor the initial growth and mineral nutrition of paineira in response to different doses of fertilizer. The test consisted of four separate experiments (doses of N, P, K and V%), each with six treatments and four replications arranged in a completely randomized design, using plastic pots filled with 50 dm³ of a Dark Rhodic Hapludox allocated in greenhouse. Monthly evaluated the lap diameter, plant height and chlorophyll content in the leaves. The research was terminated 150 days after seedlings planting and beyond previous evaluations were determined leaf area, dry weight of roots, stems and leaves, as well as the levels and amounts of macro and micronutrients absorbed by plant material. The elements studied, the phosphorus is the most required nutrient, being that nitrogen and potassium did not affect the initial growth of the specie. For soil type and measurements conditions is recommended phosphorus fertilization of 250 mg dm⁻³ and liming of 50% for planting under field conditions.

Keywords: liming, fertilization recommendation, early growth, nutrition N, P, K.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1. Altura de plantas de paineira em função de doses de nitrogênio ao longo de 150 dias após plantio. Botucatu – SP, 2013.....39
- Figura 2. Diâmetro do colo de plantas de paineira em função de doses de nitrogênio ao longo de 150 dias após plantio. Botucatu – SP, 2013.....40
- Figura 3. Índice SPAD de plantas de paineira em função de doses de nitrogênio ao longo de 150 dias após o plantio. Botucatu – SP.....40
- Figura 4. Índice SPAD de plantas de paineira em função de doses de nitrogênio, 150 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013. ** significativo a 1% e * significativo a 5%.....42
- Figura 5. Teores de macronutrientes em folhas de paineira em função de doses de nitrogênio, 150 dias após o plantio. Botucatu-SP, 2013.....43
- Figura 6. Altura de plantas de paineira em função de doses de fósforo ao longo de 150 dias após plantio. Botucatu – SP, 2013.....45
- Figura 7. Diâmetro do colo de plantas de paineira em função de doses de fósforo ao longo de 150 dias após plantio. Botucatu – SP, 2013.....45
- Figura 8. Índice SPAD de plantas de paineira em função de doses de fósforo ao longo de 150 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013.....46
- Figura 9. Diâmetro do colo de plantas de paineira em função de doses de fósforo, 150 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013. ** significativo a 1% e * significativo a 5%.....48
- Figura 10. Massa seca de folha de plantas de paineira em função de doses de fósforo, 150 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013. ** significativo a 1% e * significativo a 5%.....48
- Figura 11. Massa seca de raiz de plantas de paineira em função de doses de fósforo, 150 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013. ** significativo a 1% e * significativo a 5%.....49
- Figura 12. Massa seca total de plantas de paineira em função de doses de fósforo, 150 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013. ** significativo a 1% e * significativo a 5%.....49
- Figura 13. Área foliar de plantas de paineira em função de doses de fósforo, 150 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013. ** significativo a 1% e * significativo a 5%.....50

Figura 14. Teores de macronutrientes em folhas de paineira em função de doses de fósforo, 150 dias após o plantio. Botucatu-SP, 2013.....	51
Figura 15. Teores de micronutrientes em folhas de paineira em função de doses de fósforo, 150 dias após o plantio. Botucatu-SP, 2013.....	52
Figura 16. Acúmulo de macronutrientes em plantas de paineira em função de doses de fósforo, 150 dias após o plantio. Botucatu-SP, 2013.....	54
Figura 17. Acúmulo de micronutrientes em plantas de paineira em função de doses de fósforo, 150 dias após o plantio. Botucatu-SP, 2013.....	54
Figura 18. Acúmulo de micronutrientes em plantas de paineira em função de doses de fósforo, 150 dias após o plantio. Botucatu-SP, 2013.....	55
Figura 19. Altura de plantas de paineira em função de doses de potássio ao longo de 150 dias após plantio. Botucatu – SP, 2013.....	57
Figura 20. Diâmetro do colo de plantas de paineira em função de doses de potássio ao longo de 150 dias após plantio. Botucatu – SP, 2013.....	57
Figura 21. Índice SPAD de plantas de paineira em função de doses de potássio ao longo de 150 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013.....	58
Figura 22. Teores de macronutrientes em folhas de paineira em função de doses de potássio, 150 dias após o plantio. Botucatu-SP, 2013.....	60
Figura 23. Teor de micronutriente em folhas de paineira em função de doses de potássio, 150 dias após o plantio. Botucatu-SP, 2013.....	61
Figura 24. Acúmulo de macronutrientes em plantas de paineira em função de doses de potássio, 150 dias após o plantio. Botucatu-SP, 2013.....	62
Figura 25. Altura de plantas de paineira em função de níveis crescentes de saturação por bases ao longo de 150 dias após plantio. Botucatu – SP, 2013.....	63
Figura 26. Diâmetro do colo de plantas de paineira em função de níveis crescentes de saturação por bases ao longo de 150 dias após plantio. Botucatu – SP, 2013.....	63
Figura 27. Índice SPAD de plantas de paineira em função de níveis crescentes de saturação por bases ao longo de 150 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013.....	64
Figura 28. Altura de plantas de paineira em função de níveis crescentes de saturação por bases, 150 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013. ** significativo a 1% e * significativo a 5%.....	66

Figura 29. Diâmetro do colo de plantas de paineira em função de níveis crescentes de saturação por bases, 150 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013. ** significativo a 1% e * significativo a 5%.....	67
Figura 30. Massa seca de folha de plantas de paineira em função de níveis crescentes de saturação por bases, 150 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013. ** significativo a 1% e * significativo a 5%.....	67
Figura 31. Massa seca de caule de plantas de paineira em função de níveis crescentes de saturação por bases, 150 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013. ** significativo a 1% e * significativo a 5%.....	68
Figura 32. Massa seca de raiz de plantas de paineira em função de níveis crescentes de saturação por bases, 150 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013. ** significativo a 1% e * significativo a 5%.....	68
Figura 33. Massa seca total de plantas de paineira em função de níveis crescentes de saturação por bases, 150 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013. ** significativo a 1% e * significativo a 5%.....	69
Figura 34. Área foliar de plantas de paineira em função de níveis crescentes de saturação por bases, 150 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013. ** significativo a 1% e * significativo a 5%.....	69
Figura 35. Teores de macronutrientes em folhas de paineira em função de níveis crescentes de saturação por bases, 150 dias após o plantio. Botucatu-SP, 2013.....	71
Figura 36. Teores de micronutrientes em folhas de paineira em função de níveis crescentes de saturação por bases, 150 dias após o plantio. Botucatu-SP, 2013.....	71
Figura 37. Acúmulo de macronutrientes em plantas de paineira em função de níveis crescentes de saturação por bases, 150 dias após o plantio. Botucatu-SP, 2013.....	72
Figura 38. Acúmulo de micronutrientes em plantas de paineira em função de níveis crescentes de saturação por bases, 150 dias após o plantio. Botucatu-SP, 2013.....	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise granulométrica da amostra do solo utilizado nos experimentos. Botucatu - SP, 2011.....	34
Tabela 2. Análise básica da amostra do solo utilizado nos experimentos. Botucatu - SP, 2011.....	34
Tabela 3. Análise de micronutrientes do solo utilizado nos experimentos. Botucatu-SP, 2011.....	35
Tabela 4. Dose de uréia misturada a 50 dm ⁻³ de solo (equivalente a 1 vaso) em função dos tratamentos. Botucatu-SP, 2011.....	35
Tabela 5. Dose de superfosfato triplo misturada a 50 dm ⁻³ de solo (equivalente a 1 vaso) em função dos tratamentos. Botucatu-SP, 2011.....	36
Tabela 6. Dose de cloreto de potássio misturada a 50 dm ⁻³ de solo (equivalente a 1 vaso) em função dos tratamentos. Botucatu-SP, 2011.....	36
Tabela 7. Dose de calcário misturada a 50 dm ⁻³ de solo (equivalente a 1 vaso) para obtenção da saturação por bases de cada tratamento. Botucatu-SP, 2011.....	36
Tabela 8. Análise de variância para a altura das plantas de paineira, em função de doses de nitrogênio, aos 120 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013.....	40
Tabela 9. Análise de variância para o diâmetro do colo das plantas de paineira, em função de doses de nitrogênio, aos 120 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013.....	41
Tabela 10. Análise de variância para o Índice SPAD das plantas de paineira, em função de doses de nitrogênio, aos 150 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013.....	41
Tabela 11. Análise de regressão das variáveis estudadas aos 150 após o plantio, em função das doses de nitrogênio. Botucatu – SP, 2013.....	41
Tabela 12. Equações de regressão referentes aos teores de N e Ca (g kg ⁻¹) em folhas de paineira em função de doses de nitrogênio, 150 dias após o plantio. Botucatu-SP, 2013.....	44
Tabela 13. Equações de regressão referentes ao valor de pH e teor de H+Al, K, Ca, Mg, SB, CTC, V%, Cu e Fe do solo ao final do experimento com doses de nitrogênio. Botucatu-SP, 2013.....	44

Tabela 14. Análise de variância para a altura das plantas de paineira, em função de doses de fósforo, aos 120 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013.....	46
Tabela 15. Análise de variância para o diâmetro do colo das plantas de paineira, em função de doses de fósforo, aos 120 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013.....	46
Tabela 16. Análise de variância para o Índice SPAD das plantas de paineira, em função de doses de fósforo, aos 150 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013.....	46
Tabela 17. Análise estatística das variáveis estudadas aos 150 dias após o plantio, em função das doses de fósforo. Botucatu – SP, 2013.....	47
Tabela 18. Equações de regressão referentes aos teores de P, K, Mg, S (g kg^{-1}) e B, Cu, Mn, Zn (mg kg^{-1}) em folhas de paineira em função de doses de fósforo, 150 dias após o plantio. Botucatu-SP, 2013.....	52
Tabela 19. Equações de regressão referentes ao acúmulo de N, P, K, Ca, Mg, S (g kg^{-1}) e B, Cu, Fe, Mn, Zn (mg kg^{-1}) em folhas de paineira em função de doses de fósforo, 150 dias após o plantio. Botucatu-SP, 2013.....	55
Tabela 20. Equações de regressão referentes ao valor de pH e teor de Presina, H+Al, Ca, Mg, SB, CTC, V%, Fe e Mn do solo ao final do experimento com doses de fósforo. Botucatu-SP, 2013.....	56
Tabela 21. Análise de variância para a altura das plantas de paineira, em função de doses de potássio, aos 150 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013.....	58
Tabela 22. Análise de variância para o diâmetro do colo das plantas de paineira, em função de doses de potássio, aos 120 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013.....	58
Tabela 23. Análise de variância para o Índice SPAD das plantas de paineira, em função de doses de potássio, aos 150 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013.....	58
Tabela 24. Análise estatística das variáveis estudadas aos 150 dias após o plantio, em função das doses de potássio. Botucatu – SP, 2013.....	59
Tabela 25. Equações de regressão referentes aos teores de K, Mg (g kg^{-1}) e Mn (mg kg^{-1}) em folhas de paineira em função de doses de potássio, 150 dias após o plantio. Botucatu-SP, 2013.....	61
Tabela 26. Equações de regressão referentes ao valor de pH e teor de M.O., Presina, H+Al, K, Ca, Mg, SB, V% e Fe do solo ao final do experimento com doses de potássio. Botucatu-SP, 2013.....	62

Tabela 27. Análise de variância para a altura das plantas de paineira, em função de níveis crescentes de saturação por bases, aos 90 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013.....	64
Tabela 28. Análise de variância para o diâmetro do colo das plantas de paineira, em função de níveis crescentes de saturação por bases, aos 90 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013.....	64
Tabela 29. Análise de variância para o Índice SPAD das plantas de paineira, em função de níveis crescentes de saturação por bases, aos 60 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013.....	64
Tabela 30. Análise estatística das variáveis estudadas aos 150 dias após o plantio, em função de níveis crescentes de saturação por bases. Botucatu – SP, 2013.....	65
Tabela 31. Equações de regressão referentes aos teores de P, K, Ca, Mg (g kg^{-1}) e B, Mn, Zn (mg kg^{-1}) em folhas de paineira em função de níveis crescentes de saturação por bases, 150 dias após o plantio. Botucatu-SP, 2013.....	71
Tabela 32. Equações de regressão referentes ao acúmulo de N, K, Ca, Mg, S (g kg^{-1}) e Cu (mg kg^{-1}) em folhas de paineira em função de níveis crescentes de saturação por bases, 150 dias após o plantio. Botucatu-SP, 2013.....	73
Tabela 33. Equações de regressão referentes ao valor de pH e teor de Presina, H+Al, Ca, Mg, SB, CTC, V%, B, Cu, Fe e Mn do solo ao final do experimento com níveis crescentes de saturação por bases. Botucatu-SP, 2013.....	74

LISTA DE APÊNDICES

- Apêndice 1 - Plantas de paineira do experimento com doses de nitrogênio (mg dm^{-3}),
150 dias após plantio. Botucatu - SP, 2012.....87
- Apêndice 2 - Plantas de paineira do experimento com doses de fósforo (mg dm^{-3}),
150 dias após plantio. Botucatu - SP, 2012.....87
- Apêndice 3 - Plantas de paineira do experimento com doses de potássio (mg dm^{-3}),
150 dias após plantio. Botucatu - SP, 2012.....88
- Apêndice 4 - Plantas de paineira do experimento com níveis de saturação por bases,
150 dias após plantio. Botucatu - SP, 2012.....88

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	25
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	26
2.1	Características da espécie estudada.....	26
2.2	Nutrição mineral de plantas.....	27
2.2.1	Adubação de espécies nativas.....	30
2.2.1.1	Adubação da paineira.....	31
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3.1	Descrição da área de estudo.....	33
3.2	Tratamentos e delineamento experimental.....	33
3.2.1	Experimento 1: Doses de nitrogênio.....	33
3.2.2	Experimento 2: Doses de fósforo.....	33
3.2.3	Experimento 3: Doses de potássio.....	34
3.2.4	Experimento 4: Níveis crescentes de saturação por bases.....	34
3.3	Coleta e correção do solo.....	34
3.4	Preparo do solo e plantio das mudas.....	35
3.5	Manejo e tratos culturais.....	37
3.6	Avaliações.....	37
3.6.1	Análise quantitativa de crescimento.....	37
3.6.2	Índice SPAD.....	37
3.6.3	Área foliar.....	37
3.6.4	Biomassa seca das plantas.....	38
3.6.5	Análise química do tecido vegetal.....	38
3.6.6	Análise estatística.....	38
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
4.1	Experimento 1: Doses de nitrogênio.....	39
4.1.1	Efeito das doses de nitrogênio na altura, no diâmetro do colo e Índice SPAD das plantas.....	39
4.1.2	Efeito das doses de nitrogênio nas variáveis avaliadas ao final do experimento.....	41
4.1.3	Efeitos nos teores e acúmulos de macro e micronutrientes na planta.....	42

4.1.4	Efeitos na fertilidade do solo.....	44
4.2	Experimento 2: Doses de fósforo.....	44
4.2.1	Efeito das doses de fósforo na altura, no diâmetro do colo e Índice SPAD das plantas.....	44
4.2.2	Efeito das doses de fósforo nas variáveis avaliadas ao final do experimento.....	46
4.2.3	Efeitos nos teores e acúmulos de macro e micronutrientes na planta.....	50
4.2.4	Efeitos na fertilidade do solo.....	55
4.3	Experimento 3: Doses de potássio.....	56
4.3.1	Efeito das doses de potássio na altura, no diâmetro do colo e Índice SPAD das plantas.....	56
4.3.2	Efeito das doses de potássio nas variáveis avaliadas ao final do experimento.....	58
4.3.3	Efeitos nos teores e acúmulos de macro e micronutrientes na planta.....	59
4.3.4	Efeitos na fertilidade do solo.....	62
4.4	Experimento 4: Níveis crescentes de saturação por bases.....	63
4.4.1	Efeito de níveis crescentes de saturação por bases na altura, no diâmetro do colo e Índice SPAD das plantas.....	63
4.4.2	Efeito de níveis crescentes de saturação por bases nas variáveis avaliadas ao final do experimento.....	65
4.4.3	Efeitos nos teores e acúmulos de macro e micronutrientes na planta.....	69
4.4.4	Efeitos na fertilidade do solo.....	73
5	CONCLUSÕES.....	75
	REFERÊNCIAS.....	76
	APÊNDICE.....	87

1 INTRODUÇÃO

As formações florestais estão sendo intensamente degradadas, sofrendo com a ação do homem e o uso inadequado dos recursos, seja pela derrubada da vegetação nativa para a implantação de culturas agrícolas e para a retirada de madeira, aliado ao crescimento populacional e industrial, além do descumprimento da legislação ambiental estão acelerando o processo de degradação.

Como alternativa para a recuperação dessas áreas tem-se a utilização de espécies arbóreas nativas, as quais são importantes para reduzir o impacto causado pelo desmatamento (CIRIELLO, 2010).

Para o sucesso de um plantio florestal, é importante o conhecimento das quantidades exigidas de cada elemento pela espécie (LIMA et al., 2000). As espécies arbóreas têm ritmos de crescimento e necessidades ecológicas diferentes nos diversos estágios de desenvolvimento, sendo importante o conhecimento dessas características. Mesmo as espécies que possuem alta importância em reflorestamentos, como a paineira, pouco se sabe a respeito das suas exigências nutricionais, conforme revisão de literatura realizada.

Este problema tem sido amenizado através de recomendações de adubação que supram a quantidade de nutrientes requeridos para as espécies mais exigentes, de forma que as demais espécies tenham suas demandas nutricionais atendidas (GONÇALVES, 1995).

Portanto, há necessidade urgente de um estudo mais aprofundado quanto ao comportamento da *Ceiba speciosa*, exigências nutricionais, adubação, entre outros, com o objetivo de preservá-la e, ao mesmo tempo, restaurar as matas, recuperar os solos de áreas degradadas e de utilizá-la de forma comercial, com a redução dos seus custos de produção através da redução do período de rotação.

O objetivo deste trabalho foi verificar o efeito de diferentes dosagens de nitrogênio, fósforo, potássio e níveis de saturação por bases no desenvolvimento inicial e na nutrição da paineira, visando obter curvas de resposta da espécie mediante adubação e correção do solo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Características da espécie estudada

A paineira, anteriormente conhecida como *Chorisia speciosa* St. Hil. e pertencente à família Bombacaceae, recentemente passou a integrar a família Malvaceae sendo denominada *Ceiba speciosa* St.- Hil. (GUARATINE et al., 2008). Ocorre em uma ampla área abrangendo principalmente as florestas mesófilas semidecíduas nos Estados de São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (LORENZI, 1992; CARVALHO, 1994).

Para Carvalho (2003), a paineira é uma espécie secundária inicial à secundária tardia e é comum encontrar exemplares isolados fora da mata. É uma planta decídua, heliófita, seletiva higrófita, característica da floresta latifoliada semidecídua. Ocorre tanto no interior da floresta primária densa como em formações secundárias, preferindo solos férteis de planícies aluviais e fundo de vales (LORENZI, 2002). Consegue se estabelecer a pleno sol e tolera sombreamento no estágio de plântula (CARVALHO, 1994). É medianamente tolerante a baixas temperaturas do ar e sofre muito com geadas nos primeiros anos de plantio (CARVALHO, 2003).

Apresenta mecanismos fisiológicos específicos que a torna tolerante ao encharcamento, aparecendo com frequência em áreas ciliares (JOLY; CRAWFORD, 1982). É uma espécie nativa em matas secas no Brasil Central (LIMA; SILVA JUNIOR, 2010). Segundo Lorenzi (2002), esta planta floresce a partir de meados de dezembro, prolongando-se até abril. Os frutos são do tipo cápsula ovoide deiscente e sua maturação ocorre durante os meses de agosto-setembro com a árvore totalmente despida de folhas. Pode atingir até 30 metros de altura, sendo dotada de copa globosa ampla, com flores grandes e vistosas.

A árvore é extremamente ornamental e devido à beleza das flores, a espécie é frequentemente cultivada em praças, jardins e avenidas. Além disso, a madeira da paineira pode ser empregada na confecção de canoas, cochos, caixotaria, forros de móveis e na fabricação de pasta celulósica (LORENZI, 1992). É recomendada para plantios mistos em áreas degradadas de preservação, reconstituição de matas, principalmente em áreas de solos úmidos (CARVALHO, 1994).

Produz anualmente grande quantidade de sementes viáveis, que são amplamente disseminadas pelo vento graças a sua fixação à paina (LORENZI, 2002), podendo atingir distâncias superiores a 160 m (CASTILLO, 1986). Das sementes também se pode extrair o óleo, cuja concentração varia de 15 a 20%, sendo semelhante ao do algodão e, pode ser aproveitado para fins industriais e alimentares (CARVALHO, 2003).

O cultivo da paineira pode ser considerado uma alternativa sustentável. Cada árvore inicia sua frutificação já no terceiro ano de vida e continua produzindo até 50 anos ou mais. Produz cerca de 600 frutos por árvore, chegando a 2,7 kg de fibra por árvore (CHINEA-RIVERA, 1990). Segundo este mesmo autor, a fibra originada do fruto é muito fina, pouco densa, volumosa, antialérgica e inodora, muito usada como enchimento de travesseiros e coletes salva-vidas. Segundo Annunciado, Amico & Sydenstricker (2005), as fibras da paineira podem ser utilizadas como sorvente, sendo empregados no controle de derramamentos de materiais poluentes como o petróleo e seus derivados.

2.2 Nutrição mineral de plantas

A necessidade de adubação decorre do fato de que nem sempre o solo é capaz de fornecer todos os nutrientes que as plantas precisam para um crescimento adequado. As características e quantidade de adubos a aplicar dependerão das necessidades nutricionais das espécies florestais, da fertilidade do solo, da forma de reação dos adubos com o solo, da eficiência dos adubos e de fatores de ordem econômica (GONÇALVES, 1995).

Ao iniciar estudos para o estabelecimento de povoamentos florestais com espécies nativas, verifica-se a falta de informações a respeito da nutrição mineral dessas espécies (CECONI et al., 2006). A maioria das informações relaciona-se principalmente às características botânicas e dendrológicas (CARVALHO, 2003). Contudo, deficiências minerais e distúrbios de crescimento são comuns (DRESCHER; ZECH, 1991).

A necessidade nutricional das espécies arbóreas brasileiras ainda é pouco conhecida. Há espécies que ocorrem somente em solos ácidos, outras que são restritas aos solos calcários e outras indiferentes quanto à fertilidade do solo (HARIDASAN, 2000).

No Brasil, de modo geral, a recomposição de áreas degradadas tem sido efetuada através de novos plantios, o que exige o conhecimento do comportamento nutricional das espécies usadas com esta finalidade. Geralmente, os solos a serem reflorestados possuem diferentes características químicas, que, associadas ao grande número de espécies florestais nativas com comportamentos nutricionais distintos (FERNANDES et al., 2000), indicam que a obtenção de informações sobre as demandas nutricionais e a resposta dessas espécies à fertilização é de fundamental importância.

De acordo com Furtini Neto et al. (2000), existe grande dificuldade de enquadrar as espécies florestais nativas em grupos ecológicos com relação ao aspecto nutricional. As espécies dos estágios sucessionais iniciais possuem maior capacidade de absorção de nutrientes relativamente àquelas dos estágios sucessionais subsequentes (FURTINI NETO et al., 1999). Por exemplo, Gonçalves et al. (1992) encontraram maiores concentrações de nutrientes na matéria seca das espécies de crescimento mais rápido (pioneiras) em relação às espécies de crescimento mais lento (clímax). Segundo esses autores, isso é devido à expansão do sistema radicular das pioneiras em relação às clímax, conferindo a essas espécies uma maior capacidade de exploração de um maior volume de solo, além de apresentar maior quantidade de raízes finas, mais ramificadas e de menor espessura do que as clímax.

Foi observado por Sorreano (2006) que a omissão de nutrientes em espécies nativas resultou em alterações morfológicas traduzidas em anormalidades visíveis, sendo que os sintomas da omissão dos micronutrientes B, Fe, Cu e Zn apareceram em primeiro lugar, seguindo-se dos macronutrientes N, P e K, independentemente do grupo ecológico a que a espécie pertencia. Segundo este mesmo autor, as mudas das espécies iniciais de sucessão mostraram-se mais sensíveis à omissão de nutrientes, mostrando os sintomas de deficiências visuais mais rapidamente do que as mudas de espécies finais da sucessão.

As espécies pioneiras têm seu potencial de crescimento restringido quando se desenvolvem em solos de baixa fertilidade, mostrando-se bastante responsivas à fertilização, ao passo que com o avanço do grupo sucessional o estímulo ao crescimento proporcionado pela adubação é menos pronunciado e, algumas vezes, inexistente (SANTOS et al., 2008a), fato este também encontrado por Marschner

(1991) e Lambers e Poorter (1992), onde espécies de crescimento lento apresentaram baixa resposta ao fornecimento de nutrientes.

A baixa disponibilidade de P nos solos tropicais é uma das causas que mais limita o crescimento e a produção florestal (FRANCO, 1984), tornando necessário o fornecimento deste nutriente às árvores via fertilização. Segundo Fernandes et al. (2000), as espécies florestais se comportam distintamente em relação à fertilização fosfatada, sugerindo o aproveitamento dessas diferenças na alocação das espécies em solos com diferentes características em termos de fertilidade.

O aproveitamento do P do solo é influenciado pelas características genotípicas das espécies vegetais, as quais se relacionam à capacidade de absorção e à eficiência de utilização deste nutriente (RESENDE et al., 2000). Em áreas de solos ácidos existe elevada capacidade de fixação de P, podendo ocasionar deficiência do nutriente e restringir o crescimento vegetal (CIRIELLO, 2010), prejudicar o metabolismo de outros nutrientes nos tecidos, principalmente do nitrogênio (MARSCHNER, 1995), uma vez que o P está particularmente envolvido na transferência de energia (SCHUMAN, 1994). Em quantidades adequadas, ele estimula o desenvolvimento radicular, é essencial para uma boa formação da planta e incrementa a produção (RAIJ, 1991).

O N é um dos nutrientes mais requeridos pelas plantas, participando como constituinte de muitos componentes da célula vegetal, incluindo aminoácidos e ácidos nucleicos (TAIZ; ZEIGER, 2004). É absorvido pelas plantas na forma de nitrato (NO_3^-) ou amônio (NH_4^+) (WILLIAMS; MILLER, 2001). Já o potássio está envolvido no transporte de carboidratos, síntese de proteínas, expansão celular e movimento estomático, além de ativar enzimas envolvidas na respiração e fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2004).

A prática da calagem fornece cálcio e magnésio como nutrientes, tendo como efeito principal a neutralização do alumínio e manganês (RAIJ, 1991). É importante ressaltar que a resposta a calagem pode não ocorrer, dependendo das características de cada uma das espécies que se pretenda produzir, principalmente no que se refere à tolerância à acidez (VALE et al., 1996) e atributos químicos do solo (BALIEIRO et al., 2001).

2.2.1 Adubação de espécies nativas

Alguns estudos realizados em espécies florestais nativas (GARCIA, 1990; BRUFORD, 1993; MORAES, 1994; VILELA e HARIDASAN, 1994; MELO, 1999; DUBOC, 2005) têm apresentado respostas diferenciadas à adubação e à calagem em função das espécies. Estudos realizados com K demonstram que as espécies florestais nativas respondem de maneira distinta à fertilização, havendo evidências de que a resposta pode estar ligada ao seu estágio sucessional (SILVA et al., 1997).

Nicoloso et al. (2001) verificaram que mudas de grápia (*Apuleia leiocarpa*) responderam à adubação com NPK, porém a planta é muito exigente em P e medianamente exigente em K e N na fase inicial de crescimento. Quanto à erva-mate (*Ilex paraguariensis*), a resposta à adubação varia em função do estágio da planta e o tipo de solo e/ou substrato. Pandolfo et al. (2003) testando doses de NPK em plantio de erva-mate jovem, obtiveram resposta significativa da cultura para adubação nitrogenada, porém a aplicação de K e P não resultou em resposta significativa para a massa verde das plantas. Já Mazuchowski (2004), ao testar doses crescentes de N em mudas de erva-mate constatou que a adubação nitrogenada apresentou ação depressiva nas mesmas.

Furtini Neto et al. (1999), avaliando a resposta de 15 espécies florestais de diferentes grupos sucessionais à calagem, concluíram que, em geral, as espécies pioneiras e secundárias apresentaram as maiores respostas à calagem, enquanto que a produção de matéria seca total das espécies clímax não foi afetada pelos tratamentos aplicados ao solo.

De acordo com Lima et al. (1997), em espécies como fedegoso (*Senna macranthera*), cássia-verrugosa (*Senna multijuga*), aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius*), canafístula (*Peltophorum dubium*), ipê-amarelo (*Tabebuia chrysotricha*), jacarandá-paulista (*Machaerium villosum*) e pau-pereira (*Platyciamus regnellii*), em condições de campo, a aplicação de 20 g de N, 40 g de P₂O₅ e 30 g de K₂O por cova elevou consideravelmente o crescimento inicial, com respostas positivas para altura, diâmetro da copa e diâmetro da base.

Tem sido relatadas reduções no crescimento inicial de espécies arbóreas nativas, como jatobá (*Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa*), copaíba (*Copaifera langsdorffii*), *Peltophorum dubium*, *Senna macranthera*, *Senna multijuga*, cinamomo (*Melia azedarach*) e jacarandá mimoso (*Jacaranda mimosaeifolia*), decorrentes da

omissão de N (FARIA et al., 1996; PEREIRA et al., 1996; DUBOC et al., 1996a e 1996b; RENÓ et al., 1997; VENTURIM et al., 1999).

Em estudo realizado por Venturin et al. (1996), sobre as exigências nutricionais e os efeitos da omissão de nutrientes em plântulas de *Copaifera langsdorffii*, esses autores observaram que o N, P, Ca e Mg são nutrientes limitantes para o crescimento e, nutrientes como o K, B e Zn têm pouca demanda pela árvore.

Souza et al. (2006) demonstraram que nutrientes como o P e N são prioritários na fertilização da ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa*), seguidos em ordem decrescente por S, B, Zn, Mg, Ca e K. Resultado semelhante foi encontrado em cedro (*Cedrela fissilis*) onde os nutrientes N e P promoveram crescimento satisfatório para a espécie (SOUZA et al., 2009).

Em um estudo realizado na Amazônia, com a aplicação de N, P e K em mogno (*Swietenia macrophylla*), foram encontrados maiores teores desses nutrientes nas plantas, que por sua vez promoveram um maior crescimento das mesmas (TUCCI et al., 2007).

Furtini Neto et al. (2000) recomendam para espécies de rápido crescimento, como as pioneiras e secundárias iniciais, a aplicação de maiores quantidades de fertilizantes fosfatados, por meios de fertilizantes solúveis no plantio. Já para espécies de crescimento lento, como as secundárias tardias e clímax, sugerem uma menor dose de P solúvel. Gonçalves et al. (2008) seguem a mesma linha, recomendando para as espécies de rápido crescimento o dobro da quantidade de P do que para as espécies de crescimento lento, baseado na quantidade de P existente no solo.

2.2.1.1 Adubação da paineira

Ainda são poucos os trabalhos de adubação e nutrição da paineira, de modo que muitas vezes faltam informações importantes, o que conduz a necessidade de realização de maiores estudos para a obtenção dessas informações.

Em estudo realizado utilizando três espécies florestais: aroeira-vermelha (*Schinus terenbinthifolius*), paineira (*Ceiba speciosa*) e jabolão (*Syzygium jambolanum* Lam.), os autores concluíram que a paineira foi mais eficiente na absorção do fósforo do que as demais espécies estudadas, apresentando maior diâmetro do caule em todas as doses do nutriente (FERNANDES et al., 2000). A maior produção de biomassa seca da parte aérea, raiz e total foi encontrada em

todas as doses de fósforo, exceto na dose de 600 mg dm^{-3} . Sendo assim, a paineira, em comparação com a aroeira-vermelha e o jambolão, é uma espécie que poderia ser alocada em solos com distintos níveis de P, uma vez que seu crescimento foi superior ao das demais, sob-baixas e altas doses deste elemento (FERNANDES et al., 2000).

De acordo com os resultados obtidos no trabalho de Sorreano (2006), o número de folhas da paineira foi influenciado negativamente pela omissão de N e no tratamento com omissão de Fe ocorreu uma maior produção das mesmas. Nos tratamentos com omissão de N e K ocorreu diminuição no teor desses nutrientes em todas as partes da planta, quando comparadas ao tratamento completo. Segundo este mesmo autor, o Ca foi o nutriente que mais afetou o desenvolvimento em altura e diâmetro do colo da espécie.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrição da área de estudo

O experimento foi instalado em estufa plástica, sem controle de temperatura e umidade do ar, em área do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP, município de Botucatu-SP, cujas coordenadas geográficas são 22° 40' 31" S e 48° 25' 37" W e altitude média de 770 metros.

3.2 Tratamentos e delineamento experimental

Conduziu-se 4 experimentos para avaliar o efeito de doses de N, P, K e níveis crescentes de V% no desenvolvimento e nutrição de mudas de paineira (*Ceiba speciosa*). Utilizou-se o delineamento estatístico inteiramente casualizado com seis tratamentos e quatro repetições, de modo que cada unidade experimental foi composta por um vaso plástico de 60 dm³ preenchido com 50 dm³ de solo contendo uma muda de paineira, totalizando 24 vasos por experimento.

3.2.1 Experimento 1: Doses de nitrogênio

Os tratamentos avaliados foram os seguintes: 0, 40, 80, 120 e 160 mg dm⁻³ N (denominados, respectivamente, de N natural do solo – N nat., N40, N80, N120 e N160), além de um tratamento controle sem adubação e calagem. À exceção do tratamento controle, os demais tratamentos receberam adubação com P (150 mg dm⁻³) e K (80 mg dm⁻³) e tiveram a saturação por bases corrigida para 60%.

3.2.2 Experimento 2: Doses de fósforo

Os tratamentos avaliados foram os seguintes: 0, 100, 200, 300 e 400 mg dm⁻³ P (denominados, respectivamente, de Pnat., P100, P200, P300 e P400), além de um tratamento controle sem adubação e calagem. À exceção do tratamento controle, os demais tratamentos receberam adubação com N (80 mg dm⁻³) e K (80 mg dm⁻³) e tiveram a saturação por bases corrigida para 60%.

3.2.3 Experimento 3: Doses de potássio

Os tratamentos avaliados foram os seguintes: 0, 40, 80, 120 e 160 mg dm⁻³ K (denominados, respectivamente, de Knat., K40, K80, K120 e K160), além de um tratamento controle sem adubação e calagem. À exceção do tratamento controle, os demais tratamentos receberam adubação com N (80 mg dm⁻³) e P (150 mg dm⁻³) e tiveram a saturação por bases corrigida para 60%.

3.2.4 Experimento 4: Níveis crescentes de saturação por bases

Os tratamentos avaliados foram os seguintes: 0, 20, 40, 60 e 80 % (denominados, respectivamente, de V%nat., V20%, V40%, V60% e V80%), além de um tratamento sem adubação e calagem. À exceção do tratamento controle, os demais tratamentos receberam adubação com N (80 mg dm⁻³), P (150 mg dm⁻³) e K(80 mg dm⁻³).

3.3 Coleta e correção do solo

O solo utilizado é classificado como Latossolo Vermelho Escuro, textura média arenosa (CARVALHO et al., 1983), atualizada de acordo com os critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006), coletado da camada subsuperficial de área experimental da FCA/UNESP. Após o peneiramento do solo em malha 4,0 mm, retirou-se uma amostra composta do mesmo para análise química e granulométrica conforme metodologias descritas por Raij et al. (2001) e EMBRAPA (1997), respectivamente. Os resultados destas análises estão apresentados nas tabelas 1, 2 e 3.

Tabela 1 - Análise granulométrica da amostra do solo utilizado nos experimentos. Botucatu – SP, 2011.

Argila	Silte	Areia
..... g dm ³ g dm ³ g dm ³
287	50	663

Tabela 2 - Análise básica da amostra do solo utilizado nos experimentos. Botucatu – SP, 2011.

pH	M.O.	P _{resina}	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
CaCl ₂	g/dm ³	mg/dm ³	----- mmol/dm ³ -----			-----			
4,1	19	2	66	0,5	2	1	3	69	5

Tabela 3 - Análise de micronutrientes do solo utilizado nos experimentos. Botucatu – SP, 2011.

B	Cu	Fe	Mn	Zn
----- mg/dm ³ -----				
0,22	0,6	38	0,3	0,1

O solo foi corrigido mediante incorporação de calcário dolomítico (29% de CaO; 18% de MgO e PRNT de 96%). O cálculo da necessidade de calagem para elevar a V a 60% foi realizado de acordo com Raij et al. (2001), de modo que em cada vaso misturou-se 67,32 g do calcário. A calagem foi feita para todos os tratamentos, à exceção do tratamento controle. O solo foi incubado dentro dos vasos por um período de 30 dias, mantendo-o umedecido a 60% da capacidade de campo. O tratamento que não recebeu calcário foi umedecido e incubado de igual maneira aos demais.

3.4 Preparo do solo e plantio das mudas

No dia 10 de outubro de 2011 ocorreu o plantio das mudas que foram doadas pela empresa AES Tietê, sendo feita uma cova central para o plantio das mesmas. Foram feitas duas covas laterais em cada vaso de aproximadamente 10 cm de profundidade, para a incorporação dos adubos conforme cada tratamento e colocado nos respectivos vasos, que em seguida foram irrigados com 1,0 L de água.

A adubação com N, P e K foi realizada pela incorporação de doses previamente calculadas, conforme seus respectivos tratamentos (Tabelas 4, 5, 6 e 7, respectivamente). As fontes de nutrientes utilizadas foram: ureia como fonte de N, superfosfato triplo como fonte de P e cloreto de potássio como fonte de K.

Tabela 4 - Dose de ureia misturada a 50 dm⁻³ de solo (equivalente a 1 vaso) em função dos tratamentos. Botucatu-SP, 2011.

Tratamento	Ureia (g por vaso)
Controle	0
N natural do solo	0
40 mg dm ⁻³ N	4,44
80 mg dm ⁻³ N	8,89
120 mg dm ⁻³ N	13,33
160 mg dm ⁻³ N	17,70

À exceção do controle, todos os tratamentos do experimento que avaliou doses de N receberam adubação com 40,9 g de superfosfato triplo, 8,31g de cloreto

de potássio por vaso e calcário dolomítico para elevar a saturação por bases do solo para 50%.

Tabela 5 - Dose de superfosfato triplo misturada a 50 dm^{-3} de solo (equivalente a 1 vaso) em função dos tratamentos. Botucatu-SP, 2011.

Tratamento	Superfosfato Triplo (g por vaso)
Controle	0
P natural do solo	0
100 mg dm^{-3} P	26,02
200 mg dm^{-3} P	52,05
300 mg dm^{-3} P	78,10
400 mg dm^{-3} P	104,10

À exceção do controle, todos os tratamentos do experimento que avaliou doses de P receberam adubação com 8,89 g de ureia, 8,31 g de cloreto de potássio por vaso e calcário dolomítico para elevar a saturação por bases do solo para 50%.

Tabela 6 - Dose de cloreto de potássio misturada a 50 dm^{-3} de solo (equivalente a 1 vaso) em função dos tratamentos. Botucatu-SP, 2011.

Tratamento	Cloreto de Potássio (g por vaso)
Controle	0
K natural do solo	0
40 mg dm^{-3} K	4,16
80 mg dm^{-3} K	8,31
120 mg dm^{-3} K	12,47
160 mg dm^{-3} K	16,62

À exceção do controle, todos os tratamentos do experimento que avaliou doses de K receberam adubação com 8,89 g de ureia, 40,9 g de superfosfato triplo por vaso e calcário dolomítico para elevar a saturação por bases do solo para 50%.

Tabela 7 - Dose de calcário misturada a 50 dm^{-3} de solo (equivalente a 1 vaso) para obtenção da saturação por bases de cada tratamento. Botucatu-SP, 2011.

Tratamento	Dose de calcário (g por vaso)
Controle	0
Saturação por bases natural do solo	0
Saturação por bases a 20%	18,36
Saturação por bases a 40%	42,84
Saturação por bases a 60%	67,32
Saturação por bases a 80%	91,80

À exceção do controle, todos os tratamentos do experimento que avaliou níveis crescentes de saturação por bases, receberam adubação com ureia, superfosfato triplo e cloreto de potássio nas doses de, respectivamente, 8,89 g, 40,9 g e 8,31 g por vaso.

3.5 Manejo e tratos culturais

A irrigação do experimento foi realizada diariamente, de forma a manter a sua umidade próxima a 60% da capacidade de campo. Dois meses após o plantio das mudas, algumas plantas apresentaram o ataque por cigarrinha verde (*Empoasca kraemer*). Todavia, a praga foi controlada mediante aplicação do inseticida DECIS 25 EC (Deltametrina), na concentração de 0,5 mL/1L. No terceiro mês observou-se, ainda em algumas plantas o ataque pela praga e novamente foi realizada a aplicação do inseticida, na mesma concentração. Nos dois casos a aplicação foi realizada utilizando-se um equipamento costal manual.

3.6 Avaliações

3.6.1 Análise quantitativa de crescimento

Os parâmetros avaliados mensalmente foram o crescimento em diâmetro e a altura. As medições de altura das plantas foram feitas com régua graduada e as medições de diâmetro do colo com auxílio do paquímetro digital a 2 cm acima da superfície do solo.

3.6.2 Índice SPAD

Para as medições do Índice SPAD utilizou-se o clorofilômetro marca Minolta[®], modelo SPAD-502. As avaliações deste parâmetro começaram a ser feitas a partir do segundo mês de condução do experimento.

3.6.3 Área foliar

A avaliação final foi realizada 150 dias após o plantio, onde todas as folhas foram retiradas para determinação da área foliar no medidor Area Meter (Modelo LICOR LI-3000).

3.6.4 Biomassa seca das plantas

As plantas foram divididas em folha, caule e raiz, as quais foram lavadas, acondicionadas em saco de papel e colocadas para secar em estufa com circulação de ar a 65°C, até obtenção da massa seca (MS) constante. A partir da MS das partes da planta, foi calculada a massa seca total (MST).

3.6.5 Análise química do tecido vegetal

O material vegetal seco foi pesado, moído em moinho tipo Willey e amostrado para quantificação dos teores de macro e micronutrientes conforme metodologias descritas em Malavolta et al. (1997). O acúmulo de nutrientes na raiz, no caule e nas folhas, foi determinado pela multiplicação da MS (em g) pelo teor respectivo de cada nutriente e posterior divisão por 1000, obtendo-se o resultado em g e mg para macro e micronutrientes, respectivamente. A quantidade total de cada nutriente absorvido pela planta foi obtida pelo somatório das quantidades acumuladas em cada parte da planta.

3.6.6 Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e posterior análise de regressão, ajustando-se as equações aos dados obtidos em função das doses para cada experimento. Adotou-se como critério na escolha do modelo a interação pelo teste F significativo a 5%.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento 1: Doses de nitrogênio

4.1.1 Efeito das doses de nitrogênio na altura, no diâmetro do colo e Índice SPAD das plantas

A altura e o diâmetro do colo das plantas de paineira diferiram entre os tratamentos a partir dos 120 dias após o plantio (Figuras 1 e 2), conforme teste de Tukey a 5% (Tabelas 8 e 9). De modo geral, as diferenças para as duas variáveis ocorreram em relação ao tratamento controle, o que segundo Freiburger (2012), em estudo realizado com plantas de pinhão manso (*Jatropha curcas*), não evidencia efeitos pronunciados das doses de N.

Tais resultados sugerem que a adubação nitrogenada na paineira não deve ser realizada na época de plantio.

Figura 1 - Altura de plantas de paineira em função de doses de nitrogênio ao longo de 150 dias após plantio. Botucatu – SP, 2013.

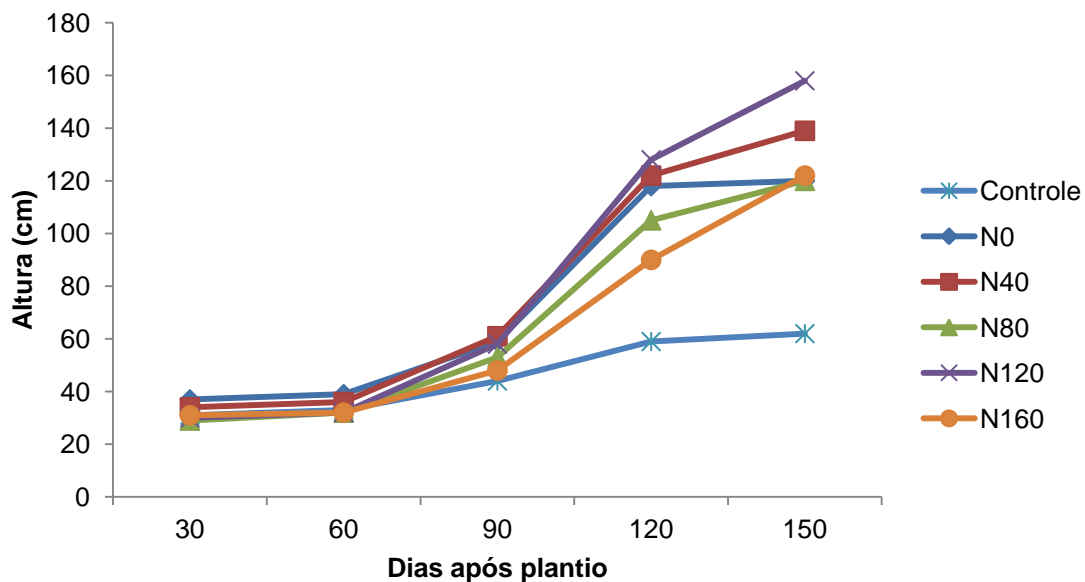
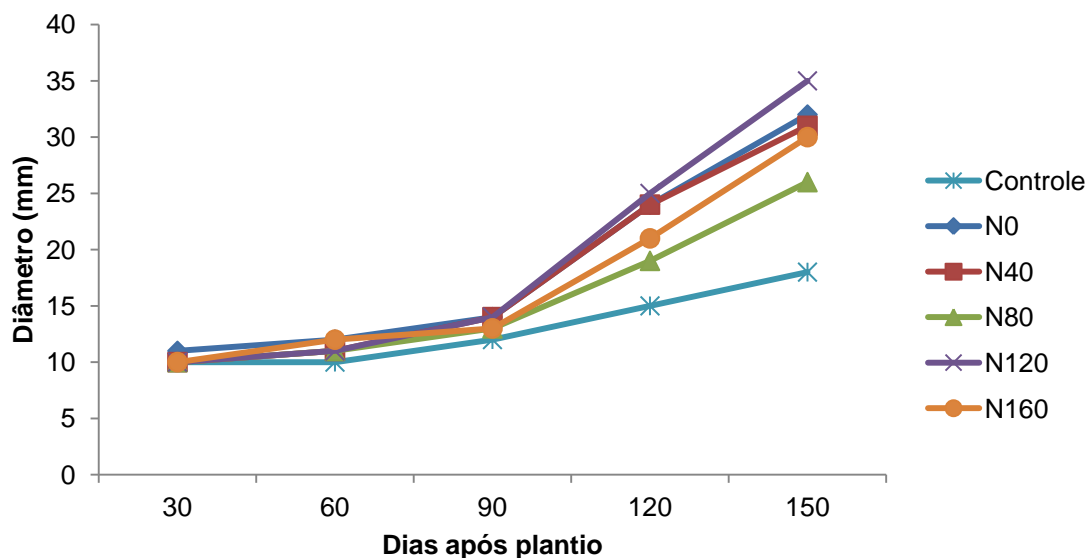


Figura 2 - Diâmetro do colo de plantas de paineira em função de doses de nitrogênio ao longo de 150 dias após plantio. Botucatu – SP, 2013.



Para o Índice SPAD foram observadas diferenças somente aos 150 dias após o plantio (Figura 3), conforme teste de Tukey a 5% (Tabela 10). Houve efeito positivo da adubação com N, pois as plantas que não foram adubadas com N apresentaram os valores mais baixos, mesmo quando comparadas ao tratamento controle.

Figura 3 - Índice SPAD de plantas de paineira em função de doses de nitrogênio ao longo de 150 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013.

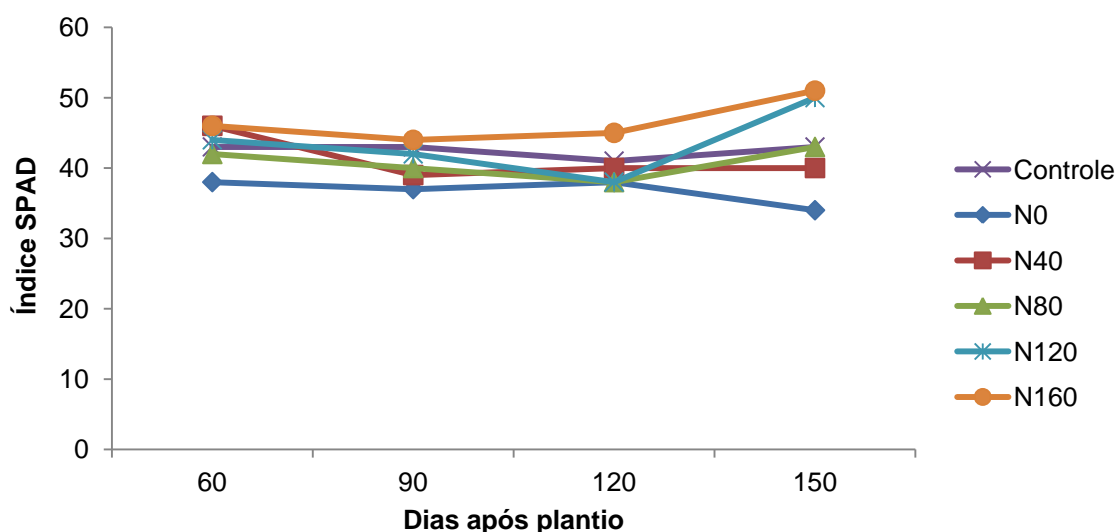


Tabela 8 - Análise de variância para a altura das plantas de paineira, em função de doses de nitrogênio, aos 120 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013.

FV	GL	SQ	QM	F	p
Tratamento	5	13114,375	2622,875	4,740	0,0085
Repetição	3	3370,792	1123,597	2,030	0,1528
Erro	15	8300,458	553,364		

Tabela 9 - Análise de variância para o diâmetro do colo das plantas de paineira, em função de doses de nitrogênio, aos 120 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013.

FV	GL	SQ	QM	F	p
Tratamento	5	255,010	51,002	4,267	0,0130
Repetição	3	69,398	23,132	1,936	0,1672
Erro	15	179,273	11,952		

Tabela 10 - Análise de variância para o Índice SPAD das plantas de paineira, em função de doses de nitrogênio, aos 150 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013.

FV	GL	SQ	QM	F	p
Tratamento	5	868,583	172,717	5,936	0,0032
Repetição	3	275,805	91,935	3,160	0,056
Erro	15	436,430	29,095		

4.1.2 Efeito das doses de nitrogênio nas variáveis avaliadas ao final do experimento

De acordo com a Tabela 11, foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para o Índice SPAD, sendo que para as demais características avaliadas não foram encontradas diferenças. Pode-se concluir, com estes resultados, que o nitrogênio é um elemento necessário em baixas quantidades para o desenvolvimento inicial da paineira.

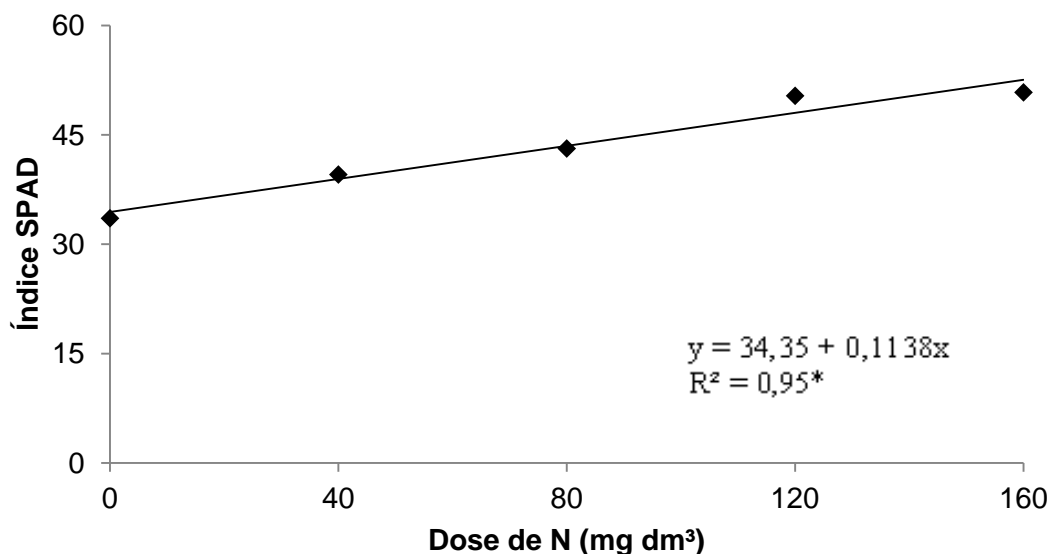
Tabela 11 - Análise de regressão das variáveis estudadas aos 150 após o plantio, em função das doses de nitrogênio. Botucatu – SP, 2013.

Fonte de Variação	Altura	Diâmetro do colo	MS Folha	MS Caule	MS Raiz	MS Total	Índice SPAD	Área Foliar
----- Valor de F -----								
Dose	1,43 ^{ns}	3,22 ^{ns}	0,58 ^{ns}	1,27 ^{ns}	0,71 ^{ns}	0,76 ^{ns}	6,29*	0,45 ^{ns}
Repetição	1,29 ^{ns}	6,12*	1,83 ^{ns}	2,35 ^{ns}	3,24 ^{ns}	2,54 ^{ns}	2,87 ^{ns}	1,58 ^{ns}
CV (%)	21,05	11,86	41,12	46,97	30,36	39,50	13,45	50,07
Regressão	ns	ns	ns	Ns	ns	ns	Q*, L*	ns

ns = não significativo; * = significativo; L = linear; Q = quadrática.

O índice SPAD apresenta uma correlação linear positiva em relação às doses de N (Figura 4). Este índice é um parâmetro que se correlaciona positivamente com o teor de N na planta, motivo pelo qual pode ser usado para estimar a quantidade de N absorvida do solo (SCHADCHINA; DMITRIEVA, 1995), sendo que cerca de 50 a 70% do N total das folhas é integrante de enzimas (CHAPMAN; BARRETO, 1997) que estão associados a cloroplastos (STOCKING; ONGUN, 1962).

Figura 4 - Índice SPAD de plantas de paineira em função de doses de nitrogênio, 150 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013. ** significativo a 1% e * significativo a 5%.



Dentre os estudos sobre omissão de nutrientes e seus efeitos no desenvolvimento de mudas de espécies arbóreas, a omissão de N é uma das principais causas da redução de crescimento e decréscimo da biomassa seca das plantas, sendo a demanda por este nutriente grande durante o desenvolvimento das plantas, pois é o nutriente mineral exigido em maior quantidade pelas culturas (RAIJ, 1991).

Os resultados deste trabalho diferem, em parte, dos observados para mudas de cedro australiano (*Toona ciliata*), onde o crescimento inicial das plantas foi altamente influenciado pela falta de N (MORETTI et al., 2011). Silva e Muniz (1995) também observaram resposta negativa das plantas de cedro quanto à omissão deste nutriente. Da mesma forma, para a espécie taxi-branco (*Sclerolobium paraense*) foi verificado aumento significativo da produção de massa seca total das plantas, quando adicionado N (DIAS et al., 1992). Em mudas de jacarandá da Bahia (*Dalbergia nigra*) conforme Marques et al. (2006), de teca (*Tectona grandis*) segundo Favare (2010) e de cedro conforme Freiburger et al. (2012), foram encontrados resultados positivos na adubação nitrogenada para todas as espécies.

4.1.3 Efeitos nos teores e acúmulos de macro e micronutrientes na planta

Na Tabela 12 são apresentadas as equações de regressão, referentes aos teores de macronutrientes nas folhas das plantas, e na Figura 5, é possível visualizar a análise de regressão. Verifica-se que as doses de N influenciaram

significativamente os teores foliares de N e Ca, que se ajustaram a um modelo quadrático, com correlações positivas para N e negativas para Ca. Com relação ao teor foliar de N, o seu valor máximo estimado, obtido com a dose de 105 mg dm⁻³ N, foi de 34,46 mg kg⁻¹.

As doses de N não influenciaram significativamente os teores foliares de P, K, Mg e S e dos micronutrientes, nem as quantidades acumuladas totais de nutrientes na planta.

Segundo Sorreano (2006), em estudo realizado com a paineira, houve redução no teor de N em todas as partes da planta devido à omissão desse nutriente. O alto requerimento nutricional quanto ao N em fase de muda é esperado, pois durante o crescimento vegetativo da planta o N é rapidamente absorvido pelas raízes e transportado para a folha (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000).

O teor foliar de Ca apresentou o mesmo valor na dose 0 e 160 mg dm⁻³ de N, não diferindo estatisticamente. O aumento das doses de N ocasionou uma diminuição até certo ponto e posterior elevação no teor de Ca (Figura 5), isto porque a adição de N favorece o acúmulo de Ca nas folhas (MALAVOLTA et al., 1997). Foi observado em mudas de teca, que a omissão de N reduziu o teor de Ca na parte aérea das mudas (BARROSO et al., 2005).

Figura 5 - Teores de macronutrientes em folhas de paineira em função de doses de nitrogênio, 150 dias após o plantio. Botucatu-SP, 2013.

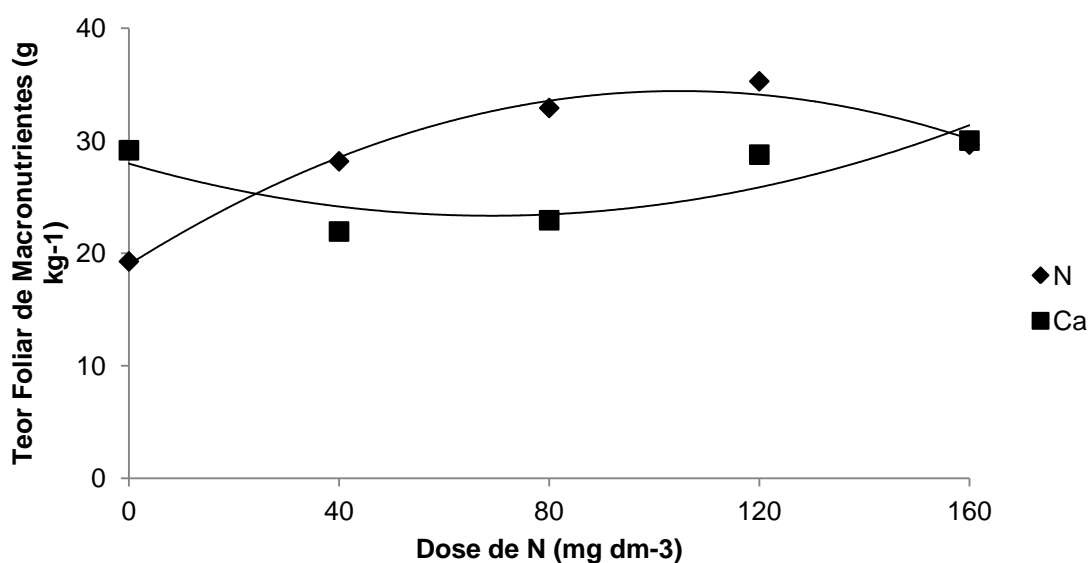


Tabela 12 - Equações de regressão referentes aos teores de N e Ca (g kg^{-1}) em folhas de paineira em função de doses de nitrogênio, 150 dias após o plantio. Botucatu-SP, 2013.

Nutriente na folha	Equação	R ²
N	$y = 19,00 + 0,2942x - 0,0014x^2$	0,98*
Ca	$y = 27,97 - 0,1342x + 0,0010x^2$	0,71**

*significativo a 5%; **significativo a 1%.

4.1.4 Efeitos na fertilidade do solo

Os teores de M.O., P, B, Mn e Zn não se alteraram em função da adubação nitrogenada. Ocorreu uma leve diminuição da CTC do solo, que pode ser explicada pela diminuição da acidez potencial. A saturação por bases aumentou em função da diminuição da CTC (Tabela 13). Segundo Malavolta (2006), existe uma correlação entre o teor de M.O. e o de B no solo, o que explica o fato desses teores não terem se alterado; a maior fonte de B para a planta é devido à mineralização da M.O. (BERGER; PRATT, 1963). O que explica o teor de Zn no solo ter permanecido constante é o fato de que quando o pH está acima de 5,5 o Zn é adsorvido a hidróxidos de Al, Fe e Mn (MORAGHAN; MASCAGNI, 1991).

Tabela 13 - Equações de regressão referentes ao valor de pH e teor de H+Al, K, Ca, Mg, SB, CTC, V%, Cu e Fe do solo ao final do experimento com doses de nitrogênio. Botucatu-SP, 2013.

Variável química do solo	Equação de regressão	R ²
pH (CaCl_2)	$y = 4,59 + 0,0125x - 0,00007x^2$	0,27**
H+AL ($\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$)	$y = 44,22 - 0,2863x + 0,0015x^2$	0,18**
K ($\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$)	$y = 1,47 + 0,0077x - 0,00003x^2$	0,28*
Ca ($\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$)	$y = 17,32 + 0,1163x - 0,0007x^2$	0,22**
Mg ($\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$)	$y = 8,36 + 0,0933x - 0,0006x^2$	0,16**
SB ($\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$)	$y = 27,16 + 0,2173x - 0,0013x^2$	0,18**
CTC	$y = 71,43 - 0,0690x + 0,0002x^2$	0,32**
V%	$y = 39,93 + 0,3198x - 0,0018x^2$	0,16**
Cu (mg dm^{-3})	$y = 0,74 - 0,0013x + 0,000004x^2$	0,44**
Fe (mg dm^{-3})	$y = 37,79 - 0,1646x + 0,0008x^2$	0,19**

*significativo a 5%; **significativo a 1%.

4.2 Experimento 2: Doses de fósforo

4.2.1 Efeito das doses de fósforo na altura, no diâmetro do colo e Índice SPAD das plantas

A partir dos 120 dias após o plantio tanto a altura quanto o diâmetro das plantas de paineira apresentaram diferenças em função das doses de fósforo aplicadas, conforme teste de Tukey a 5% (Tabelas 14 e 15), estas diferenças ocorreram devido ao tratamento controle apresentar menores médias, que não

diferiram, contudo, do tratamento P0 (Figuras 6 e 7). Estes resultados mostram a importância da adubação fosfatada para a espécie, uma vez que a ausência deste nutriente reduziu a altura e o diâmetro das plantas.

Figura 6 - Altura de plantas de paineira em função de doses de fósforo ao longo de 150 dias após plantio. Botucatu – SP, 2013.

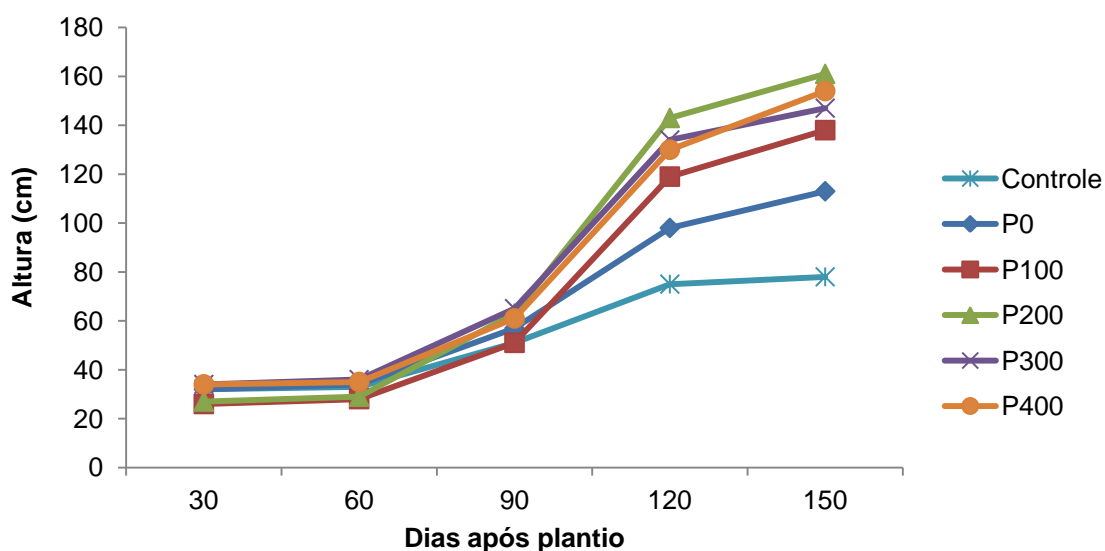
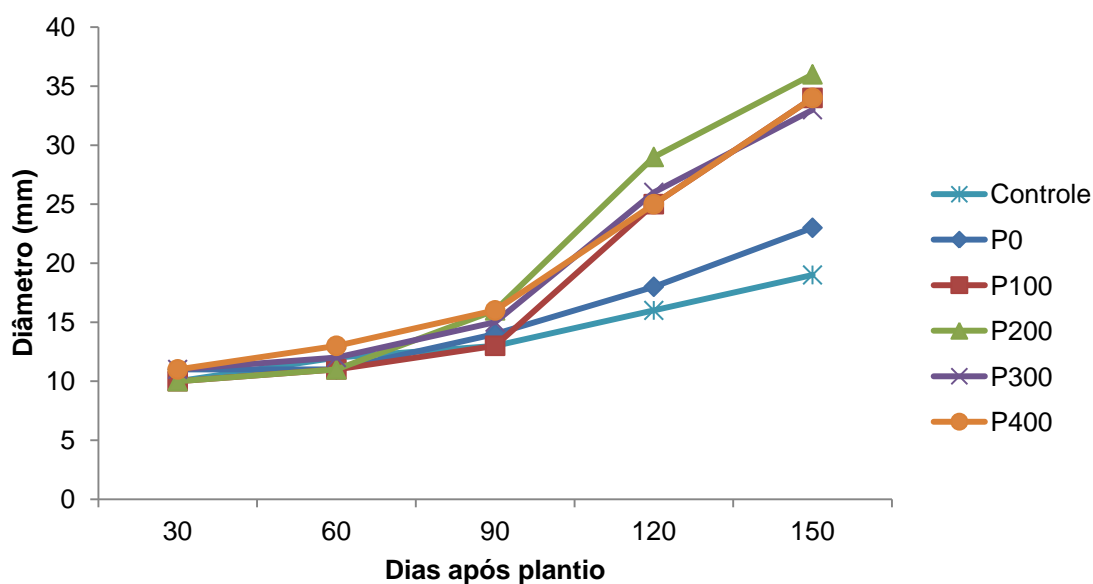


Figura 7 - Diâmetro do colo de plantas de paineira em função de doses de fósforo ao longo de 150 dias após plantio. Botucatu – SP, 2013.



Quanto ao Índice SPAD, não foram encontradas diferenças entre os tratamentos (Figura 8), conforme teste de Tukey a 5% (Tabela 16).

Figura 8 - Índice SPAD de plantas de paineira em função de doses de fósforo ao longo de 150 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013.

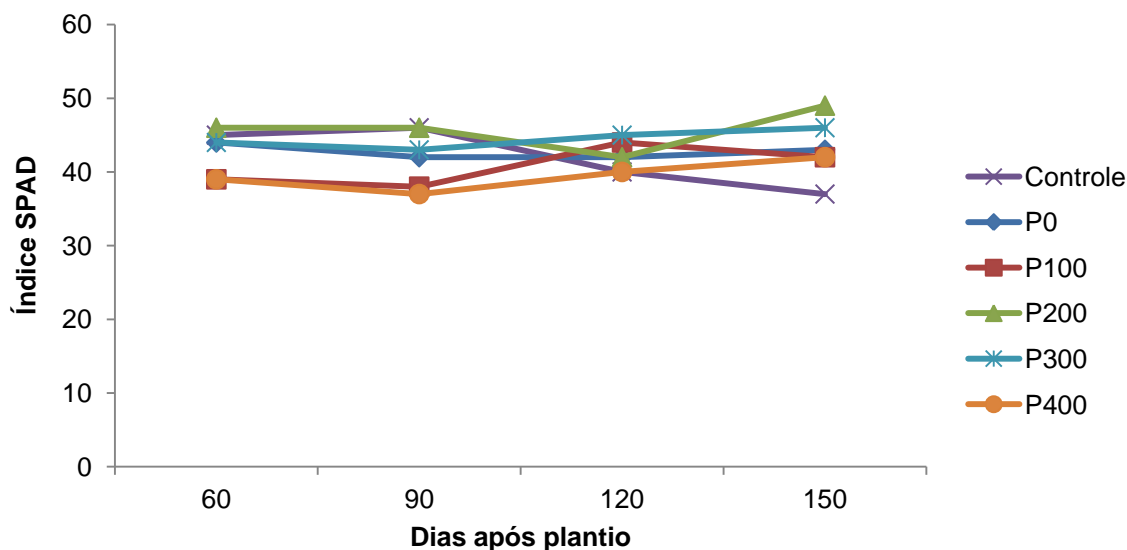


Tabela 14 - Análise de variância para a altura das plantas de paineira, em função de doses de fósforo, aos 120 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013.

FV	GL	SQ	QM	F	p
Tratamento	5	13162,000	2632,40	5,043	0,0066
Repetição	3	5,667	1,889	0,004	1,0000
Erro	15	7830,333	522,022		

Tabela 15 - Análise de variância para o diâmetro do colo das plantas de paineira, em função de doses de fósforo, aos 120 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013.

FV	GL	SQ	QM	F	p
Tratamento	5	510,016	102,003	9,261	0,0004
Repetição	3	63,536	21,179	1,923	0,1693
Erro	15	165,223	11,015		

Tabela 16 - Análise de variância para o Índice SPAD das plantas de paineira, em função de doses de fósforo, aos 150 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013.

FV	GL	SQ	QM	F	p
Tratamento	5	312,078	62,416	1,434	0,2686
Repetição	3	203,903	67,968	1,562	0,2400
Erro	15	652,872	43,525		

4.2.2 Efeito das doses de fósforo nas variáveis avaliadas ao final do experimento

Foram encontradas diferenças significativas entre as doses testadas para os seguintes parâmetros: diâmetro do colo, massa seca de folha, massa seca de raiz, massa seca total e área foliar (Tabela 17).

Tabela 17- Análise estatística das variáveis estudadas aos 150 dias após o plantio, em função das doses de fósforo. Botucatu – SP, 2013.

Fonte de Variação	Altura	Diâmetro do colo	MS Folha	MS Caule	MS Raiz	MS Total	Índice SPAD	Área Foliar
----- Valor de F -----								
Dose	2,21 ^{ns}	5,54*	7,58*	2,4 ^{ns}	3,37*	3,98*	0,91 ^{ns}	9,47*
Repetição	0,15 ^{ns}	1,06 ^{ns}	1,74 ^{ns}	0,45 ^{ns}	1,56 ^{ns}	0,77 ^{ns}	1,98 ^{ns}	0,16 ^{ns}
CV (%)	17,64	13,77	33,33	48,83	33,94	38,25	14,75	31,36
Regressão	Ns	Q*, L*	Q*, L*	ns	Q*	Q*, L*	ns	Q*, L*

ns = não significativo; * = significativo; L = linear; Q = quadrática.

Os valores de diâmetro do colo se ajustaram a um modelo quadrático, com a dose estimada de 237,05 mg dm⁻³ de P (Figura 9). As variáveis massa seca de folha, massa seca de raiz e massa seca total ajustaram-se a um modelo quadrático, apresentando um coeficiente de determinação ajustado alto, próximo a 1, e doses estimadas de 261,08; 231,06 e 250,76 mg dm⁻³ de P, respectivamente (Figuras 10, 11 e 12).

Os autores Reis et al. (1997) encontraram respostas positivas à adubação fosfatada para a espécie jacarandá da Bahia, principalmente em relação as variáveis diâmetro do colo, altura, e massa seca total. Resultados semelhantes foram obtidos por Dias et al. (1991a, b) em mudas de taxi-branco, por Ceconi (2006) em plantas de açoita cavalo (*Luheae divaricata*), por Vogel et al. (2001) para a espécie bracatinga (*Mimosa scabrella*), por Ciriello (2010) e Rosa (2008) em plantas de guanandi. A eficiência de utilização de P por dada espécie reflete o seu potencial em converter o P disponível no solo em biomassa (ANGHINONI, 2003).

Conforme as Figuras 10, 11 e 12, percebe-se que na aplicação da dose de 400 mg dm⁻³ de P, os valores observados de massa seca foram os mais baixos. Resultado similar foi verificado para a espécie *Eucalyptus grandis*, apresentando baixa produção de massa seca na presença de elevados teores de P na folha e no caule com aumento da dose de 200 para 400 mg dm⁻³ de P (PAULA et al., 2003). Quando uma planta se encontra numa situação de baixa disponibilidade de P, ela tende a utilizá-lo de forma mais eficiente do que quando é submetida a uma condição de maior fertilidade (BALIEIRO et al., 2001).

No presente estudo, os valores de área foliar ajustaram-se a um modelo quadrático, onde encontrou-se a dose máxima estimada de 364,14 mg dm⁻³ de P (Figura 13). Segundo Lynch et al. (1991) e Rodríguez et al., (1998), a deficiência de fósforo diminui a área foliar em consequência da redução no número de folhas e da

limitação à expansão da folha, este fato pode ser visualizado na Figura 13, onde as menores doses do nutriente apresentaram uma menor área foliar.

A resposta ao fornecimento de P observada fornece elementos importantes sobre a importância da adubação fosfatada para a paineira, objetivando um melhor desenvolvimento inicial da espécie.

Figura 9 - Diâmetro do colo de plantas de paineira em função de doses de fósforo, 150 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013. ** significativo a 1% e * significativo a 5%.

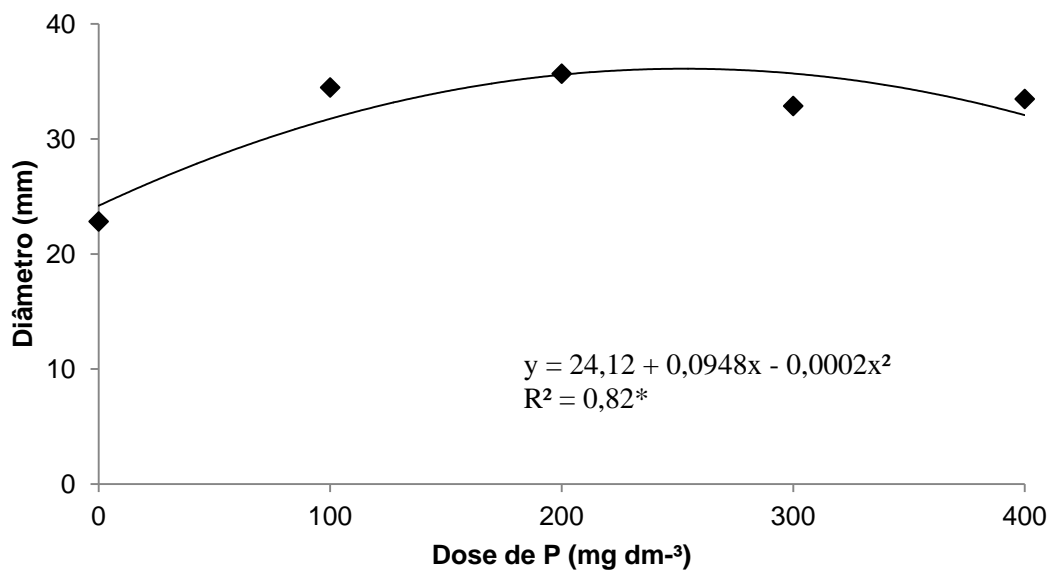


Figura 10 - Massa seca de folha de plantas de paineira em função de doses de fósforo, 150 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013. ** significativo a 1% e * significativo a 5%.

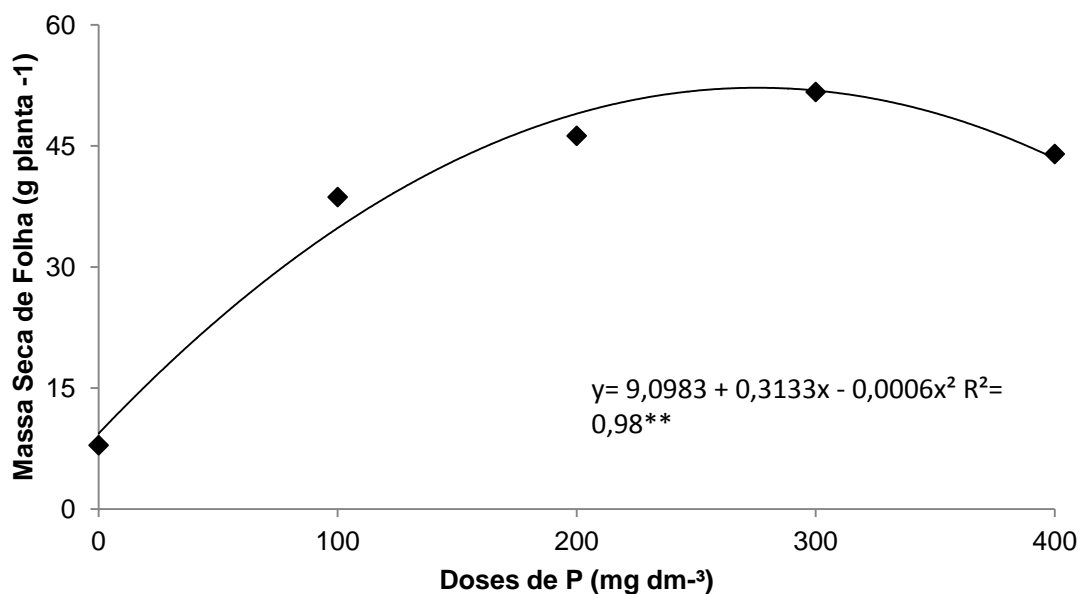


Figura 11 - Massa seca de raiz de plantas de paineira em função de doses de fósforo, 150 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013. ** significativo a 1% e * significativo a 5%.

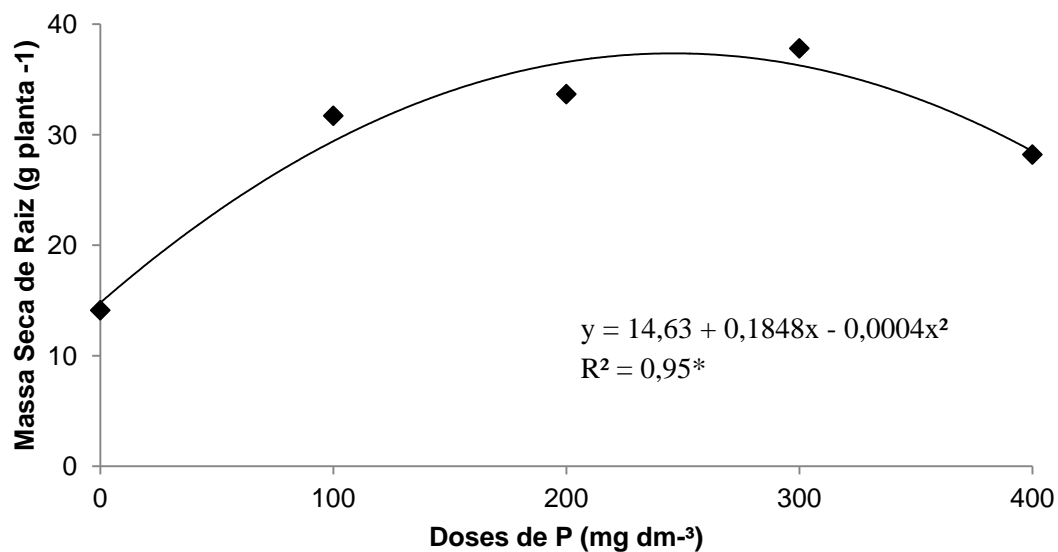


Figura 12 - Massa seca total de plantas de paineira em função de doses de fósforo, 150 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013. ** significativo a 1% e * significativo a 5%.

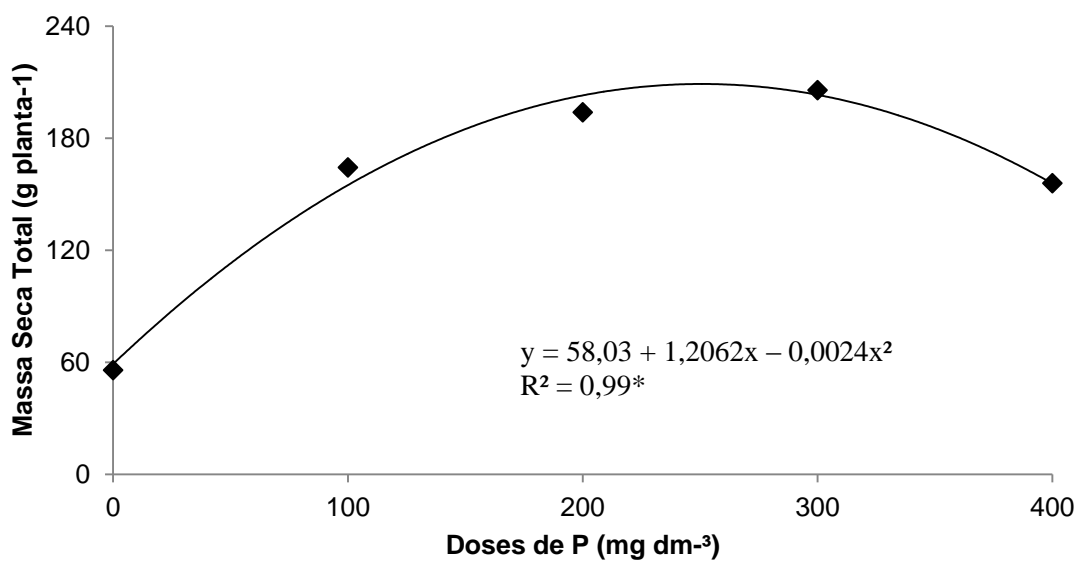
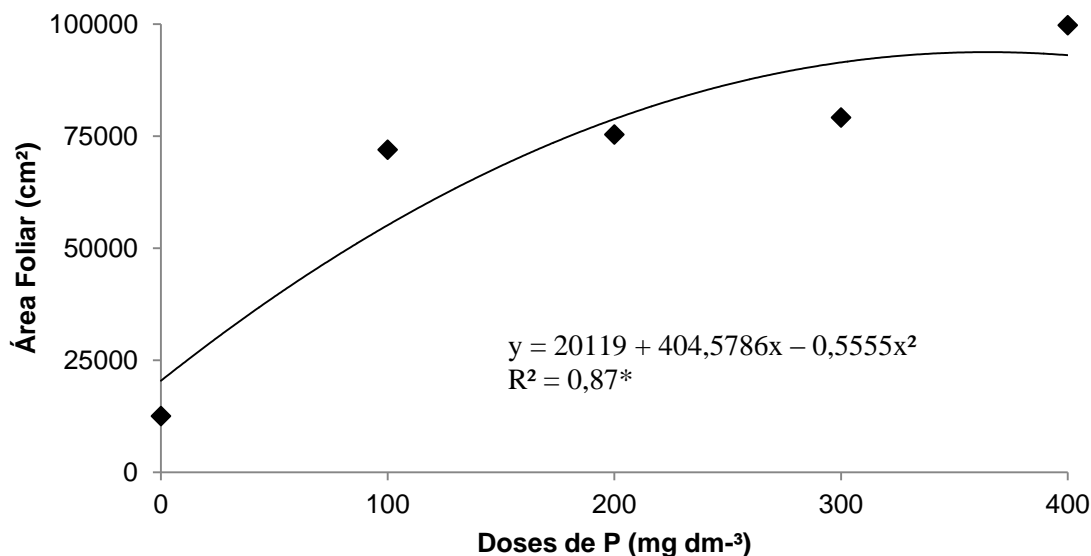


Figura 13 - Área foliar de plantas de paineira em função de doses de fósforo, 150 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013. ** significativo a 1% e * significativo a 5%.



4.2.3 Efeitos nos teores e acúmulo de macro e micronutrientes na planta

Nas Figuras 14 e 15 e Tabela 18 são apresentadas as análises de regressão, referentes aos teores de macro e micronutrientes nas folhas da paineira e as suas respectivas equações de regressão. As doses de P foram significativas nos teores foliares de P e S que se ajustaram a um modelo linear e, para K e Mg, os quais se ajustaram a um modelo quadrático, com correlações positivas para Mg e negativas para K. O teor foliar máximo estimado para o magnésio foi de 11,48 mg kg⁻¹, sendo a dose máxima estimada em 280 mg dm⁻³ de P (Figura 14). As doses de P influenciaram significativamente os teores foliares dos micronutrientes B, Cu, Zn e Mn, tendo este último se ajustado a um modelo quadrático, com correlação positiva. O teor foliar máximo estimado na dose de 266 mg dm⁻³ de P foi de 57 mg kg⁻¹ para o Mn (Figura 15).

Na Figura 14, observa-se que ocorreu redução nos teores foliares de K com o aumento das doses de P, o que pode ser explicado pelo efeito de diluição, uma vez que a absorção desse elemento aumentou com as doses de P (Figura 16). Conforme a Figura 14, o aumento nas doses de P propiciou um aumento no teor foliar desse nutriente. Segundo Costa (1998), quando a dose de P aplicada ao solo é elevada ocorre aumento na difusão desse nutriente, devido à saturação da superfície de absorção, resultando no aumento da concentração de P na solução do solo e o aumento na absorção do nutriente. Nesta mesma figura pode-se visualizar

uma redução no teor foliar de S devido ao aumento das doses de P, resultado idêntico foi encontrado em mudas de guanandi, por Ciriello (2010).

Ocorreu redução nos teores de Zn, Cu e B com o aumento das doses de fósforo (Figura 15). Elevadas doses de P causam um desequilíbrio nutricional, principalmente dos micronutrientes Cu e Zn (OLSEN, 1972). Favare (2010), em estudo com teca, encontrou menores teores de K e Cu com o aumento das doses de P e, em estudo feito com guanandi, Ciriello (2010) observou redução nos teores de Zn, Cu e Mn. Em estudo realizado com paineira, Sorreano (2006) encontrou maiores teores de P nos tratamentos que tiveram omissão de Zn. A adição de P diminui a concentração de Zn na parte aérea, quando ambos os nutrientes se encontram em teores limitantes e a adição de P promove crescimento suficiente para diluir a quantidade de Zn nas plantas a concentrações que induzam a sua deficiência (LONERAGAN et al., 1979).

Figura 14 - Teores de macronutrientes em folhas de paineira em função de doses de fósforo, 150 dias após o plantio. Botucatu-SP, 2013.

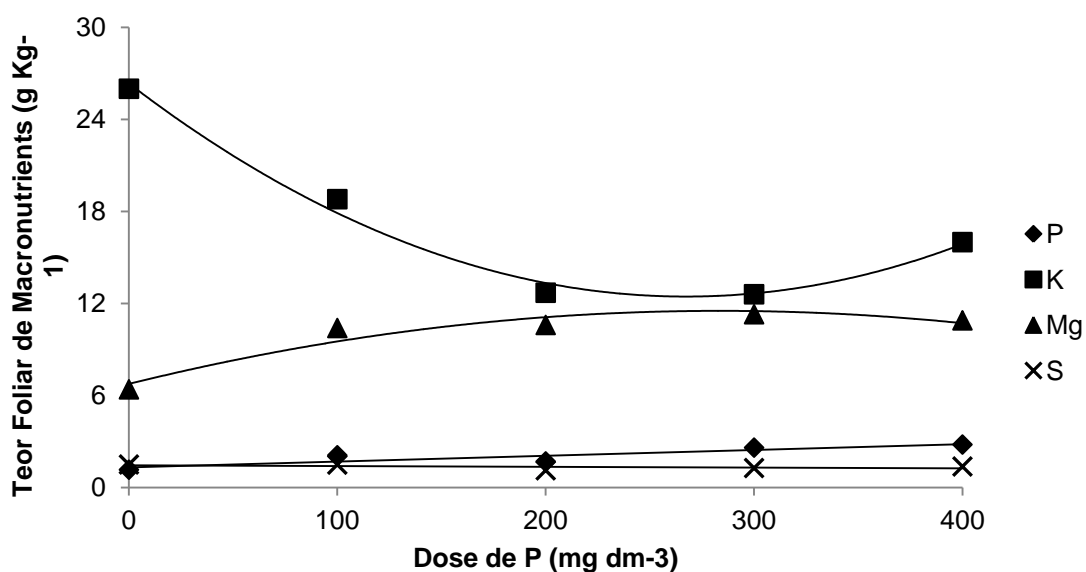


Figura 15 - Teores de micronutrientes em folhas de paineira em função de doses de fósforo, 150 dias após o plantio. Botucatu-SP, 2013.

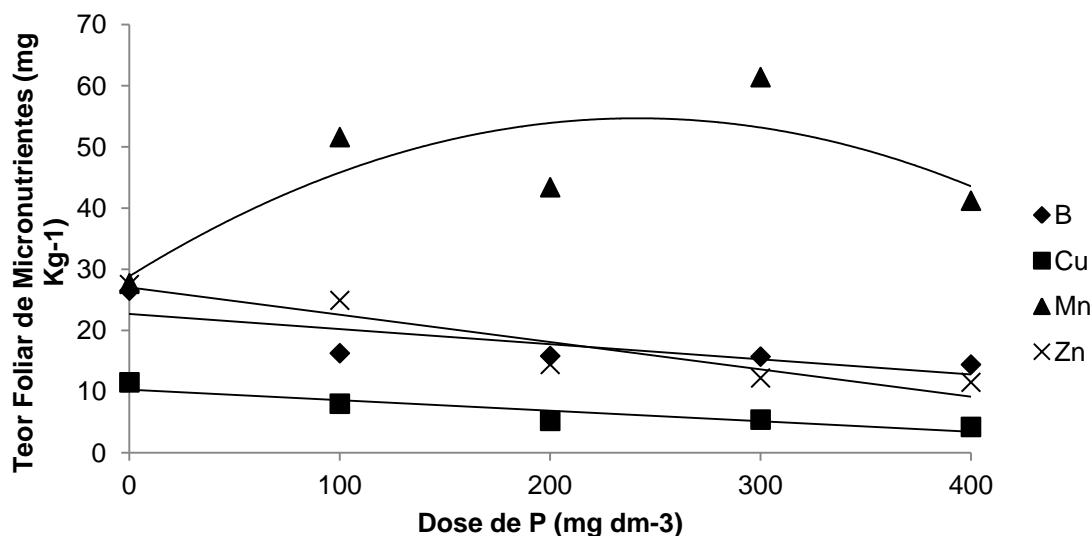


Tabela 18 - Equações de regressão referentes aos teores de P, K, Mg, S (g kg⁻¹) e B, Cu, Mn, Zn (mg kg⁻¹) em folhas de paineira em função de doses de fósforo, 150 dias após o plantio. Botucatu-SP, 2013.

Nutriente na folha	Equação	R ²
P	$y = 1,32 + 0,0037x$	0,80**
K	$y = 26,40 - 0,1045x + 0,0002x^2$	0,99**
Mg	$y = 6,78 + 0,0336x - 0,00006x^2$	0,92**
S	$y = 1,45 - 0,0005x$	0,23*
B	$y = 22,66 - 0,0246x$	0,62*
Cu	$y = 10,30 - 0,0171x$	0,85**
Mn	$y = 28,90 + 0,2132x - 0,0004x^2$	0,65*
Zn	$y = 27,08 - 0,0045x$	0,88**

*significativo a 5%; **significativo a 1%.

Nas Figuras 16, 17 e 18 podem-se visualizar as análises de regressão referentes ao acúmulo total de macro e micronutrientes, sendo que as equações de regressão são apresentadas na Tabela 19. As doses de P influenciaram significativamente as quantidades acumuladas de macronutrientes, para N, P, K, Ca, Mg e S houve efeito quadrático, com correlações positivas. Os acúmulos máximos estimados foram 3,55; 0,34; 4,02; 3,23; 1,79 e 0,20 mg kg⁻¹ para N, P, K, Ca, Mg e S, sendo a dose máxima estimada em 232; 250; 257; 278; 400 e 275 mg dm⁻³ de P, respectivamente. O mesmo efeito foi observado nas quantidades acumuladas de micronutrientes, que apresentaram correlações positivas. Os acúmulos máximos estimados foram de 8,69; 1,19; 7,23; 3,37 e 220 mg kg⁻¹ para B, Cu, Mn, Zn e Fe, suas doses máximas estimados foram 252; 202; 264; 235 e 245 mg dm⁻³ de P, respectivamente.

Verificou-se incremento em crescimento da parte aérea, bem como produção de biomassa, que foi acompanhado de aumento na absorção, sugerindo que a paineira possui eficiência de utilização do P.

Conforme a Figura 16 ocorreu acúmulo de P na planta em resposta ao aumento das doses fornecidas. E este resultado também foi encontrado por Santos et al. (2008a) para as espécies aroeira (*Lithraea molleoides*), aroeira-vermelha, sesbânia (*Sesbania virgata*) e jatobá. Nesta mesma Figura, pode-se visualizar o comportamento do Mg frente a adubação fosfatada. O P quando ligado ao Mg reduz a sua fixação no solo, sendo que o Mg é favorecido em sua disponibilidade para as plantas (MALAVOLTA et al., 1997).

A paineira apresentou elevado acúmulo de K em resposta à adubação fosfatada (Figura 16). E em estudo feito com plantas de mogno também verificou-se aumento na absorção do nutriente pelas plantas (SANTOS et al., 2008b).

No presente estudo encontrou-se resposta às doses de P para o acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S, onde a paineira teve um incremento inicial de acúmulo dos elementos e, a partir das maiores doses, a resposta à adubação decresceu, sendo que o mesmo resultado foi encontrado por Neves et al. (2004) para a espécie andiroba (*Carapa guianensis*). Segundo Favare (2010), a absorção do Mg às doses de P é um dos fatores da melhor resposta de absorção do P e do Ca.

O acúmulo de B, Cu e Zn na planta sofreu um aumento até determinada dose de P aplicada ao solo, porém o teor desses nutrientes diminuiu, o que demonstra a ocorrência do efeito de diluição (Figura 17), o mesmo resultado foi observado para o nutriente S (Figura 16).

O aumento das doses de P ocasionou um aumento no acúmulo de Fe, porém, quando aplicada a maior dose ocorreu um decréscimo deste valor (Figura 18). Em estudo realizado com a espécie grápia, o autor encontrou maior acúmulo de Fe com a elevação das doses de P (JUCOSKI, 2005).

Figura 16 - Acúmulo de macronutrientes em plantas de paineira em função de doses de fósforo, 150 dias após o plantio. Botucatu-SP, 2013.

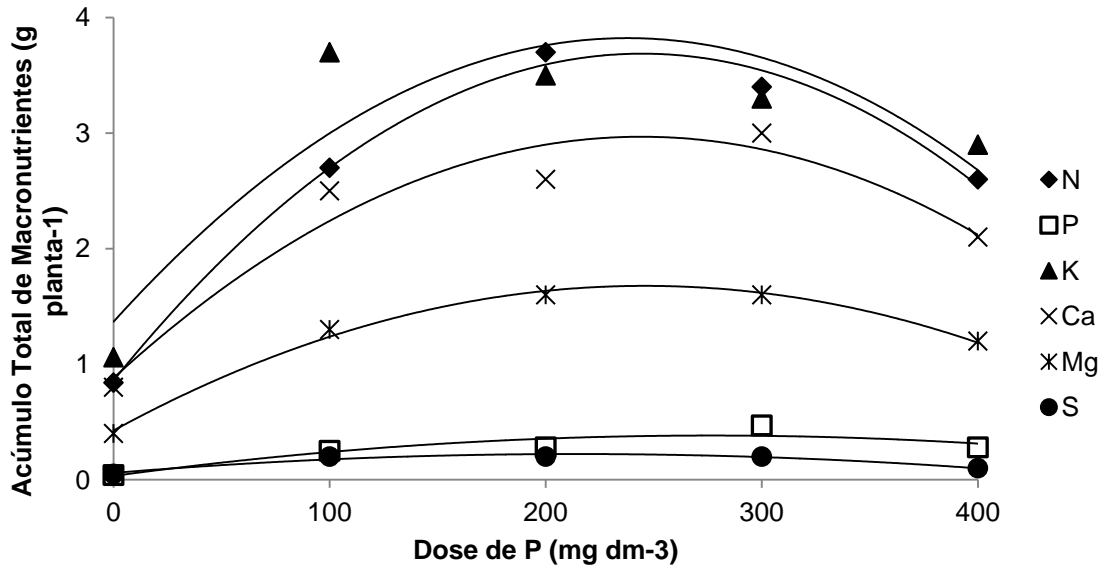


Figura 17 - Acúmulo de micronutrientes em plantas de paineira em função de doses de fósforo, 150 dias após o plantio. Botucatu-SP, 2013.

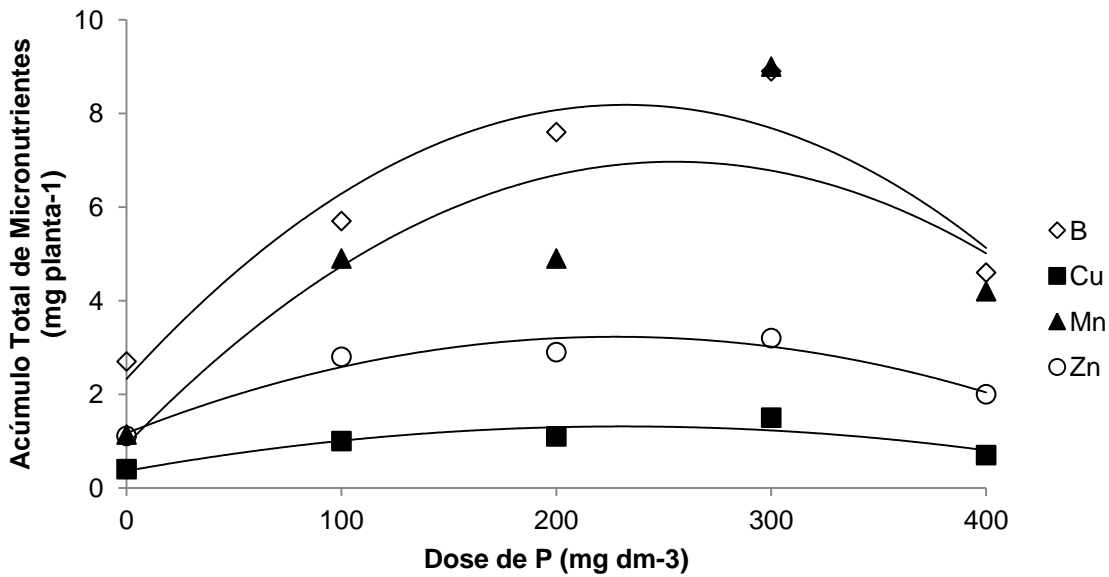


Figura 18 - Acúmulo de micronutrientes em plantas de paineira em função de doses de fósforo, 150 dias após o plantio. Botucatu-SP, 2013.

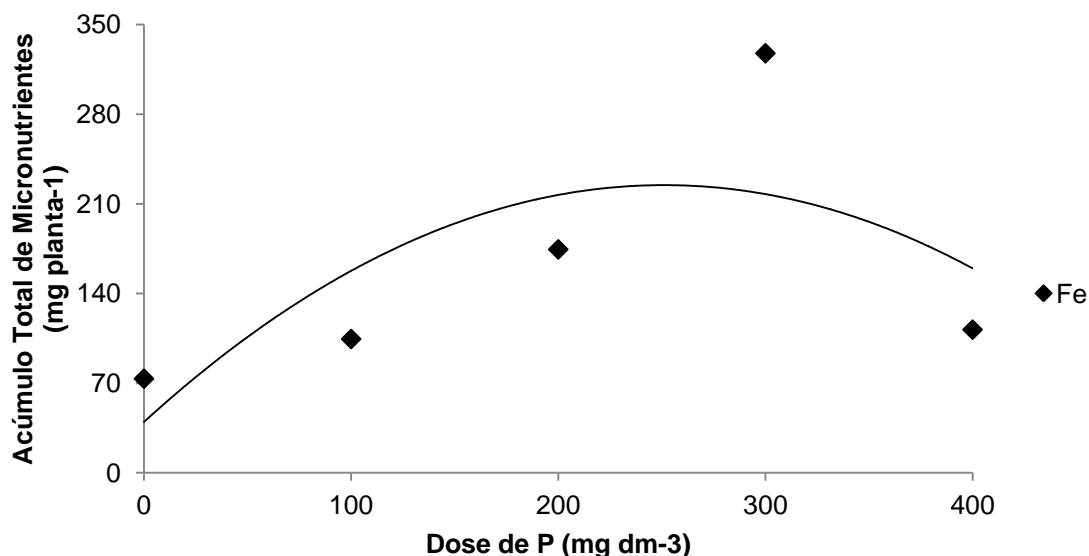


Tabela 19 - Equações de regressão referentes ao acúmulo de N, P, K, Ca, Mg, S (g kg⁻¹) e B, Cu, Fe, Mn, Zn (mg kg⁻¹) em folhas de paineira em função de doses de fósforo, 150 dias após o plantio. Botucatu-SP, 2013.

Nutriente	Equação	R ²
N	$y = 0,86 + 0,0232x - 0,00005x^2$	0,99**
P	$y = 0,03 + 0,0025x - 0,000005x^2$	0,84**
K	$y = 1,37 + 0,0206x - 0,00004x^2$	0,81*
Ca	$y = 0,91 + 0,0167x - 0,00003x^2$	0,95*
Mg	$y = 0,39 + 0,0106x - 0,00002x^2$	0,99*
S	$y = 0,05 + 0,0011x - 0,000002x^2$	0,86*
B	$y = 2,34 + 0,0504x - 0,0001x^2$	0,90**
Cu	$y = 0,37 + 0,0081x - 0,00002x^2$	0,79*
Fe	$y = 39,70 + 1,4728x - 0,0030x^2$	0,51*
Mn	$y = 0,94 + 0,0476x - 0,00009x^2$	0,72*
Zn	$y = 1,16 + 0,0188x - 0,00004x^2$	0,94*

*significativo a 5%; **significativo a 1%.

4.2.4 Efeitos na fertilidade do solo

Ao final do estudo, no experimento que se avaliou doses de P, os teores de M.O., K, B, Cu e Zn não se alteraram. Antes da aplicação dos tratamentos o valor de P encontrado no solo era baixo e após a aplicação dos mesmos ocorreu um aumento no seu valor. O principal fator que afeta a disponibilidade de P é o pH (POLETTTO et al., 2011); como neste experimento ocorreu uma elevação do pH não houve comprometimento do nutriente. Segundo Costa (1998), quando a dose de P aplicada ao solo é elevada, ocorre aumento na difusão desse nutriente, devido à saturação progressiva da superfície de adsorção, resultando no aumento da concentração de P na solução do solo e aumento na absorção do nutriente. A V%

aumentou, em função da diminuição da CTC, que é explicada pela diminuição da acidez potencial. Os valores de Fe e Mn diminuíram e, segundo Marschner (1995), o aumento do pH do solo decresce a disponibilidade de Zn e Mn para as plantas, sendo alto o risco de deficiência desses nutrientes após a calagem (Tabela 20).

Tabela 20 - Equações de regressão referentes ao valor de pH e teor de Presina, H+Al, Ca, Mg, SB, CTC, V%, Fe e Mn do solo ao final do experimento com doses de fósforo. Botucatu-SP, 2013.

Variável química do solo	Equação de regressão	R ²
pH (CaCl ₂)	$y = 4,52 + 0,0048x - 0,000008x^2$	0,47**
P _{resina} (mg dm ⁻³)	$y = 2,67 + 0,2830x + 0,00004x^2$	0,94**
H+AL (mmol _c dm ⁻³)	$y = 44,79 - 0,1213x + 0,0002x^2$	0,33**
Ca (mmol _c dm ⁻³)	$y = 14,96 + 0,0424x - 0,00005x^2$	0,72**
Mg (mmol _c dm ⁻³)	$y = 5,68 + 0,0494x - 0,00009x^2$	0,56**
SB (mmol _c dm ⁻³)	$y = 22,15 + 0,0925x - 0,0001x^2$	0,62**
CTC	$y = 66,94 - 0,0288x + 0,00009x^2$	0,17**
V%	$y = 34,87 + 0,1460x - 0,0003x^2$	0,44**
Fe (mg dm ⁻³)	$y = 40,04 - 0,0904x + 0,0002x^2$	0,38**
Mn (mg dm ⁻³)	$y = 0,59 - 0,0004x + 0,000004x^2$	0,97*

*significativo a 5%; **significativo a 1%.

4.3 Experimento 3: Doses de potássio

4.3.1 Efeito das doses de potássio na altura, no diâmetro do colo e Índice SPAD das plantas

A variável altura apresentou diferenças somente a partir dos 150 dias após o plantio, para o diâmetro do colo foram observadas diferenças aos 120 dias após o plantio, conforme teste de Tukey a 5% (Tabelas 21 e 22). Nos dois casos, essas diferenças ocorreram em relação ao tratamento controle apresentar menores médias (Figuras 19 e 20).

Figura 19 - Altura de plantas de paineira em função de doses de potássio ao longo de 150 dias após plantio. Botucatu – SP, 2013.

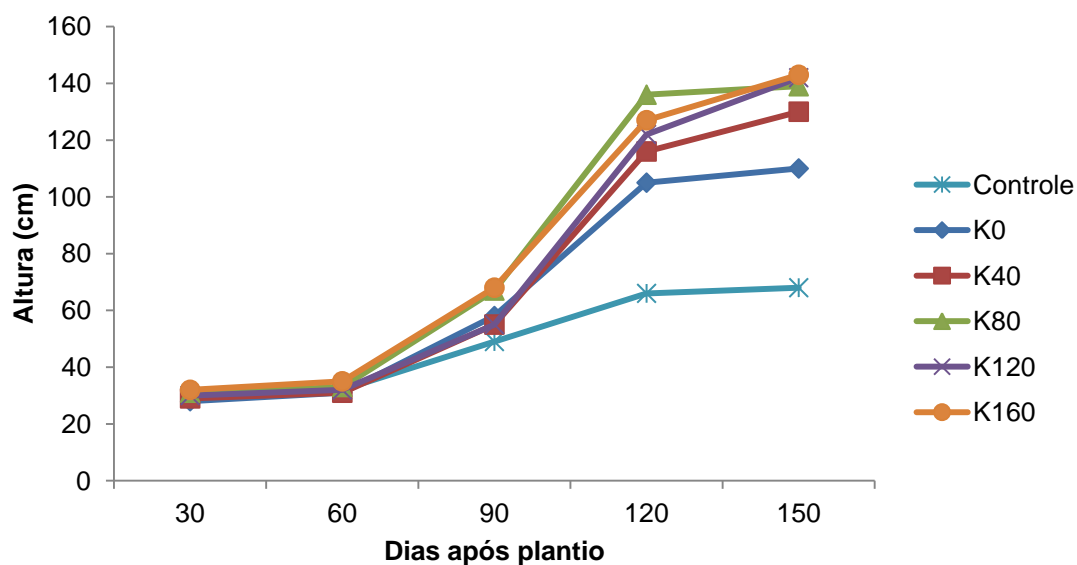
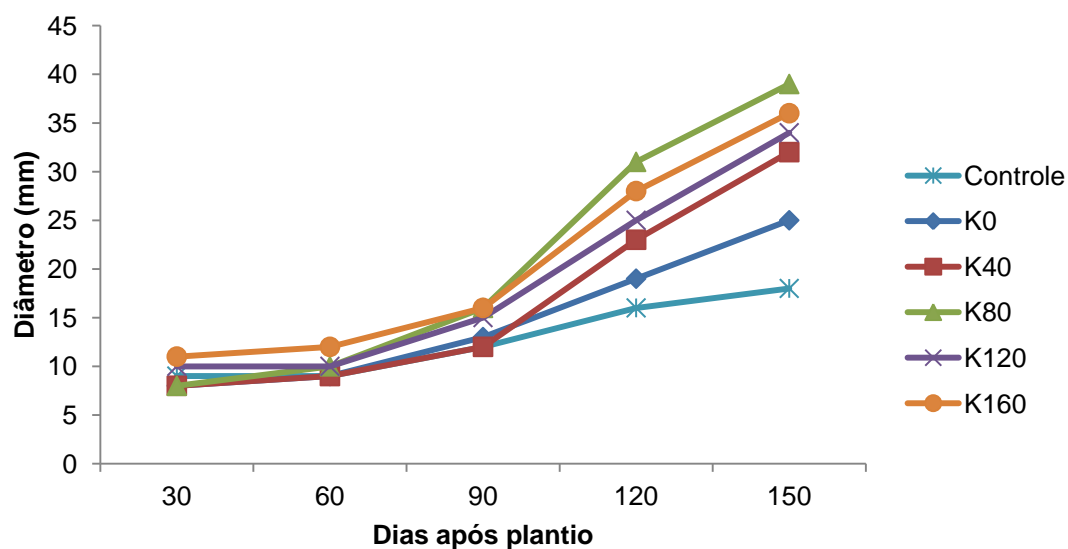


Figura 20 - Diâmetro do colo de plantas de paineira em função de doses de potássio ao longo de 150 dias após plantio. Botucatu – SP, 2013.



Conforme teste de Tukey a 5% (Tabela 23), não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos para o Índice SPAD (Figura 21). Dentre os nutrientes estudados para a paineira e, durante o período avaliado, o potássio foi o menos exigido pela espécie, apresentando diferenças mais pronunciadas somente ao final do experimento.

Figura 21 - Índice SPAD de plantas de paineira em função de doses de potássio ao longo de 150 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013.

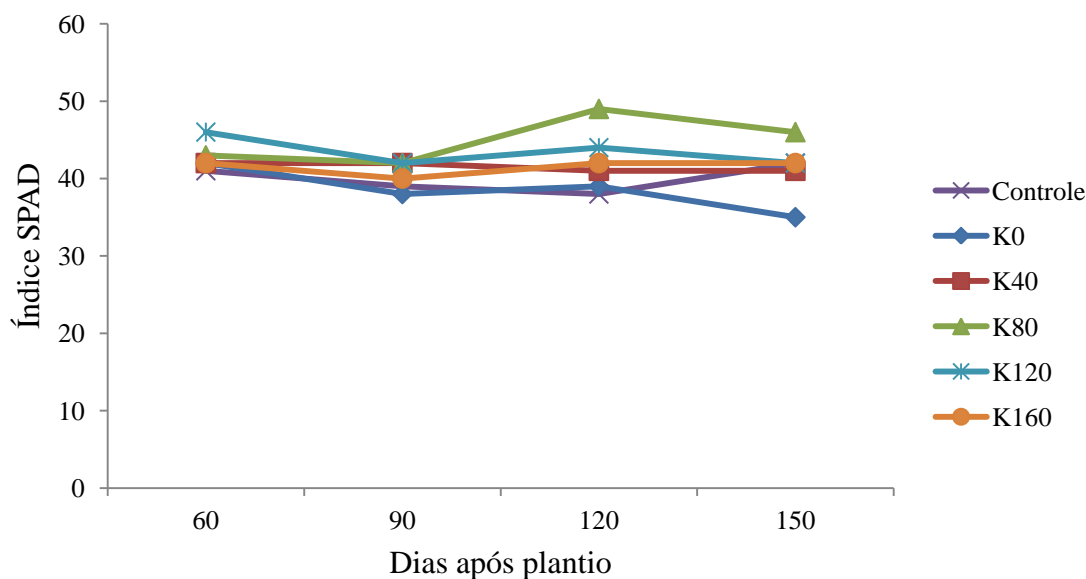


Tabela 21 - Análise de variância para a altura das plantas de paineira, em função de doses de potássio, aos 150 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013.

FV	GL	SQ	QM	F	p
Tratamento	5	17430,833	3486,167	4,213	0,0136
Repetição	3	375,500	125,167	0,151	0,9273
Erro	15	12411,500	827,433		

Tabela 22 - Análise de variância para o diâmetro do colo das plantas de paineira, em função de doses de potássio, aos 120 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013.

FV	GL	SQ	QM	F	p
Tratamento	5	624,517	124,903	4,669	0,0090
Repetição	3	15,074	5,025	0,188	0,9031
Erro	15	401,252	26,750		

Tabela 23 - Análise de variância para o Índice SPAD das plantas de paineira, em função de doses de potássio, aos 150 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013.

FV	GL	SQ	QM	F	p
Tratamento	5	259,174	51,835	0,479	0,7866
Repetição	3	183,001	61,000	0,564	0,6473
Erro	15	1623,751	108,250		

4.3.2 Efeito das doses de potássio nas variáveis avaliadas ao final do experimento

Não foram encontradas respostas positivas para as variáveis estudadas, em função das doses de potássio, o que indica que a adubação potássica não foi um fator limitante para o crescimento inicial da espécie (Tabela 24). Em estudo realizado

com grábia, verificou-se que a altura das plantas foi pouco afetada pela adição de potássio ao solo (JUCOSKI, 2005); para a espécie guanandi o aumento das doses de K ocasionaram um decréscimo na altura e no diâmetro (CIRIELLO, 2010); a espécie jatobá quando na omissão de K, apresentou maior crescimento em altura e diâmetro (DUBOC et al., 1996a); a espécie angico-vermelho é pouco exigente ao K, necessitando de menores doses para o seu completo desenvolvimento (GONÇALVES et al., 2012). Segundo Duboc (1994) e Silva et al. (1997), quando trabalharam com mudas de espécies arbóreas, não encontraram diferença significativa entre solos fertilizados e os não fertilizados com este nutriente. Pesquisas realizadas em solos brasileiros não apresentaram respostas das plantas à fertilização com K devido, entre alguns fatores, à contribuição de formas não trocáveis do elemento (MEURER, 2006). Segundo este mesmo autor, o K é frequentemente absorvido por algumas espécies em quantidades superiores às necessárias, processo conhecido como “consumo de luxo” e, nessas condições, o excesso dele pode interferir negativamente na absorção de outros nutrientes, principalmente quando competem pelos mesmos sítios de absorção nos tecidos radiculares.

Tabela 24 - Análise estatística das variáveis estudadas aos 150 dias após o plantio, em função das doses de potássio. Botucatu – SP, 2013.

Fonte de Variação	Altura	Diâmetro do colo	MS Folha	MS Caule	MS Raiz	MS Total	Índice SPAD	Área Foliar
	----- Valor de F -----							
Dose	0,77 ^{ns}	1,65 ^{ns}	1,30 ^{ns}	1,70 ^{ns}	2,01 ^{ns}	1,72 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,77 ^{ns}
Repetição	0,20 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,05 ^{ns}	1,20 ^{ns}	0,36 ^{ns}
CV (%)	23,89	24,67	54,90	54,61	56,18	53,26	23,40	49,77
Regressão	Ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns = não significativo; * = significativo; L = linear; Q = quadrática.

4.3.3 Efeitos nos teores e acúmulo de macro e micronutrientes na planta

Na Figura 22 são apresentadas as análises de regressão para os teores foliares dos macronutrientes, K e Mg, os quais apresentaram uma distribuição linear, com correlação positiva para K e negativa para o Mg. Houve efeito quadrático para o Mn e o máximo valor estimado foi de 77 mg kg⁻¹, obtido através da dose estimada de 92 mg dm⁻³ de K (Figura 23). Os valores dos demais nutrientes não se alteraram em função das doses aplicadas de K. Na Tabela 25 são apresentadas as equações de regressão referente aos teores.

Os teores foliares de K aumentaram com o aumento das doses deste nutriente (Figura 22), sendo que o mesmo resultado foi encontrado por Sorreano (2006) para a espécie paineira, por Barroso et al. (2005) para mudas de teca e por Ciriello (2010) em mudas de guanandi. A omissão de K reduziu o teor deste nutriente na parte aérea das plantas de candeia (*Eremanthus erythropappus*) (VENTURIN, 2005) e o teor de Mg também foi reduzido quando da omissão de K em plantas de jatobá (DUBOC, 1996a). As maiores doses de K diminuíram o teor de Mg nas folhas (Figura 22), evidenciando uma inibição competitiva existente entre K e Mg (FAVARE, 2010). Os íons com propriedades químicas similares, competem pelos mesmos sítios de adsorção, absorção e transporte na superfície radicular, sugerindo que a presença de um possa prejudicar a do outro (HIATT & LEGGETT, 1974; ORLANDO FILHO et al., 1996). Segundo Marschner (1995) e Faquin (2005), elevadas concentrações de K na planta aumentam a taxa de absorção de NO_3^- e pode inibir a absorção de Ca e Mg.

A dose mais elevada de K ocasionou uma diminuição no teor foliar de Mn, o que segundo Kabata – Pendias (2001), pode estar relacionado à redução do efeito antagonístico entre K e Mn que favorece a absorção de K nos tratamentos com ausência deste nutriente (Figura 23).

Figura 22 - Teores de macronutrientes em folhas de paineira em função de doses de potássio, 150 dias após o plantio. Botucatu-SP, 2013.

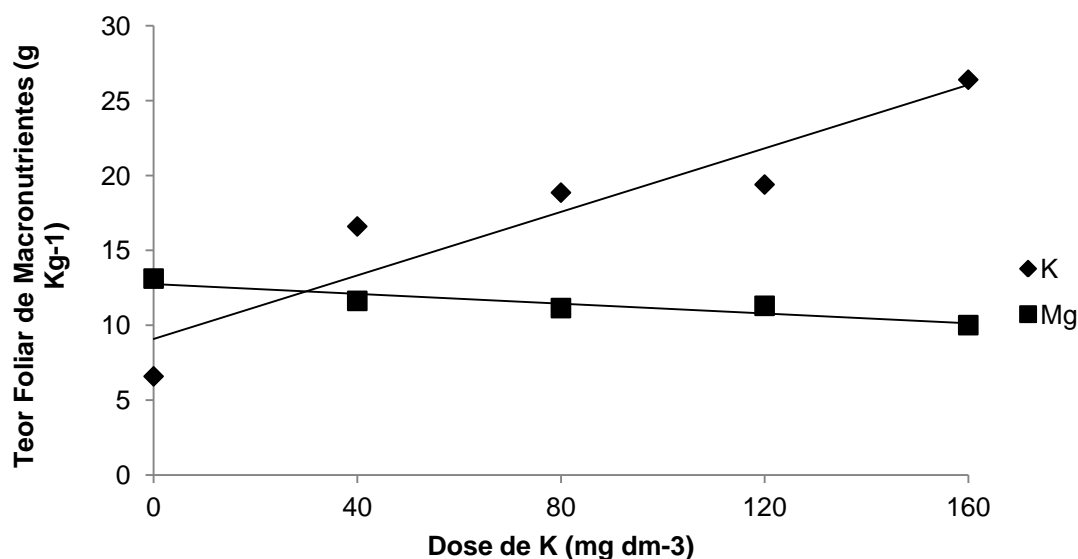


Figura 23 - Teor de micronutriente em folhas de paineira em função de doses de potássio, 150 dias após o plantio. Botucatu-SP, 2013.

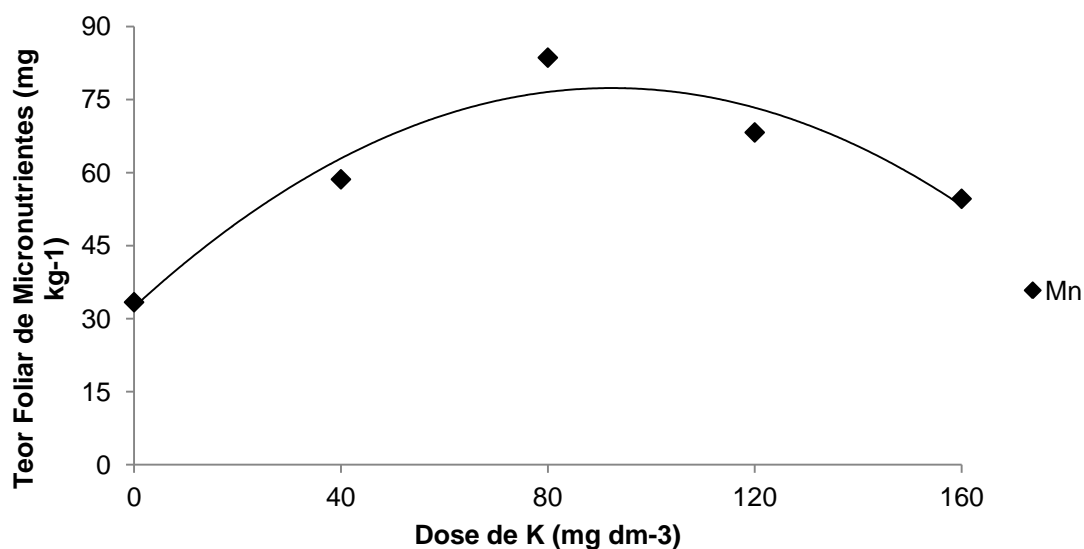


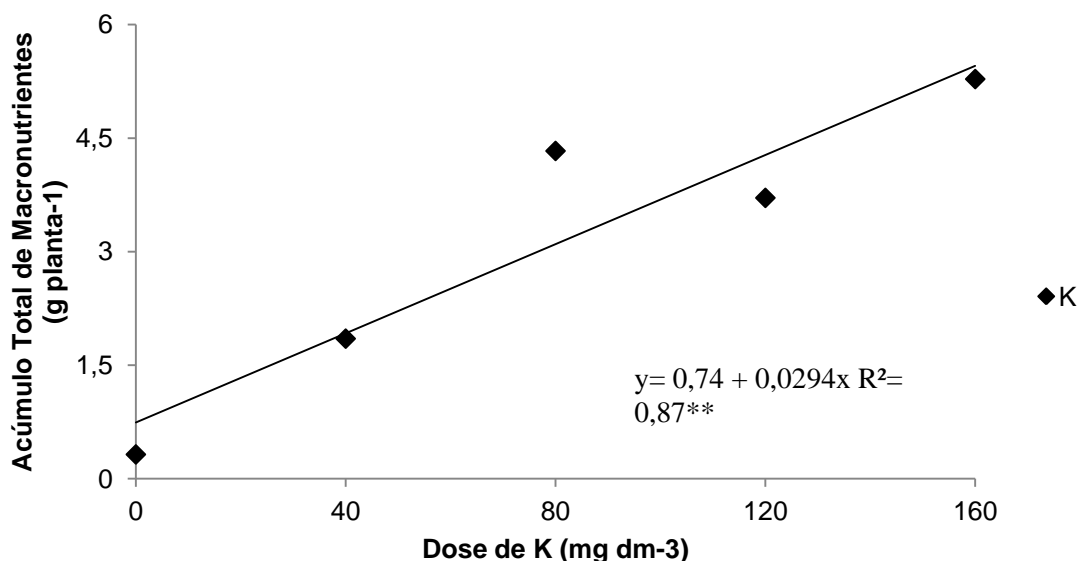
Tabela 25 - Equações de regressão referentes aos teores de K, Mg (g kg⁻¹) e Mn (mg kg⁻¹) em folhas de paineira em função de doses de potássio, 150 dias após o plantio. Botucatu-SP, 2013.

Nutriente na folha	Equação	R ²
K	$y = 9,09 + 0,1060x$	0,88*
Mg	$y = 12,75 - 0,0164x$	0,87**
Mn	$y = 32,40 + 0,9741x - 0,0053x^2$	0,93**

*significativo a 5%; **significativo a 1%.

Na Figura 24, percebe-se que o K foi o único nutriente que foi acumulado na planta, ou seja, aquele em que as doses de K influenciaram estatisticamente, ocorrendo efeito linear positivo. Segundo Gonçalves et al. (2012), as mudas de angico-vermelho aumentaram a absorção de K à medida que aumentou-se o suprimento dele no solo e em alguns casos não houve resposta em crescimento correspondente a este aumento, corroborando com os resultados encontrados neste trabalho.

Figura 24 - Acúmulo de macronutrientes em plantas de paineira em função de doses de potássio, 150 dias após o plantio. Botucatu-SP, 2013.



4.3.4 Efeitos na fertilidade do solo

Os teores de CTC, B, Cu, Mn e Zn não se alteraram em função da adubação potássica. De acordo com a análise inicial do solo, o nutriente K era considerado baixo e ao término do experimento, houve um aumento no teor e ele passou a ser considerado médio. Solos com maior CTC retêm mais K na fase sólida, diminuindo as perdas por lixiviação, apresentam maior capacidade de manter alto o K na solução e, conseqüentemente o gradiente de concentração (MEURER; INDA Jr., 2004). O pH do solo aumentou e, conseqüentemente, os teores de M.O. também, uma vez que o pH influencia na mineralização da M.O. (MALAVOLTA, 2006). Os teores de Ca, Mg e, conseqüentemente, de SB aumentaram no solo e a acidez potencial diminuiu (Tabela 26).

Tabela 26 - Equações de regressão referentes ao valor de pH e teor de M.O., Presina, H+Al, K, Ca, Mg, SB, V% e Fe do solo ao final do experimento com doses de potássio. Botucatu-SP, 2013.

Variável química do solo	Equação de regressão	R ²
pH (CaCl ₂)	$y = 4,57 + 0,0088x - 0,00003x^2$	0,35**
M.O. (g dm ⁻³)	$y = 17,03 + 0,0538x - 0,0003x^2$	0,46*
P _{resina} (mg dm ⁻³)	$y = 36,76 + 0,1892x + 0,0003x^2$	0,17**
H+AL (mmol _c dm ⁻³)	$y = 43,80 - 0,1974x + 0,0007x^2$	0,22**
K (mmol _c dm ⁻³)	$y = 0,89 + 0,0006x + 0,00009x^2$	0,96**
Ca (mmol _c dm ⁻³)	$y = 15,18 + 0,0927x - 0,0003x^2$	0,42**
Mg (mmol _c dm ⁻³)	$y = 5,96 + 0,0787x - 0,0003x^2$	0,46**
SB (mmol _c dm ⁻³)	$y = 22,03 + 0,1719x - 0,0005x^2$	0,51**
V%	$y = 35,58 + 0,2570x - 0,0009x^2$	0,34**
Fe (mg dm ⁻³)	$y = 38,35 - 0,1712x + 0,0007x^2$	0,28**

*significativo a 5%; **significativo a 1%.

4.4 Experimento 4: Níveis crescentes de saturação por bases

4.4.1 Efeito de níveis crescentes de saturação por bases na altura, no diâmetro do colo e Índice SPAD das plantas

Aos 90 dias após o plantio, a altura e o diâmetro do colo das plantas de paineira nos tratamentos com K apresentaram diferenças significativas apenas em relação ao tratamento controle (Figuras 25 e 26), conforme teste de Tukey a 5% (Tabelas 27 e 28).

Figura 25 - Altura de plantas de paineira em função de níveis crescentes de saturação por bases ao longo de 150 dias após plantio. Botucatu – SP, 2013.

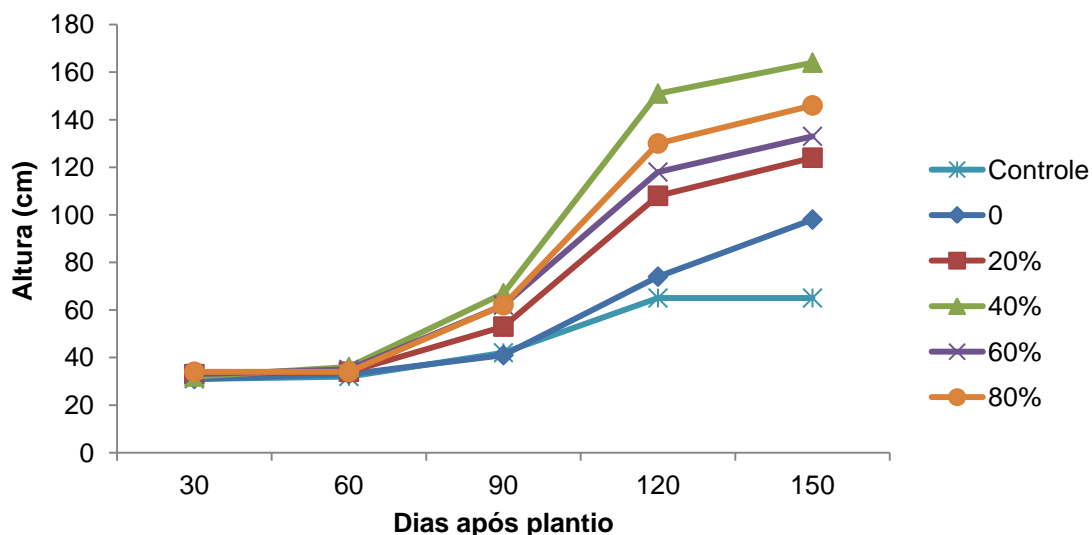
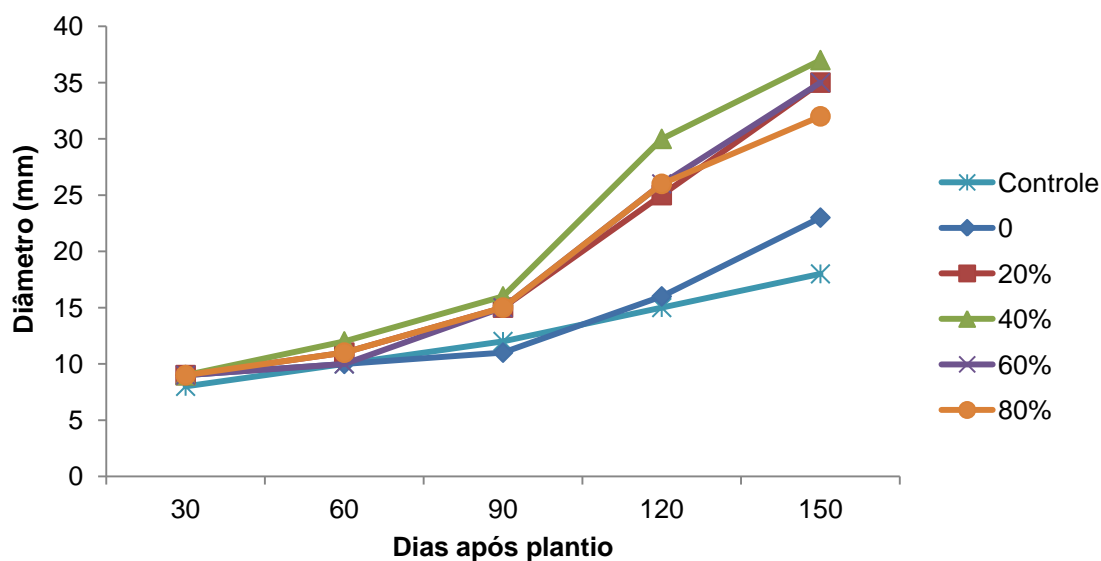


Figura 26 - Diâmetro do colo de plantas de paineira em função de níveis crescentes de saturação por bases ao longo de 150 dias após plantio. Botucatu – SP, 2013.



Em relação ao Índice SPAD, foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos somente aos 60 e 90 dias após o plantio (Figura 27), conforme teste de Tukey a 5% (Tabela 29).

Figura 27 - Índice SPAD de plantas de paineira em função de níveis crescentes de saturação por bases ao longo de 150 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013.

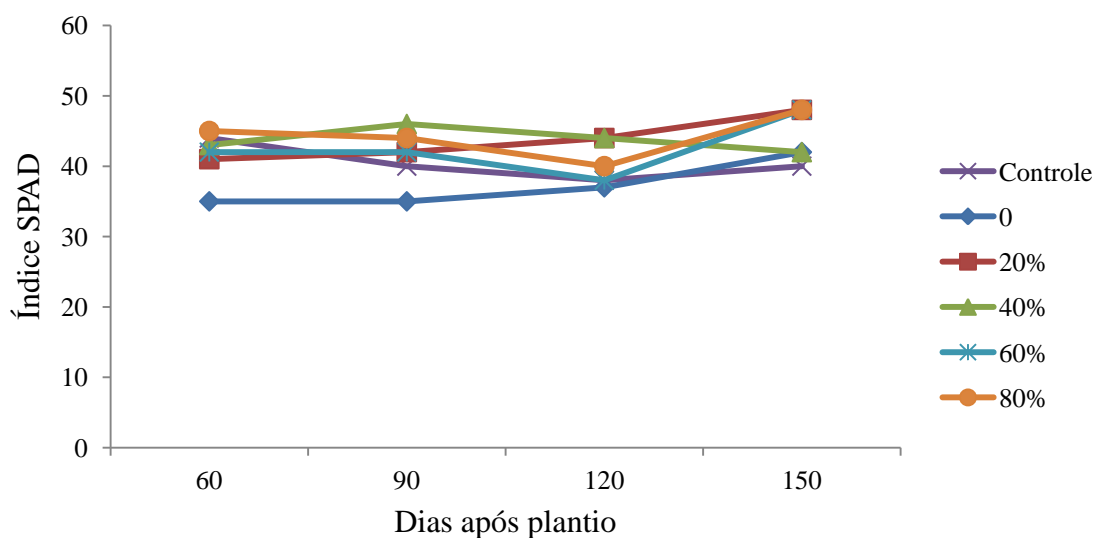


Tabela 27 - Análise de variância para a altura das plantas de paineira, em função de níveis crescentes de saturação por bases, aos 90 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013.

FV	GL	SQ	QM	F	p
Tratamento	5	2666,303	533,261	8,123	0,0007
Repetição	3	393,442	131,147	1,998	0,1576
Erro	15	984,713	65,648		

Tabela 28 - Análise de variância para o diâmetro do colo das plantas de paineira, em função de níveis crescentes de saturação por bases, aos 90 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013.

FV	GL	SQ	QM	F	p
Tratamento	5	85,579	17,116	11,555	0,0001
Repetição	3	21,509	7,169	4,840	0,0150
Erro	15	22,219	1,481		

Tabela 29 - Análise de variância para o Índice SPAD das plantas de paineira, em função de níveis crescentes de saturação por bases, aos 60 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013.

FV	GL	SQ	QM	F	p
Tratamento	5	256,598	51,320	3,755	0,0210
Repetição	3	45,525	15,175	1,110	0,3758
Erro	15	204,995	13,666		

4.4.2 Efeito de níveis crescentes de saturação por bases nas variáveis avaliadas ao final do experimento

No experimento realizado com saturação por bases, obtiveram-se respostas significativas para a maioria das variáveis analisadas, somente para o Índice SPAD não foram encontradas respostas positivas (Tabela 30). Estes resultados sugerem que a correção do solo pode vir a ser uma prática utilizável com bons resultados, no intuito de estimular o crescimento da espécie.

Tabela 30 - Análise estatística das variáveis estudadas aos 150 dias após o plantio, em função de níveis crescentes de saturação por bases. Botucatu – SP, 2013.

Fonte de Variação	Altura	Diâmetro do colo	MS Folha	MS Caule	MS Raiz	MS Total	Índice SPAD	Área Foliar
	----- Valor de F -----							
Dose	5,06*	5,04*	12,84*	4,15*	3,13*	5,19*	0,69 ^{ns}	7,56*
Repetição	1,17 ^{ns}	1,06 ^{ns}	5,34*	0,87 ^{ns}	0,30 ^{ns}	1,16 ^{ns}	0,37 ^{ns}	1,63 ^{ns}
CV (%)	16,57	15,48	23,25	39,15	38,84	32,94	18,38	26,22
Regressão	Q*, L*	Q*	Q*	Q*, L*	Q*	Q*, L*	ns	Q*

ns = não significativo; * = significativo; L = linear; Q = quadrática.

Na Figura 28 é apresentada a regressão quadrática para os valores de altura, sendo a dose máxima estimada em 55,12% de saturação por bases. Os autores Barros (2001) e Pinto et al. (2000) observaram respostas positivas com a aplicação de calagem sobre a altura das mudas de mogno. Os valores de diâmetro do colo também se ajustaram a um modelo quadrático e a dose estimada para esta variável é de 48,22% de saturação por bases (Figura 29). Segundo Cruz et al. (2004), o diâmetro do colo das mudas de ipê roxo foi afetado de forma significativa pela elevação da saturação por bases. Por outro lado, algumas espécies como acácia auriculada (*Acacia auriculiformis*) e acácia (*A. holosericea*), não respondem à calagem para o crescimento em diâmetro (BALIEIRO et al., 2001).

A massa seca de folha, caule, raiz e total foi influenciada de forma significativa pela elevação dos níveis de saturação por bases e, seus valores se ajustaram a modelos quadráticos. As doses estimadas foram de 42,88; 55,08; 49,57 e 49,90% de saturação por bases, respectivamente (Figuras 30, 31, 32 e 33). Este resultado também foi encontrado em mudas de ipê-roxo (CRUZ et al, 2004) e teca (FAVARE, 2010). O aumento na massa seca de raiz foi observado em mudas de aroeira (BARBOSA et al., 1995), sabão de soldado (*Sapindus saponaria*), aroeira salsa (*Schinus molle*) e cássia javanesa (*Cassia javanica*) (MANN et al., 1996) e ipê

mirim (*Stenolobium stans*) (FURTINI NETO et al., 1999). Diferentemente dos resultados obtidos para a paineira, em estudo feito com guanandi a elevação dos níveis de saturação por bases não afetou a massa seca das plantas (CIRIELLO, 2010).

Na Figura 34 são apresentados os valores de área foliar, os quais se ajustaram a um modelo quadrático e a dose estimada foi de 43,57% de saturação por bases. Em estudo realizado com a espécie guanandi, a autora encontrou resultados muito parecidos com os deste trabalho, onde a área foliar máxima foi encontrada na dose de 40% (CIRIELLO, 2010).

Figura 28 - Altura de plantas de paineira em função de níveis crescentes de saturação por bases, 150 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013. ** significativo a 1% e * significativo a 5%.

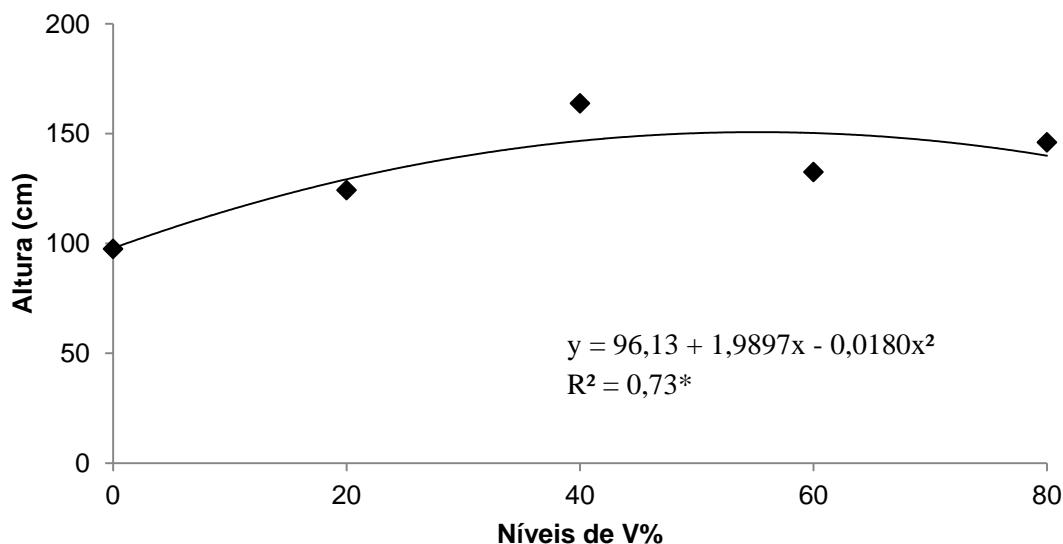


Figura 29 - Diâmetro do colo de plantas de paineira em função de níveis crescentes de saturação por bases, 150 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013. ** significativo a 1% e * significativo a 5%.

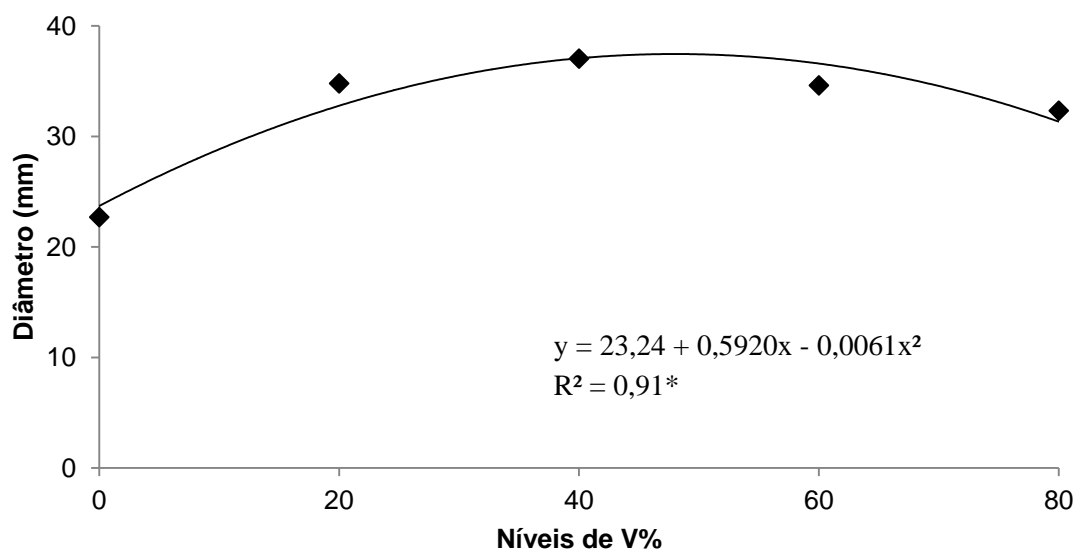


Figura 30 - Massa seca de folha de plantas de paineira em função de níveis crescentes de saturação por bases, 150 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013. ** significativo a 1% e * significativo a 5%.

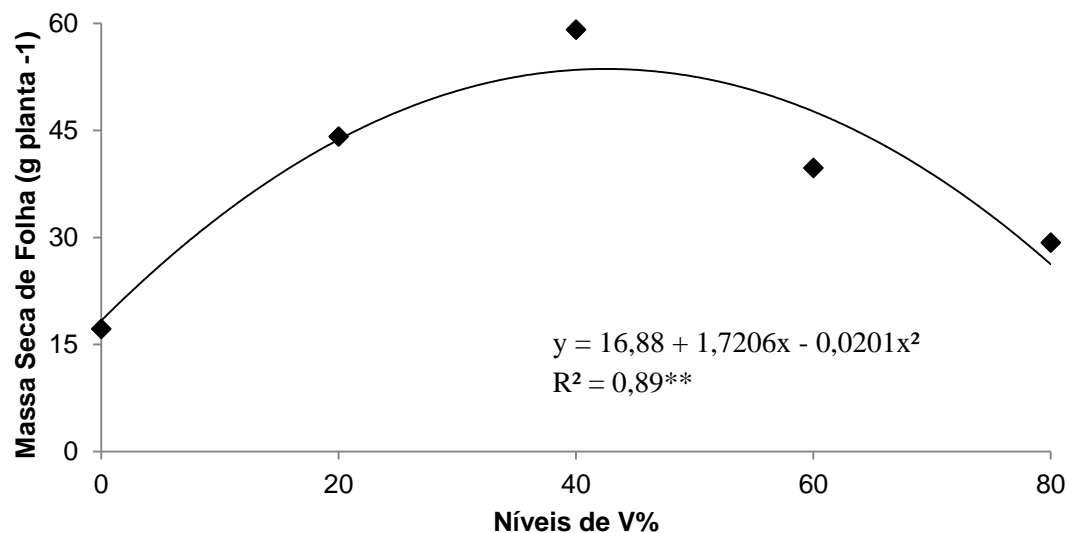


Figura 31 - Massa seca de caule de plantas de paineira em função de níveis crescentes de saturação por bases, 150 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013. ** significativo a 1% e * significativo a 5%.

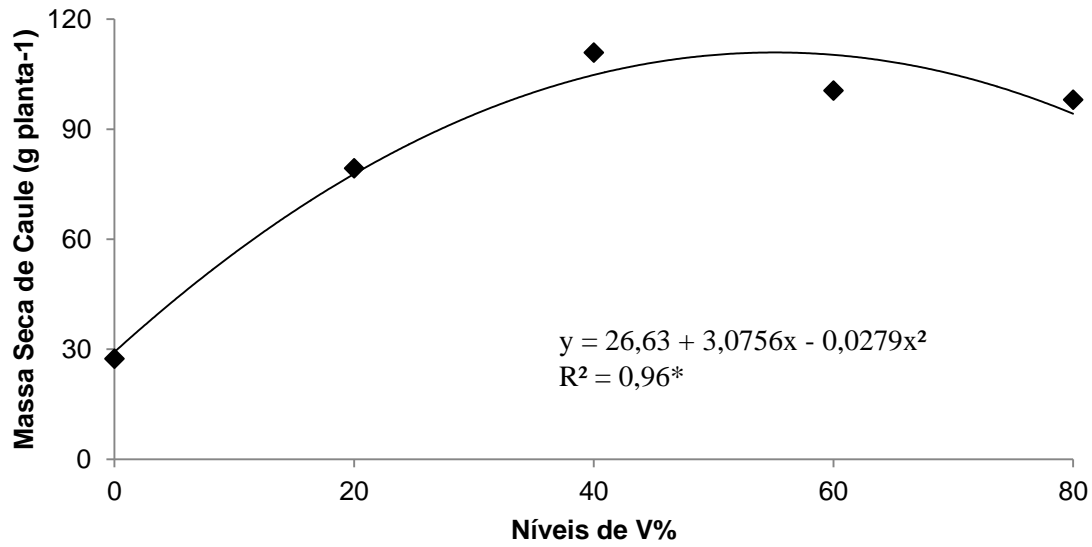


Figura 32 - Massa seca de raiz de plantas de paineira em função de níveis crescentes de saturação por bases, 150 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013. ** significativo a 1% e * significativo a 5%.

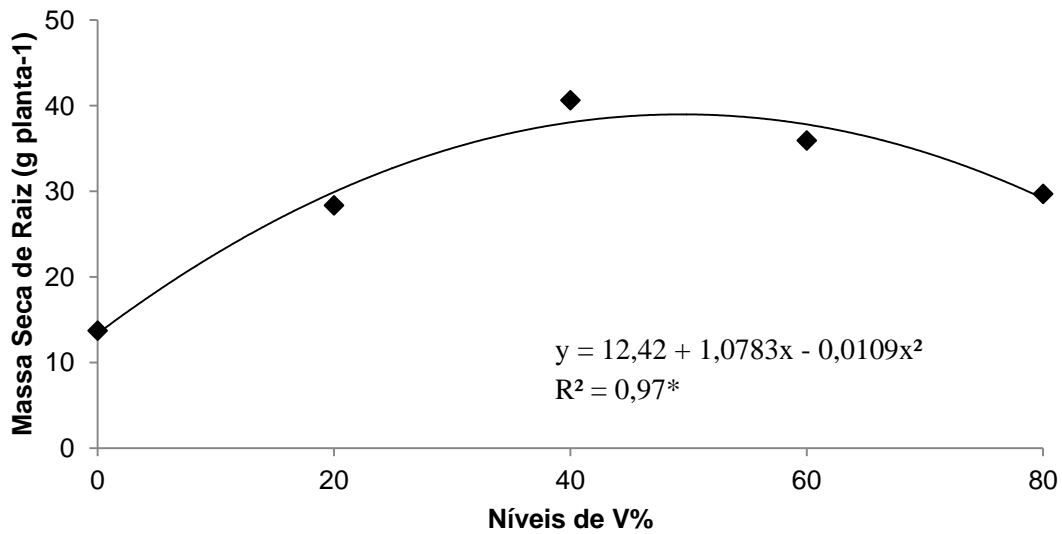


Figura 33 - Massa seca total de plantas de paineira em função de níveis crescentes de saturação por bases, 150 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013. ** significativo a 1% e * significativo a 5%.

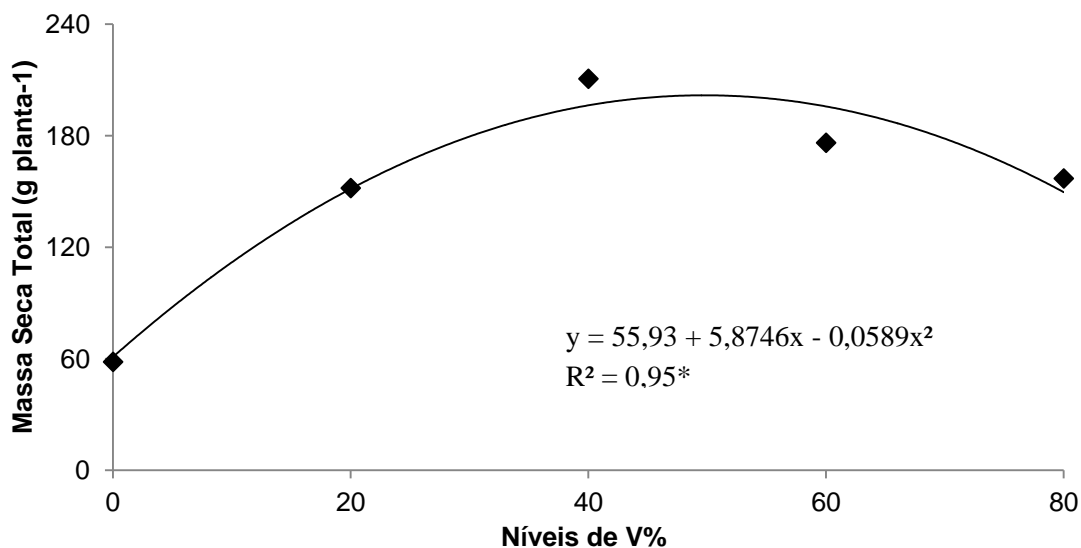
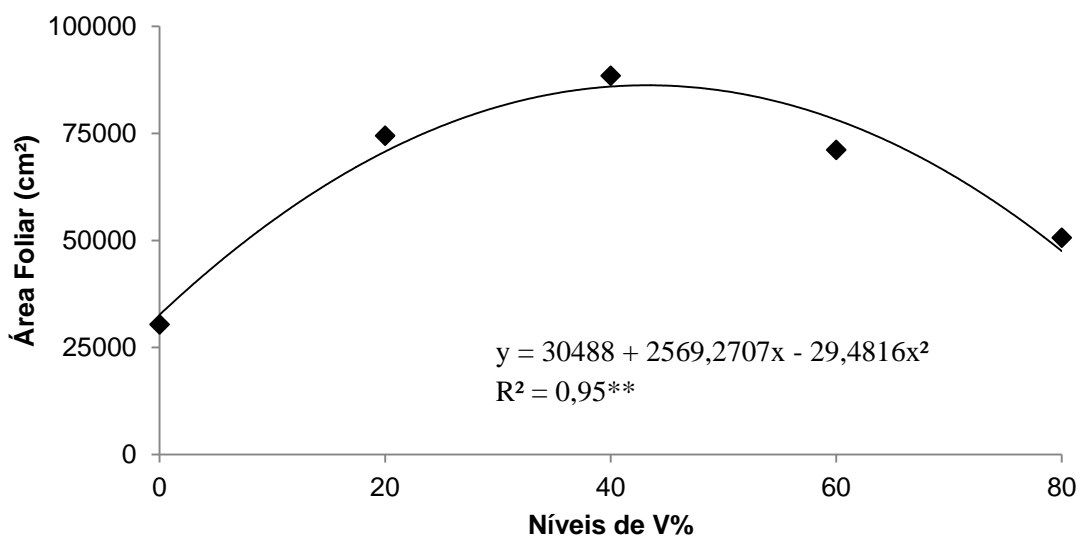


Figura 34 - Área foliar de plantas de paineira em função de níveis crescentes de saturação por bases, 150 dias após o plantio. Botucatu – SP, 2013. ** significativo a 1% e * significativo a 5%.



4.4.3 Efeitos nos teores e acúmulo de macro e micronutrientes na planta

Na Figura 35 são apresentadas as análises de regressão para o teor foliar de macronutrientes. Os níveis crescentes de saturação por bases influenciaram de forma significativa o Ca e Mg, com efeito quadrático positivo, já os nutrientes K e P apresentaram efeito quadrático negativo. Os valores máximos foram de 28,90 e 11,39 mg kg⁻¹ para Ca e Mg, obtidos através das doses estimadas de V de 63 e 59 %, respectivamente. A Figura 36 mostra a análise de regressão para o teor foliar de micronutrientes, mas somente para o B ocorreu efeito quadrático negativo, enquanto

que o Mn e o Zn se ajustaram a um modelo linear. As equações de regressão referentes aos teores foliares encontram-se na Tabela 31.

Os níveis crescentes de V% elevaram os teores foliares de Ca e Mg (Figura 35), sendo que o mesmo resultado foi encontrado em plantas de teca (FAVARE, 2010). Em trabalho realizado com 15 espécies florestais, onde se avaliou o efeito da calagem, Furtini Neto et al. (1999) observaram que as espécies pioneiras e secundárias apresentaram alto conteúdo de P, Ca e Mg. Com a elevação do pH, alguns nutrientes têm sua disponibilidade aumentada para as plantas (LOPES, 1998). Foram encontrados resultados positivos para aplicação de corretivos, devido a elevação da concentração de Ca^{+2} e Mg^{+2} trocáveis e diminuição da acidez do solo (NOVAIS, 1979; BARROS et al., 1981; GONÇALVES et al., 1986).

O aumento dos níveis de saturação por bases ocasionaram uma diminuição nos teores foliares de Mn e Zn (Figura 36), mesmo resultado encontrado para o guanandi (CIRIELLO, 2010) e para a teca (FAVARE, 2010). Em estudo realizado com a grápia ocorreu diminuição no teor de Mn das plantas (FURTUNATO, 2001). Segundo Benedetti (2008), a prática de calagem causa uma diminuição desses nutrientes.

Plantas adaptadas a solos de baixa fertilidade apresentam, em geral, altas concentrações de P e outros nutrientes na parte aérea, como estratégia para evitar o estresse nutricional (MARSCHNER, 1991). Segundo Grubb, Turner e Burslem (1994), as espécies aptas a crescer em solos degradados apresentam baixas concentrações foliares de nutrientes, sem alterações significativas dos teores quando as mesmas ocorrem em sítios de melhor fertilidade.

Até o quinto mês de avaliação do experimento, a paineira continuou absorvendo P, K, Ca, Mg e B, respondendo a uma saturação por bases de 80%.

Figura 35 - Teores de macronutrientes em folhas de paineira em função de níveis crescentes de saturação por bases, 150 dias após o plantio. Botucatu-SP, 2013.

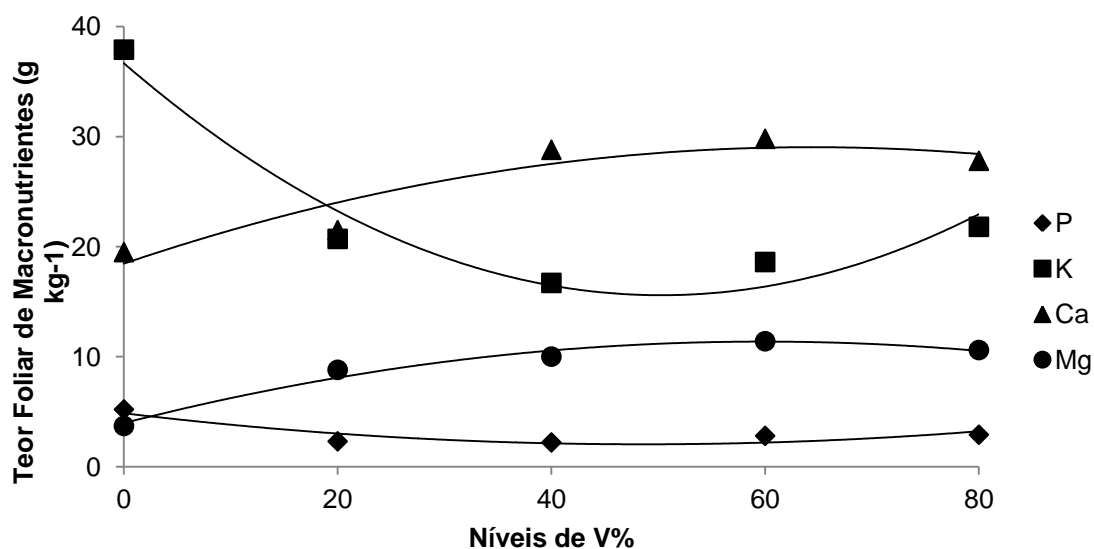


Figura 36 - Teores de micronutrientes em folhas de paineira em função de níveis crescentes de saturação por bases, 150 dias após o plantio. Botucatu-SP, 2013.

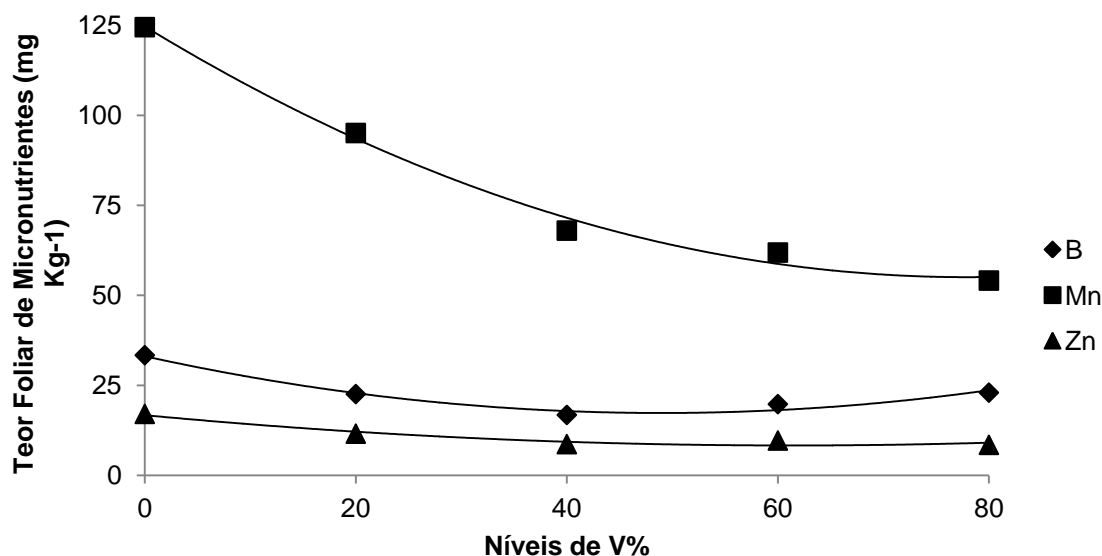


Tabela 31 - Equações de regressão referentes aos teores de P, K, Ca, Mg (g kg^{-1}) e B, Mn, Zn (mg kg^{-1}) em folhas de paineira em função de níveis crescentes de saturação por bases, 150 dias após o plantio. Botucatu-SP, 2013.

Nutriente na folha	Equação	R ²
P	$y = 4,93 - 0,1131x + 0,0011x^2$	0,86*
K	$y = 36,63 - 0,8362x + 0,0083x^2$	0,95**
Ca	$y = 18,48 + 0,3290x - 0,0026x^2$	0,88**
Mg	$y = 3,94 + 0,2501x - 0,0021x^2$	0,97**
B	$y = 33,13 - 0,6437x + 0,0066x^2$	0,97*
Mn	$y = 124,7036 - 1,7878x + 0,0115x^2$	0,99**
Zn	$y = 16,7428 - 0,2724x + 0,0022x^2$	0,94**

*significativo a 5%; **significativo a 1%.

Nas Figuras 37 e 38 e Tabela 32, podem-se visualizar as análises de regressão e as equações de regressão feitas para o acúmulo total de macro e micronutrientes na planta. Os níveis crescentes de saturação por bases influenciaram significativamente o N, K, Ca e Mg, os quais se ajustaram a modelos quadráticos, com correlações positivas, e o S se ajustou a um modelo linear, apresentando assim como os demais, correlação positiva. O Cu foi o único micronutriente influenciado significativamente, ajustando-se a um modelo quadrático, também com correlação positiva. Os valores máximos estimados foram 3,74; 3,90; 3,15; 1,61 g kg⁻¹ respectivamente para N, K, Ca, Mg e 0,59 mg kg⁻¹ para Cu, obtidos através das doses máximas estimadas de 50; 54; 53; 56 e 48 de V%.

Em plantas adultas de espinheira santa (*Maytenus ilicifolia*), Radomski (1998) obteve a sequência de K>N>Ca>Mg>P, que foi a mesma obtida neste trabalho, com a diferença de que o P não foi significativo e no seu lugar entraria o Cu.

O calcário quando utilizado de forma isolada não promoveu aumento na absorção de N, P e K em mudas de mogno, pois não diferiu estatisticamente da testemunha (TUCCI, 2007). Segundo Furtunato (2001), a calagem proporcionou aumento na concentração de N, Ca e Mg nas raízes e na parte aérea de grápia, bem como de P na parte aérea, e diminuiu a concentração de Mn nas raízes e parte aérea. Em mudas de guanandi, observou-se efeito significativo para o acúmulo dos macronutrientes N, P, Ca, Mg e S, e dos micronutrientes Cu, Fe e Zn (CIRIELLO, 2010).

Figura 37 - Acúmulo de macronutrientes em plantas de paineira em função de níveis crescentes de saturação por bases, 150 dias após o plantio. Botucatu-SP, 2013.

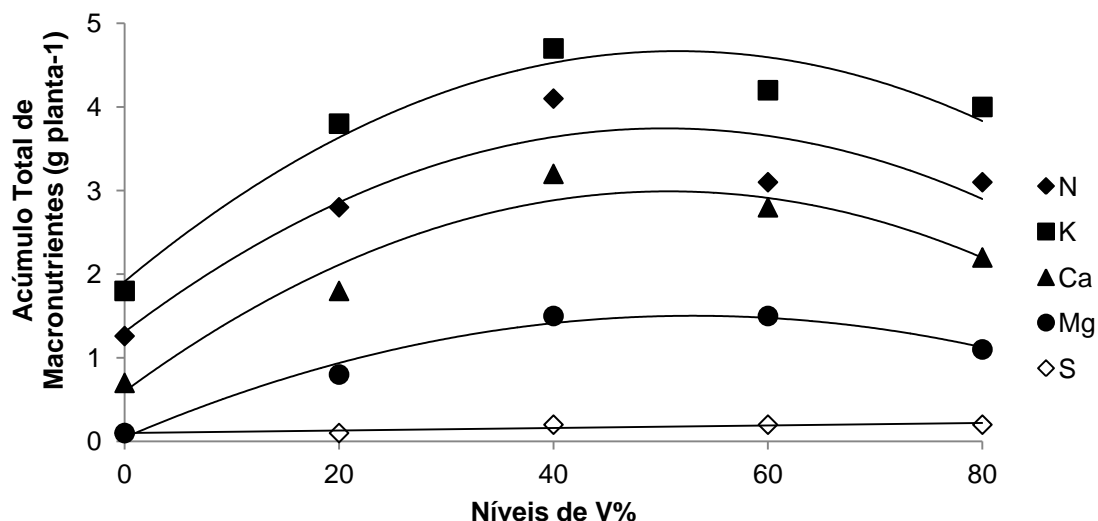


Figura 38 - Acúmulo de micronutrientes em plantas de paineira em função de níveis crescentes de saturação por bases, 150 dias após o plantio. Botucatu-SP, 2013.

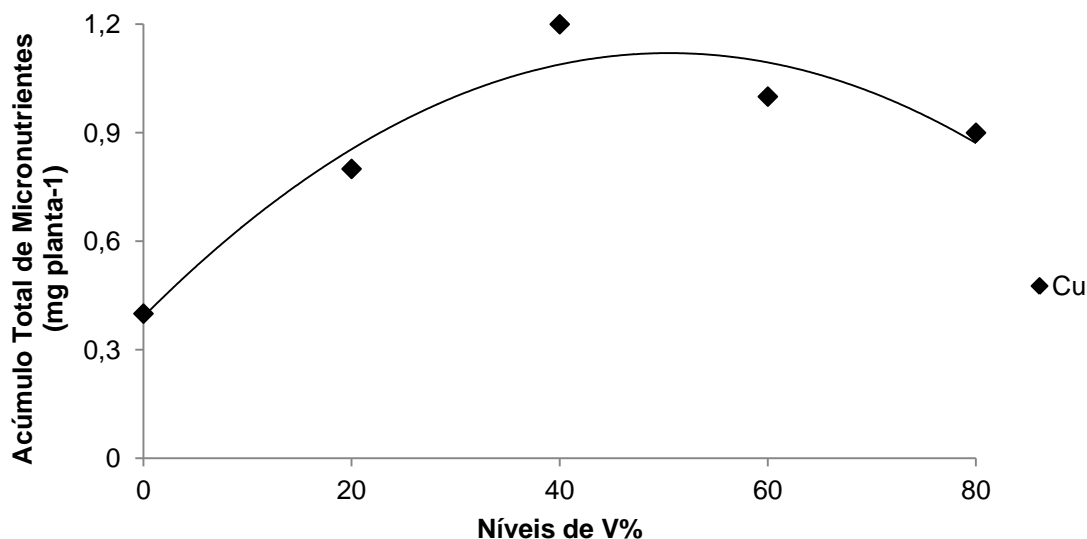


Tabela 32 - Equações de regressão referentes ao acúmulo de N, K, Ca, Mg, S (g kg^{-1}) e Cu (mg kg^{-1}) em folhas de paineira em função de níveis crescentes de saturação por bases, 150 dias após o plantio. Botucatu-SP, 2013.

Nutriente	Equação	R ²
N	$y = 1,30 + 0,0989x - 0,0010x^2$	0,87**
K	$y = 1,88 + 0,1077x - 0,0010x^2$	0,95*
Ca	$y = 0,61 + 0,0957x - 0,0009x^2$	0,94**
Mg	$y = 0,07 + 0,0556x - 0,0005x^2$	0,98**
S	$y = 0,11 + 0,0013x$	0,52*
Cu	$y = 0,39 + 0,0288x - 0,0003x^2$	0,90*

*significativo a 5%; **significativo a 1%.

4.4.4 Efeitos na fertilidade do solo

Na Tabela 33, pode-se observar que os teores de M.O., K e Zn não se alteraram devido aos níveis de saturação por bases. O teor de P foi influenciado pela aplicação da calagem. Segundo Poletto et al. (2011), a calagem proporciona o aumento da disponibilidade de P, em consequência da eliminação do alumínio trocável. Ocorreu uma diminuição no valor da CTC, o que pode ser explicado pela diminuição da acidez potencial. Já a V% aumentou em função da diminuição da CTC. Os teores de Ca e Mg aumentaram e, conseqüentemente, da SB, após a aplicação da calagem. O aumento do pH do solo em razão da aplicação de calcário é o efeito esperado por tal prática. Foi observada uma diminuição nos teores de Fe, Cu e B e, o teor de Mn apresentou um leve aumento. A calagem diminui ou elimina os efeitos tóxicos do Al, Mn e Fe, aumenta a atividade microbiana e a liberação de nutrientes como o N, P, S e B, pela decomposição da M. O. (LOPES et al., 1991).

Tabela 33 - Equações de regressão referentes ao valor de pH e teor de Presina, H+Al, Ca, Mg, SB, CTC, V%, B, Cu, Fe e Mn do solo ao final do experimento com níveis crescentes de saturação por bases. Botucatu-SP, 2013.

Variável química do solo	Equação de regressão	R ²
pH (CaCl ₂)	$y = 3,94 + 0,0154x + 0,00004x^2$	0,97**
P _{resina} (mg dm ⁻³)	$y = 7,56 + 2,4350x - 0,0158x^2$	0,64*
H+AL (mmol _c dm ⁻³)	$y = 69,03 - 0,7760x + 0,0028x^2$	0,95**
Ca (mmol _c dm ⁻³)	$y = 10,13 + 0,2551x - 0,0008x^2$	0,96**
Mg (mmol _c dm ⁻³)	$y = 1,29 + 0,1837x - 0,0005x^2$	0,96**
SB (mmol _c dm ⁻³)	$y = 13,52 + 0,4548x - 0,0016x^2$	0,97**
CTC	$y = 82,55 - 0,3212x + 0,0013x^2$	0,79**
V%	$y = 16,07 + 0,7023x - 0,0017x^2$	0,97**
B (mg dm ⁻³)	$y = 0,41 - 0,0030x + 0,00002x^2$	0,68*
Cu (mg dm ⁻³)	$y = 0,70 - 0,0011x - 0,00002x^2$	0,91**
Fe (mg dm ⁻³)	$y = 52,83 - 0,5736x + 0,0027x^2$	0,96**
Mn (mg dm ⁻³)	$y = 0,92 + 0,0015x - 0,00005x^2$	0,25*

*significativo a 5%; **significativo a 1%.

5 CONCLUSÕES

A paineira é uma espécie altamente responsiva à adubação fosfatada e à calagem na fase de plantio.

A paineira não responde à adubação nitrogenada e potássica na fase de plantio.

Para o tipo de solo e condições estudadas, recomenda-se uma adubação fosfatada de 250 mg P por dm^{-3} de solo e saturação por bases de 50% para o plantio da espécie.

REFERÊNCIAS

ANGHINONI, I. Fatores que interferem na eficiência da adubação fosfatada. In: SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2003, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Potafos/ Anda, 2003. CD-ROM.

ANNUNCIADO, T. R. **Estudo da *Chorisia speciosa* e outras fibras vegetais como sorventes para o setor de petróleo.** 2005. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia/ Engenharia e Ciências dos Materiais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

ANNUNCIADO, T. R.; AMICO, S. C.; SYDENSTRIKER, T. H. D. Utilização da fibra de paina (*Chorisia speciosa*) como sorvente de óleo cru. Parte I: Avaliação da capacidade de sorção. In: Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, 3.Salvador, 2005. **Anais...** Rio de Janeiro: Editora do IBP, 2005.

ARNON, D. J.; STOUT, P. R. The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper. **Plant Physiology**, Waterbury, v. 14, n. 2, p. 371-375, 1939.

BALIEIRO, F. C. et al. Formação de mudas de *Acacia holosericea* e *Acacia auriculiformis*: Resposta à calagem, fósforo, potássio e enxofre. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 183-191, 2001.

BARBOSA, Z. et al. Crescimento e composição química foliar de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* (Fr. All.) Eng.) sob diferentes saturações por bases: 1 – crescimento vegetativo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. **Resumos...** Viçosa: SBCS, 1995, p. 806-809.

BARROS, J. G. **Adubação e calagem para formação de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King).** 2001. 63 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2001.

BARROS, N. F. et al. Produção de eucalipto em solos de cerrado em resposta à aplicação de NPK e de B e Zn. **Revista Árvore**, Viçosa, v.5, n. , p. 90-113, 1981.

BARROSO, D. G. et al. Diagnóstico de deficiência de macronutrientes em mudas de Teca. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 671-679, 2005.

BENEDETTI, E. L. **Calagem e adubação no crescimento e na composição química de mudas de *Maytenus ilicifolia* Mart. Ex. Reiss. (Espinheira-santa).** 2008. 88 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

BERGER, K. C.; PRATT, P. F. Advances in secondary and micronutrient fertilization. In: Mc VICKAR, M. H.; BRIDGER, G. L.; NELSON, L. B. (Org.). **Fertilizer technology and usage.** Madison: Soil Science Society of America, 1963. p. 287-340.

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

BRUFORD, G. R. **The effect of fertiliser on the soil on three natives species of the Cerrado in Central Brazil**. 1993. 136 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Oxford, Oxford, 1993.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Colombo: Embrapa-CNPQ; Brasília: Embrapa-SPI, 1994. 638 p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. v. 1, 1039 p.

CARVALHO, W. A.; ESPÍNDOLA, C. R.; PACOLA, A. A. Levantamento de solos da Fazenda Lageado: Estação Experimental “Presidente Médici”. **Boletim Científico da Faculdade de Ciências Agrônomicas UNESP**, Botucatu, n. 1, 1983. 95 p.

CASTILLO, C. A. R. **Dispersão anemocórica das sementes de paineira (*Chorisia speciosa* St. Hil.) na região de Bauru, Estado de São Paulo**. 1986. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1986.

CECONI, D. E. et al. Crescimento de mudas de açoita-cavalo (*Luhea divaricata* Mart.) sob influência da adubação fosfatada. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 3, p. 292-299, 2006.

CHAPMAN, S. C.; BARRETO, H. J. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. **Agronomy Journal**, Madison, v. 89, n. 4, p. 557-562, 1997.

CHINEA-RIVERA, J.D. ***Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. Ceiba, kapok, silk cotton tree**, Los Angeles, USA, 4 p., 1990.

CIRIELLO, V. **Crescimento inicial e nutrição de guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambèss) em função de N, P, K e saturação por bases do solo**. 2010. 108 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

COSTA, J. P. V. **Fluxo difusivo de fósforo e de potássio em Latossolos**. 1998. 67 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

CRUZ, C. A. F. et al. Efeito de diferentes níveis de saturação por bases no desenvolvimento e qualidade de mudas de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standley). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 21, n. 66, p. 100-107, 2004.

CRUZ, C. A. F. et al. Macronutrientes na produção de mudas de canafístula em argissolo vermelho amarelo da região da Zona da Mata, MG. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 3, p. 445-457, 2011.

DIAS, L. E. et al. Formação de mudas de *Acacia mangium* Willd: Resposta a nitrogênio e potássio. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 15, n.1, p. 11-12, 1991a.

DIAS, L. E. et al. Formação de mudas de taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Voguel): I. Resposta a calcário e fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 1, p. 69-70, 1991b.

DIAS, L. E. et al. Formação de mudas de táxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Voguel): II. Resposta a nitrogênio, potássio e enxofre. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 16, n. 2, p. 135-143, 1992.

DRESCHER, P.; ZECH, W. Foliar nutrient levels of broad leaved tropical trees: a tabular review. **Plant and soil**, Netherlands, v. 131, n. 1, p. 29-46, 1991.

DUBOC, E. et al. Nutrição do Jatobá. **Cerne**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 138-152, 1996a.

DUBOC, E. et al. Fertilização de plântulas de *Copaifera langsdorffii* Desf. (óleo copaíba). **Cerne**, Lavras, v. 2, n. 2, p. 31-47, 1996b.

DUBOC, E. **Requerimentos nutricionais de espécies nativas: *Hymenaea courbaryl* L. var. *stillbocarpa* (Haynee) Lee et Lang (Jatobá), *Copaifera langsdorffii* Desf. (Óleo de copaíba) e *Peltophorum dubium* (Spreng) Taub. (Canafístula)**. 1994. 68 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Lavras, 1994.

DUBOC, E. **Desenvolvimento inicial e nutrição de espécies arbóreas nativas sob fertilização, em plantios de recuperação de áreas de cerrado degradado**. 2005. 173 f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

DUBOC, E.; GUERRINI, I. A. Concentração foliar de espécies arbóreas nativas do cerrado sob adubação com nitrogênio e fósforo. In: SIMPÓSIO NACIONAL CERRADO, 9; SIMPÓSIO INTERNACIONAL SAVANAS TROPICAIS, 2., 2008, Brasília. **Desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais: anais...**Brasília, DF: ParlaMundi, 2008.

DUBOC, E.; GUERRINI, I. A. Crescimento inicial e sobrevivência de espécies florestais de matas de galeria no domínio do cerrado em resposta à fertilização. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 22, n. 1, p. 42-60, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos - CNPS. **Manual de métodos de análises de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1997. 212 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos – CNPS. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF, 2006. 412 p.

FAGERIA, N. K. Nutrição e adubação potássica do arroz no Brasil. In: YAMADA, T. Ed. **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba, Instituto da Potassa & Fosfato, Instituto Internacional da Potassa, Londrina, Fundação IAPAR, 1982. 556 p.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: FAEPE, 2005. 186 p.

FARIA, M. P. de et al. Crescimento inicial da acácia em resposta a fósforo, nitrogênio, fungo micorrízico e rizóbio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 209-216, 1996.

FAVARE, L. G. **Doses crescentes de nitrogênio, fósforo, potássio e diferentes níveis de saturação por bases em relação ao desenvolvimento e nutrição mineral de teca (*Tectona grandis* L.F.), sob condições de vaso**. 2010. 112 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

FERNANDES, L. A. et al. Crescimento inicial, níveis críticos de fósforo e frações fosfatadas em espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.6, p.1191-1198, 2000.

FRANCO, A. A. Fixação de nitrogênio em árvores e fertilidade do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, n. 6, p.253-261, 1984.

FREIBERGER, M. B. **Crescimento inicial e nutrição do pinhão-mansão em função da adubação NPK**. 2012. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

FURTINI NETO, A. E. et al. Liming effects on growth of native woody species from Brazilian savannah. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.5, p.829-837, 1999.

FURTINI NETO, A. E. et al. Fertilização em reflorestamentos com espécies nativas. In: GONÇALVES, J. L. de M. E.; BENEDETTI, V. (Eds.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 351-383.

FURTUNATO, R. P. **pH do solo e toxidez de alumínio no crescimento e nutrição mineral de mudas de grápia (*Apuleia leiocarpa*)**. 2001. 59 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2001.

GARCIA, M. A. **Resposta de duas espécies acumuladoras de alumínio à fertilização com fósforo, cálcio e magnésio**. 1990. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade de Brasília, Brasília, 1990.

GOLFARI, L. **Zoneamento ecológico do estado de Minas Gerais para reflorestamento**. Belo Horizonte: PNVD/FAO/IBDF – BRA/71/545, 1975. 65 p. (Série Técnica, 3).

GOMES, K. C. de O. **Influência da saturação por bases e do fósforo no crescimento e nutrição mineral de mudas de angico-branco e garapa**. 2002. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

GONÇALVES, E. O. et al. Nutrição de mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) submetidas a doses de N, P, K, Ca e Mg. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 2, p. 219-228, 2012.

GONÇALVES, J. L. de M. et al. Níveis críticos de fósforo no solo e na parte aérea de eucalipto na presença e ausência de calagem. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 10, n. 1, p. 91-104, 1986.

GONÇALVES, J. L. de M. et al. Capacidade de absorção e eficiência nutricional de algumas espécies arbóreas tropicais. In: Congresso Nacional Sobre Essências Nativas, 2., São Paulo, 1992. **Anais...** São Paulo: Instituto Florestal, 1992. p. 463-468.

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

GONÇALVES, J. L. de M.; NOGUEIRA JUNIOR, L. R.; DUCATTI, F. Recuperação de solos degradados. In: KAGEYAMA, P. Y. et al. (Org.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2008. p. 111-163.

GRUBB, P. J.; TURNER, I. M.; BURSLEM, D. F. R. P. Mineral nutrient status of coastal hill dipterocarp forest and adinandra belukar in Singapore: analysis of soil leaves and litter. **Journal of Tropical Ecology**, New York, v.10, n.4, p. 559-577, 1994.

GUARATINE, M. T. G. et al. Composição florística da reserva municipal de Santa Genebra, Campinas, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo. v. 31, n. 2, p. 323-337, 2008.

HARIDASAN, M. Nutrição mineral de plantas nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Fisiologia**, Campinas, v.12, n.1, p. 54-64, 2000.

HIATT, A. J. & LEGGETT, J. E. Ionic interactions and antagonisms in plant. In: CARSON, E.W. **The plant root and its environment**. 10.ed. Charlottesville, Polytechnic Institute and State University. 1974.

IDENTIFICAÇÃO de espécies florestais, 2004. Piracicaba, SP: **Instituto de Estudos e Pesquisas Florestais**. Disponível em <<http://www.ipef.br/identificacao/nativas>>. Acesso em 21 fev. 2011.

JOLY, C. A.; CRAWFORD, R. M. Variation in tolerance and metabolic responses to flooding in some tropical trees. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 33, n. 135, p. 799-809, 1982.

JUCOSKI, G. O. **Deficiência de ferro em grávia: efeito da adubação fosfatada e potássica**. 2005. 74 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

KABATA-PENDIAS, A. **Trace elements in soils and plants**. 3 ed. Boca Raton: CRC Press. 2001. 413 p.

KAGEYAMA, P. Y.; BIELLA, L. C.; PALERMO JÚNIOR, A. Plantações mistas com espécies nativas com fins de proteção a reservatórios. In: congresso florestal brasileiro, 6, 1990, Campos do Jordão. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1990. v. 1, p. 109-113.

LAMBERS, H.; POORTER, H. Inherent variations in growth rate between higher plants: A search for physiological causes and ecological consequences. **Advances in Ecological Research**, London, v. 23, n. 8, p.188-261, 1992.

LIMA, H. N. et al. Crescimento inicial a campo de sete espécies arbóreas nativas em resposta a adubação mineral com NPK. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 21, n. 2, p. 189-195, 1997.

LIMA, J. P. C. et al. Absorção de nitrogênio para *Schizolobium parahyba* (VELL.) BLAKE, em fase de viveiro em três ambientes. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 7, n. 1, p. 11-18, 2000.

LIMA, R. M. C.; SILVA JUNIOR, M. C. Inventário da arborização urbana implantada na década de 60 no plano piloto, Brasília, DF, **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 5, n. 4, p.110-127, 2010.

LONERAGAN, J. F.; GROVE, T. S.; ROBSON, A. D. et al. Phosphorus toxicity as a factor in zinc-phosphorus interaction in plants. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 43, n. 5, p. 966-972, 1979.

LOPES, A. S. et al. **Acidez do solo e calagem**. (Boletim Técnico 1) ANDA, São Paulo, 1991.

LOPES, A. S. (Tradução e Adaptação). **Manual internacional de fertilidade do solo**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1998, 177 p.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 352 p.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 4. ed. Nova Odessa: Plantarum, 2002. v. 1, 368 p.

LUCA, A. Q. **Fenologia, potencial germinativo e taxa de cruzamento de uma população de paineira (*Chorisia speciosa* St. Hil. Bombacaceae) em área ciliar**

implantada. 2002. 92 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais/ Manejo de Florestas de Produção) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

LYNCH, J.; LÄUCHLI, A.; EPSTEIN, E. Vegetative growth of the common bean in response to phosphorus nutrition. **Crop Science**, Madison, v. 31, n. 2, p. 380-387, 1991.

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

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e Fosfato, 1997. 201 p.

MANN, E. N. et al., Calagem e crescimento de espécies florestais. In. REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., Manaus, 1996. **Resumos...** Manaus: SBCS, 1996. p. 240-241.

MARQUES, T. C. L. L. M. et al. Exigências nutricionais do paricá (*Schizolobium amazonicum*, Herb.) na fase de muda. **Cerne**, Lavras, v.10, n.2, p. 167-183, 2004.

MARQUES, V. B. et al. Efeito de fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento inicial e qualidade de mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. Ex Benth.). **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.5, p.725-735, 2006.

MARSCHNER, H. Mechanisms of adpatation of plants to acid soils. **Plant and Soil**, New York, v.134, n.1, p.1-20, 1991.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic Press, 1995. 889 p.

MAZUCHOWSKI, J. Z. **Influência de níveis de sombreamento e de nitrogênio na produção de massa foliar da erva-mate *Ilex paraguariensis* St. Hil.** 2004. 113 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo/ Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

MELO, J. T. **Respostas de espécies arbóreas do cerrado a nutrientes em Latossolo Vermelho Escuro**. 1999. 104 f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade de Brasília, Brasília, 1999.

MENDONÇA, A. V. R. et al. Exigências nutricionais de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All (Aroeira do sertão). **Cerne**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 65-75, 1999.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 4. ed. Bern: International Potash Institute, 1987. 685 p.

MEURER, E. J.; INDA Jr, A. V. Potássio e adubos potássicos. In: BISSANI, C. A. et al. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. Porto Alegre: Gênese, 2004. p. 139-152.

MEURER, E. J. Potássio. In: FERNANDES, M. S. (Org.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: SBSC, 2006. p. 281-298.

MORAES, C. D. A. **Resposta de algumas espécies arbóreas nativas do cerrado à adubação e calagem**. 1994. 66 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade de Brasília, Brasília, 1994.

MORAGHAN, J. T.; MASCAGANI, J. R. Environmental and soil factors affecting micronutrient deficiencies and toxicities. In: MORTVEDT, J. J. (Org.). **Micronutrients in agriculture**. Madison: Soil Science Society of America, 1991. p. 371-426.

MORETTI, B. da S. et al. Crescimento e nutrição mineral de mudas de cedro australiano (*Toona ciliata*) sob omissão de nutrientes. **Revista Cerne**, Lavras, v. 17, n. 4, p. 453-463, 2011.

NEVES, O. et al. 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 solo de várzea, em função de diferentes doses de fósforo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 3, p.343-349, 2004.

NICOLOSO, F. T. et al. Nutrição mineral de mudas de grápia em Argissolo Vermelho Distrófico Arênico: (I) Efeito da adubação NPK no crescimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 991-998, 2001.

NOVAIS, R. F. Calagem e adubação NPK na produção de mudas de Eucalipto (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden). **Boletim Técnico SIF**, Viçosa, n. 2, p. 27-66, 1979.

OLSEN, S. R. Micronutrient interactions. In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M.; LINDSAY, W. L. (Ed.). **Micronutrients in agriculture**. Madison: Soil Science Society of American, 1972. p.243-264.

ORLANDO FILHO, J. O. et al. Relações K, Ca e Mg de solo areia quartzosa e produtividade da cana-de-açúcar. **Stab: Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil**, Piracicaba, v.14, n.5, p.13-17, 1996.

PANDOLFO, M. C. et al. Resposta da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) à adubação mineral e orgânica em um Latossolo Vermelho aluminoférrico. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 2, p. 37-45, 2003.

PAULA, R. C. et al. Controle genético da eficiência de utilização de fósforo em famílias de meios-irmãos de *Eucalyptus grandis*, em casa de vegetação. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.1, p. 25-34, 2003.

PEREIRA, E. G. et al. Influência do nitrogênio mineral no crescimento e colonização micorrízica de mudas de árvores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 9, p. 653-662, 1996.

PINTO, F. P. da S.; TUCCI, C. A. F.; BARROS, J. G. Calagem e adubação na formação de mudas de mogno. In.: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DO AMAZONAS, 9., 2000, Manaus. **Resumos...** 2000. 5p.

POLETTO, I. et al. Influência da aplicação de NPK e calcário sobre o crescimento da erva-mate, severidade da podridão de raízes e população fúngica do solo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 3, p. 429-444, 2011.

RADOMSKI, M. I. **Caracterização ecológica e fitoquímica de *Maytenus ilicifolia* Mart., em populações nativas, no município da Lapa – Paraná.** 1998. 97 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

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

RAIJ, B. Van et al. (Org). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais.** Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285p.

REIS, M. G. F. et al. Exigências nutricionais de mudas de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. Allem (Jacarandá-da-Bahia) produzidas em dois níveis de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 21, n. 4, p. 463-471, 1997.

RENÓ, N. B. et al. Limitações nutricionais ao crescimento inicial de espécies arbóreas nativas em Latossolo Vermelho-Amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 1, p. 17-25, 1997.

RESENDE, A. V. et al. Acúmulo e eficiência nutricional de macronutrientes por espécies florestais de diferentes grupos sucessionais em resposta à fertilização fosfatada. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 24, n. 1, p. 160-173, 2000.

RODRÍGUEZ, D.; KELTJENS, W. G.; GOUDRIAAN, J. Plant leaf area expansion and assimilate production in wheat (*Triticum aestivum* L.) growing under low phosphorus conditions. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 200, n. 2, p. 227-240, 1998.

ROSA, G. T. da. **Efeito da ausência de nutrientes na produção de mudas de guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambèss).** 2008. 35 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Associação Cultural Educacional de Garça, Garça, 2008.

SANTIN, D. et al. Crescimento de mudas de erva-mate fertilizadas com N, P e K. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 1, p. 59-66, 2008.

SANTOS, J. Z. L. et al. Crescimento, acúmulo de fósforo e frações fosfatadas em mudas de sete espécies arbóreas nativas, **Rev. Árvore**, Viçosa, v.32, n.5, p. 799-807, 2008a.

SANTOS, R. A. et al. Adubação fosfatada para a produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 38, n. 3, p. 453-458, 2008b.

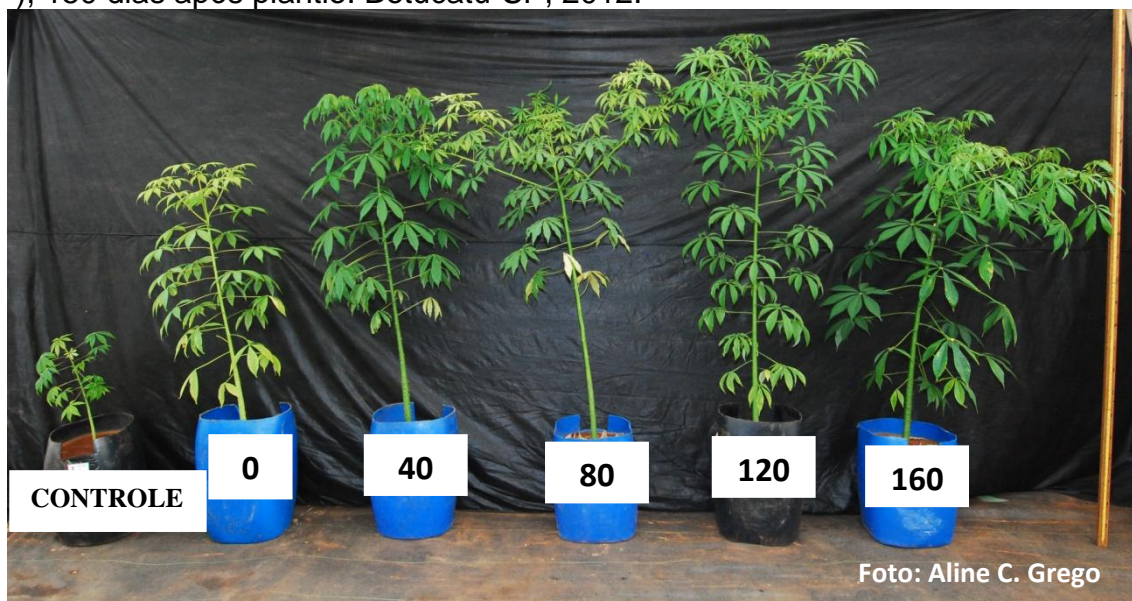
- SCHADCHINA, T. M.; DMITRIEVA, V. V. Leaf chlorophyll content as a possible diagnostic mean for the evaluation of plant nitrogen uptake from the soil. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 18, n. 7, p. 1427-1437, 1995.
- SCHUMAN, L.M. Mineral nutrition. In: WILKINSON, R.E. (Ed.). **Plant-environment interactions**. New York: Marcel Dekker, 1994. p. 149-182.
- SILVA, I. R. da. et al. Crescimento inicial de quatorze espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Florestal**, Brasília, v. 32, p. 205-212, 1997.
- SILVA, M. A. G. da; MUNIZ, A. S. Exigências nutricionais de cedro (*Cedrella fissilis* Velloso) em solução nutritiva. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 19, n. 3, p. 415-425, 1995.
- SORREANO, M. C. M. **Avaliação da exigência nutricional na fase inicial do crescimento de espécies florestais nativas**. 2006. 297 f. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.
- SOUZA, P. A. et al. Adubação mineral do Ipê Roxo (*Tabebuia impetiginosa*). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 3, p. 261-270, 2006.
- SOUZA, P. A. et al. Nutritional assesment of cedar seedlings (*Cedrela fissilis* Vell.) grown in a greenhouse. **Cerne**, Lavras, v. 15, n. 2, p. 236-243, 2009.
- STOKING, C. R.; ONGUN, A. The intracellular distribution of some metallic elements in leaves. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 49, n. 3, p. 284-289, 1962.
- TAIZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.
- TUCCI, C. A. F. et al. Calagem para adubação de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King.) **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 3, p. 299-307, 2007.
- VALE, F. R. et al. Crescimento Radicular de espécies florestais em solo ácido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 9, p. 609-616, 1996.
- VENTURIN, N. Adubação mineral do angico-amarelo (*Peltophorum dubium* (Spreng) Taub.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 3, p. 441-448, 1999.
- VENTURIN, N. et al. Adubação mineral da candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC) McLeish). **Floresta**, Curitiba, v. 35, n.2, p. 211-219, 2005.
- VENTURIN, R. P. **Diagnose foliar em eucalipto: Relação dos teores foliares com parâmetros de crescimento e teores no solo em duas épocas de coleta**. 1996. 55f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.
- VILELA, D. M.; HARIDASAN, M. Response of the ground layer community of a cerrado vegetation in Central Brazil to liming and irrigation. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 163, n. 1, p. 25-31, 1994.

VOGEL, H. L. M. et al. Efeito de diferentes doses de fósforo no crescimento de plantas de *Mimosa scabrella* Bentham (Bracatinga). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 28., 2001, Londrina. **Anais...** SBCS, 2001. p. 149.

WILLIAMS, L. E.; MILLER, A. J. Transporters responsible for the uptake and partitioning of nitrogenous solutes. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, California, v. 52, p.659-688, 2001.

APÊNDICE

Apêndice 1 - Plantas de paineira do experimento com doses de nitrogênio (mg dm^{-3}), 150 dias após plantio. Botucatu-SP, 2012.



Apêndice 2 - Plantas de paineira do experimento com doses de fósforo (mg dm^{-3}), 150 dias após plantio. Botucatu-SP, 2012.



Apêndice 3 - Plantas de paineira do experimento com doses de potássio (mg dm^{-3}), 150 dias após plantio. Botucatu-SP, 2012.



Apêndice 4 - Plantas de paineira do experimento com níveis de saturação por bases, 150 dias após plantio. Botucatu-SP, 2012

