

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**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**

**LILIAN GUIMARÃES DE FAVARE**

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Ciências Agronômicas da UNESP – *Campus*  
de Botucatu, para obtenção do título de Mestre  
em Ciência Florestal.

BOTUCATU-SP

Fevereiro – 2010

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**DOSES CRESCENTES DE NITROGÊNIO, FÓSFORO, POTÁSSIO E NÍVEIS DE  
SATURAÇÃO POR BASES EM RELAÇÃO AO DESENVOLVIMENTO E  
NUTRIÇÃO MINERAL DE TECA (*Tectona grandis* L.F.), SOB CONDIÇÕES DE  
VASO**

**LILIAN GUIMARÃES DE FAVARE**

Engenheira Agrônoma

Orientador: Prof. Dr. Iraê Amaral Guerrini

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Ciências Agronômicas da UNESP – *Campus*  
de Botucatu, para obtenção do título de Mestre  
em Ciência Florestal.

BOTUCATU-SP

Fevereiro – 2010

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

F272d	<p>Favare, Lilian Guimarães de, 1985 - Doses crescentes de nitrogênio, fósforo, potássio e diferentes níveis de saturação por bases em relação ao desenvolvimento e nutrição mineral de Teca (<i>Tectona grandis</i> L. F.), sob condições de vaso / Lilian Guimarães de Favare. - Botucatu: [s.n.], 2010 xiii, 97 f. : il., color., gráfs., tabs.</p> <p>Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2010. Orientador: Iraê Amaral Guerrini Inclui bibliografia 1. <i>Tectona grandis</i>. 2. Adubação. 3. Calagem. 4. Crescimento. I. Guerrini, Iraê Amaral. II. Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. III. Título.</p>
-------	--

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

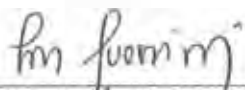
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: 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.

ALUNA: LÍLIAN GUIMARÃES DE FAVARE

ORIENTADOR: PROF. DR. IRAÉ AMARAL GUERRINI


Aprovado pela Comissão Examinadora.



PROF. DR. IRAÉ AMARAL GUERRINI



DR. CASSIANO MASSAKAZU SASAKI



PROFA. DRA. CLARICE BACKES

Data da Realização: 03 de fevereiro 2010.

**DEDICO**

Aos meus pais Moisés Aparecido de Favare e Gleide Selma Guimarães Costa de Favare

Ao meu querido e amado irmão Henrique Guimarães de Favare

*“Os espíritos protetores nos ajudam com os seus conselhos, através da voz da consciência, que fazem falar em nosso íntimo – mas como nem sempre lhes damos a necessária importância, oferecem-nos outros mais diretos, servindo-se das pessoas que nos cercam.”*

*Allan Kardec*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todas as pessoas e instituições que contribuíram para minha evolução profissional e pessoal durante essa jornada. Entre elas:

- A Deus, por todas as oportunidades a mim concedidas.
- À Universidade Estadual “Julio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências Agrônômicas, pela oportunidade de realização do curso de pós-graduação.
- À Capes, pelo apoio financeiro.
- À empresa Floresteca S/A, pelo apoio ao projeto.
- Ao colega Fausto Takizawa, pelas inúmeras ajudas e apoio ao projeto.
- Ao professor Dr. Iraê Amaral Guerrini, pelo apoio e orientação no curso e no desenvolvimento deste trabalho.
- Ao funcionário da estufa, Sr. Jair Vieira, pela primordial ajuda na montagem e desenvolvimento do experimento, pelo convívio e, claro, pelas risadas.
- Aos funcionários dos laboratórios, pelas análises realizadas, pela atenção dada.
- Aos membros da banca examinadora, pelas críticas e sugestões.
- À minha família, pelo incentivo sempre demonstrado durante minha vida estudantil.
- Aos meus amigos, Clarice Backes, Gabriela Ferraz de Siqueira, Magno Luiz de Abreu, Valéria Ciriello e Zoraide da Fonseca Costa, pela ajuda no desenvolvimento desta dissertação.

## SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	VIII
LISTA DE TABELAS.....	XI
1. RESUMO.....	1
2. SUMMARY.....	3
3. INTRODUÇÃO.....	4
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
4.1. A espécie.....	6
4.2. Aspectos Econômicos.....	7
4.3. Condições edafoclimáticas.....	8
4.4. Crescimento e Requerimentos nutricionais.....	9
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	13
5.1. Localização.....	13
5.2. Descrição de clima e solo.....	14
5.3. Avaliação da fertilidade do solo antes do plantio das mudas.....	14
5.4. Instalação dos experimentos e tratos culturais.....	15
5.5. Parâmetros avaliados.....	16
5.5.1. Análise quantitativa de crescimento.....	16
5.5.2. Quantificação do IRC, taxa de fotossíntese e taxa de transpiração.....	16
5.5.3. Biomassa seca das plantas.....	17
5.5.4. Análise química de tecido vegetal.....	17
5.6. Forma de análise dos resultados.....	17
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
6.1. Experimento 1 – Doses de Nitrogênio.....	18
6.1.1. Efeito das doses de nitrogênio no crescimento, no índice relativo de clorofila, taxa fotossintética e taxa de transpiração das plantas de teca.....	18
6.1.2. Efeito das doses de nitrogênio na biomassa seca e nas análises de tecido (folha e caule) das plantas de teca.....	25
6.1.2.1. Biomassa seca das plantas de teca.....	25



6.1.2.2. Teores e quantidades de macro e micronutrientes.....	27
6.2. Experimento 2 – Doses de Fósforo.....	37
6.2.1. Efeito das doses de fósforo no crescimento, no índice relativo de clorofila, taxa fotossintética e taxa de transpiração das plantas de teca.....	37
6.2.2. Efeito das doses de fósforo na biomassa seca e nas análises de tecido (folha e caule) das plantas de teca.....	43
6.2.2.1. Biomassa seca das plantas de teca.....	43
6.2.2.2. Teores e quantidades de macro e micronutrientes.....	45
6.3. Experimento 3 – Doses de Potássio.....	54
6.3.1. Efeito das doses de potássio no crescimento, no índice relativo de clorofila, taxa fotossintética e taxa de transpiração das plantas de teca.....	54
6.3.2. Efeito das doses de potássio na biomassa seca e nas análises de tecido (folhas e caule) das plantas de teca.....	59
6.3.2.1. Biomassa seca das plantas de teca.....	59
6.3.2.2. Teores e quantidades de macro e micronutrientes.....	61
6.4. Experimento 4 – Níveis Crescentes de Saturação por Bases (V%).....	71
6.4.1. Efeito dos níveis crescentes de saturação por bases no crescimento, no índice relativo de clorofila, taxa fotossintética e taxa de transpiração das plantas de teca.....	71
6.4.2. Efeito dos níveis crescentes de saturação por bases na biomassa seca e nas análises de tecido (folha e caule) das plantas de teca.....	77
6.4.2.1. Biomassa seca das plantas de teca.....	77
6.4.2.2. Teores e quantidades de macro e micronutrientes.....	79
7. CONCLUSÕES.....	89
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	90

## LISTA DE FIGURAS

		Página
1.	Vista do experimento de teca aos 8 meses de idade.....	13
2.	Fotografia dos tratamentos aos 8 meses de idade: Testemunha (A); Adubação sem adição de N (B); N= 80 mg dm <sup>-3</sup> (C).....	19
3.	Altura das plantas de teca aos 30 (a), 60 (b), 90 (c), 120 (d), 150 (e), 180 (f), 210 (g), 240 (h) dias após plantio (dap), em função de doses de N.....	21
4.	Diâmetro das plantas de teca aos 30 (a), 60 (b), 90 (c), 240 (d) dias após plantio (dap), em função de doses de N.....	23
5.	Índice relativo de clorofila (a), taxa fotossintética (b) e taxa de transpiração (c) em função de doses de N com plantas de teca com 8 meses de idade.....	25
6.	Biomassa seca folhas (a), do caule (b), da raiz (c) e total (d) de plantas de teca com 8 meses de idade, em função de doses de N .....	27
7.	Teores de macro (a) e micronutrientes (b) e quantidades de macro (c) e micronutrientes (d) nas folhas de teca aos 8 meses de idade, em função de doses de N.....	31
8.	Teores de macro (a) e micronutrientes (b) e quantidades de macro (c) e micronutrientes (d) no caule de teca aos 8 meses de idade, em função de doses de N.....	34
9.	Quantidades dos macronutrientes (a) e micronutrientes (b) absorvidos pela parte aérea de teca aos 8 meses de idade, em função das doses de N.....	36
10.	Fotografia dos tratamentos aos 8 meses de idade: Testemunha (A); Adubação sem adição de P (B); P= 200 mg dm <sup>-3</sup> (C).....	37
11.	Altura das plantas de teca aos 60 (a), 90 (b), 120 (c), 150 (d), 180 (e), 210 (f), 240 (g) dias após plantio (dap), em função de doses de P.....	39
12.	Diâmetro das plantas de teca aos 90 (a), 120 (b), 150 (c), 180 (d), 210 (e), 240 (f) dias após plantio (dap), em função de doses de P.....	41

13. Índice relativo de clorofila (a) taxa fotossintética (b) e taxa de transpiração (c) em função de doses de P com plantas de teca aos 8 meses de idade.....	43
14. Biomassa seca das folhas (a), do caule (b), da raiz (c) e total (d) de plantas de teca com 8 meses de idade, em função de doses de P.....	44
15. Teores de macro (a) e micronutrientes (b) e quantidades de macro (c) e micronutrientes (d) nas folhas de teca aos 8 meses de idade, em função de doses de P.....	48
16. Teores de macro (a) e micronutrientes (b) e quantidades de macro (c) e micronutrientes (d) no caule de teca aos 8 meses de idade, em função de doses de P.....	51
17. Quantidades dos macronutrientes (a) e micronutrientes (b) absorvidos pela parte aérea de teca aos 8 meses de idade, em função das doses de P.....	53
18. Fotografia dos tratamentos aos 8 meses de idade: Testemunha (A); Adubação sem adição de K (B); K= 200 mg dm <sup>-3</sup> (C).....	54
19. Altura das plantas de teca aos 60 (a), 90 (b), 120 (c), 150 (d), 240 (f) dias após plantio (dap), em função de doses de K.....	56
20. Diâmetro das plantas de teca aos 60 (a), 90 (b), 120 (c), 240 (d) dias após plantio (dap), em função de doses de K.....	58
21. Índice relativo de clorofila em função de doses de K com plantas de teca com 8 meses de idade.....	59
22. Biomassa seca das folhas (a), da raiz (b), e total (c) de mudas de teca com 8 meses de idade, em função de doses de K.....	61
23. Teores de macro (a) e micronutrientes (b) e quantidades de macro (c) e micronutrientes (d) nas folhas de teca aos 8 meses de idade, em função de doses de K.....	65
24. Teores de macro (a) e micronutrientes (b) e quantidades de macronutrientes (c) no caule de teca aos 8 meses de idade, em função de doses de K.....	68

25. Quantidades dos macronutrientes (a) e micronutrientes (b) absorvidos pela parte aérea de teca aos 8 meses de idade, em função das doses de K.....	70
26. Fotografia dos tratamentos aos 8 meses de idade: Testemunha (A); Sem adição de calagem (B); V%= 70% (C).....	71
27. Altura das plantas de teca aos 150 (a), 180 (b), 210 (c), 240 (d) dias após plantio (dap), em função de níveis crescentes de V%.....	73
28. Diâmetro de plantas de teca aos 150 (a), 180 (b), 210 (c), 240 (d) dias após plantio (dap), em função de níveis crescentes de V%.....	75
29. Índice relativo de clorofila (a) e taxa de transpiração (c) em função de níveis crescentes de V% em plantas de teca aos 8 meses de idade.....	76
30. Biomassa seca das folhas (a), do caule (b), da raiz (c) e total (d) de plantas de teca com 8 meses de idade, em função de níveis crescentes de V%.....	78
31. Teores de macro (a) e micronutrientes (b) e quantidades de macro (c) e micronutrientes (d) nas folhas de teca aos 8 meses de idade, em função de níveis crescentes de V%.....	82
32. Teores de macro (a) e micronutrientes (b) e quantidades de macro (c) e micronutrientes (d) no caule de teca aos 8 meses de idade, em função de níveis crescentes de V%.....	85
33. Quantidades dos macronutrientes (a) e micronutrientes (b) absorvidos pela parte aérea de teca aos 8 meses de idade, em função das doses de V%.....	88

## LISTA DE TABELAS

	Página
1. Análise química do solo da aplicação dos tratamentos.....	14
2. Altura das plantas de teca durante o experimento até os 8 meses de idade, em função de doses de N.....	20
3. Diâmetro das plantas de teca durante o experimento até os 8 meses de idade, em função de doses de N.....	22
4. Índice relativo de clorofila (IRC), taxa fotossintética (TF) e taxa de transpiração (TT) em plantas de teca aos 8 meses de idade, em função de doses de N.....	24
5. Biomassa seca das plantas de teca com 8 meses de idade, em função de doses de N	26
6. Análise química (macronutrientes) das folhas de teca aos 8 meses de idade, em função de doses de N.....	29
7. Análise química (micronutrientes) das folhas de teca aos 8 meses de idade, função das doses de N.....	30
8. Análise química (macronutrientes) do caule de teca aos 8 meses de idade, em função de doses de N.....	32
9. Análise química (micronutrientes) do caule de teca aos 8 meses de idade, em função de doses de N.....	33
10. Absorção de macro e micronutrientes pela parte aérea de teca aos 8 meses de idade, em função das doses de N.....	35
11. Altura das plantas de teca durante o experimento até os 8 meses de idade, em função de doses de P.....	38
12. Diâmetro das plantas de teca durante o experimento até os 8 meses de idade, em função de doses de P.....	40
13. Índice relativo de clorofila (IRC), taxa fotossintética (TF) e taxa de transpiração (TT) em plantas de teca aos 8 meses de idade, em função de doses de P.....	42

14. Biomassa seca das plantas de teca com 8 meses de idade, em função de doses de P	44
15. Análise química (macronutrientes) das folhas das plantas de teca após o final do experimento aos 8 meses de idade, em função de doses de P.....	46
16. Análise química (micronutrientes) das folhas das plantas de teca após o final do experimento aos 8 meses de idade, em função de doses de P.....	47
17. Análise química (macronutrientes) do caule das plantas de teca após o final do experimento aos 8 meses de idade, em função de doses de P.....	49
18. Análise química (micronutrientes) do caule das plantas de teca após o final do experimento aos 8 meses de idade, em função de doses de P.....	50
19. Absorção dos macro e micronutrientes pela parte aérea de teca aos 8 meses de idade, em função das doses de P.....	52
20. Altura das plantas de teca durante o experimento até os 8 meses de idade, em função de doses de K.....	55
21. Diâmetro das plantas de teca durante o experimento até os 8 meses de idade, em função de doses de K.....	57
22. Índice relativo de clorofila (IRC), taxa fotossintética (TF) e taxa de transpiração (TT) em plantas de teca aos 8 meses de idade, em função de doses de K.....	59
23. Biomassa seca das plantas de teca com 8 meses de idade, em função de doses de K	60
24. Análise química (macronutrientes) das folhas de teca após o final do experimento aos 8 meses de idade, em função de doses de K.....	63
25. Análise química (micronutrientes) das folhas de teca após o final do experimento aos 8 meses de idade, em função de doses de K.....	64
26. Análise química (macronutrientes) do caule das plantas de teca após o final do experimento aos 8 meses de idade, em função de doses de K.....	66
27. Análise química (micronutrientes) do caule das plantas de teca após o final do experimento aos 8 meses de idade, em função de doses de K.....	67

28. Absorção de macro e micronutrientes pela parte aérea de teca aos 8 meses de idade, em função das doses de K.....	68
29. Altura das plantas de teca durante o experimento até os 8 meses de idade, em função de níveis crescentes de V%.....	72
30. Diâmetro das plantas de teca durante o experimento até os 8 meses de idade, em função de níveis crescentes de V%.....	74
31. Índice relativo de clorofila (IRC), taxa fotossintética (TF) e taxa de transpiração (TT) em plantas de teca aos 8 meses de idade, em função de níveis crescentes de V%.....	76
32. Biomassa seca das plantas de teca com 8 meses de idade, em função de níveis crescentes de V%.....	77
33. Análise química (macronutrientes) das folhas de teca após o final do experimento aos 8 meses de idade, em função de níveis crescentes de V%.....	80
34. Análise química (micronutrientes) das folhas de teca após o final do experimento aos 8 meses de idade, em função de níveis crescentes de V%.....	81
35. Análise química (macronutrientes) do caule das plantas de teca após o final do experimento aos 8 meses de idade, em função de níveis crescentes de V%.....	83
36. Análise química (micronutrientes) do caule das plantas de teca após o final do experimento aos 8 meses de idade, em função de níveis crescentes de V%.....	84
37. Absorção de macro e micronutrientes pela parte aérea de teca aos 8 meses de idade, em função dos níveis de V%.....	87

## 1. RESUMO

As espécies florestais apresentam comportamentos distintos, sobretudo, quanto às suas exigências nutricionais. O conhecimento desse comportamento nutricional entre espécies resulta na maior produtividade, economia e menores impactos ambientais nos plantios florestais. Objetivou-se com este trabalho avaliar o desenvolvimento da teca (*Tectona grandis* L.f.) para diferentes dosagens de macronutrientes e níveis distintos de saturação por bases em condições controladas, visando curvas de resposta da espécie mediante adubação e correção do solo. O ensaio foi instalado sob condições de estufa plástica situada na área experimental do Departamento de Recursos Naturais – Ciência do Solo, da Faculdade de Ciências Agronômicas - Botucatu-SP. O trabalho constou de 4 experimentos, instalados sob delineamento inteiramente casualizado, contendo 6 tratamentos e 4 repetições. Os experimentos constituíram-se de doses de N (0, 40, 80, 120, 160 mg dm<sup>-3</sup>), de P (0, 50, 100, 150, 200 mg dm<sup>-3</sup>), de K (0, 40, 80, 120, 160 mg dm<sup>-3</sup>) e diferentes níveis de V% (natural, 20, 40, 60, 80 %), além da testemunha absoluta. 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. Todas as doses de N, P, K, e os diferentes níveis de V% proporcionaram efeitos distintos e significativos aos parâmetros



avaliados durante o desenvolvimento das mudas de teca. A dose que apresentou melhor resultado entre os tratamentos com N foi a de  $80 \text{ mg dm}^{-3}$ . A dose de  $200 \text{ mg dm}^{-3}$  de P foi a que proporcionou maior altura, diâmetro e biomassa da parte aérea, destacando-se entre os experimentos. Os tratamentos com  $40 \text{ mg dm}^{-3}$  de K e V= 80% foram os que proporcionaram maior efeito em seus respectivos experimentos.

**Palavras-chave:** *Tectona grandis*; adubação; calagem; crescimento.

**INCREASING DOSES OF NITROGEN, PHOSPHORUS, POTASSIUM AND DIFFERENT LEVELS OF BASE SATURATION IN RELATION TO DEVELOPMENT AND MINERAL NUTRITION OF TEAK (*Tectona grandis* L.F.), UNDER POT CONDITIONS.**

Botucatu, 2010. 97 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: Lilian Guimarães de Favare

Adviser: Iraê Amaral Guerrini

## **1. SUMMARY**

The forest species have different behaviors, especially in terms of their nutritional requirements. The knowledge about the nutritional behavior of the species results in greater yield and economy and lower environmental impacts on forest plantations. The aim of this work was to evaluate the development of teak (*Tectona grandis* L.f.) due to different macronutrient rates and base saturation levels under controlled conditions, in order to get response curves of fertilization and soil correction for specie. The study was carried out under plastic greenhouse located at the experimental area of Department of Natural Resources, College of Agricultural Science, Botucatu–SP. Were conducted four experiments, in a completely randomized design, with six treatments and four replicate. The experiments consisted of rates of N (0, 40, 80, 120, 160 mg dm<sup>-3</sup>), P (0, 50, 100, 150, 200 mg dm<sup>-3</sup>) and K (0, 40, 80, 120, 160 mg dm<sup>-3</sup>) and of levels of base saturation (natural, 20, 40, 60, 80 %), plus a control. The results were submitted to variance analysis and regression analysis. All rates of N, P and K, and the V% levels provided significant effects on parameters measured during development of teak seedlings. The rate that showed the best results among N treatments was 80 mg dm<sup>-3</sup>. The rate of 200 mg dm<sup>-3</sup> P provided larger height, diameter and shoot dry matter. In the experiments with K and V%, best results were obtained with 40 mg dm<sup>-3</sup> K and 80% of base saturation.

Keywords: *Tectona grandis*; fertilization; liming; development.

## 2. INTRODUÇÃO

Os plantios de teca sempre se limitaram aos países da Ásia Tropical, principalmente Índia, Myanmar e Tailândia, cujo objetivo era compensar o esgotamento das populações naturais de teca que eram exploradas de forma extrativista. Entretanto, há cerca de 100 anos atrás, a teca começou a ser plantada em novas zonas tropicais, particularmente na África Ocidental, América Central e América do Sul, sobretudo no Brasil e Costa Rica, onde os plantios são caracterizados pela elevada densidade de indivíduos e com rotações mais curtas que as praticadas no sudeste asiático (FIGUEIREDO et al., 2005).

No Brasil, os plantios de teca iniciaram-se no final da década de 60, implantados pela empresa Cáceres Florestal S.A., na região do município de Cáceres – Mato Grosso, onde as condições climáticas são semelhantes aos países de origem da espécie. Além das condições climáticas favoráveis, o solo de melhor fertilidade e os tratamentos silviculturais mais adequados e intensos contribuíram para reduzir o ciclo de produção que varia de 60 a 100 anos na região de origem da teca, para apenas 25 anos na região de Cáceres-MT, devido ao clima e pela inexistência de pragas e doenças (REFERÊNCIA, 2003).

Nosso país apresenta características climáticas adequadas ao desenvolvimento da teca. Aliado a isto, há a ocorrência de áreas agrícolas de constante

exploração e má conservação, predispondo a atividade de reflorestamento (puro ou em sistema com agricultura ou pecuária) como uma opção de recuperação de solo com retorno econômico. Apesar de ser uma espécie de potencial aos reflorestamentos, a teca ainda não ultrapassa 50 mil hectares no estado de Mato Grosso, seu maior produtor. Também são poucas as empresas que estão investindo nas plantações desta florestal neste estado e no Brasil.

O pouco conhecimento com relação às necessidades nutricionais e de adubação dessa espécie é um fator importante que limita o seu cultivo. Existem poucos trabalhos na literatura sobre adubação de teca, e os existentes não passam uma informação concreta da ação dos nutrientes em conjunto e resultados em números para uma avaliação objetiva. Visto o potencial da espécie e a escassa existência de pesquisas sobre o assunto, o objetivo deste trabalho foi avaliar as respostas da teca em diferentes dosagens de aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio e níveis distintos de saturação por bases em condições controladas, visando obter curvas de resposta da espécie mediante adubação e correção do solo.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

#### 3.1. A espécie

A palavra teca vem do latim *theca* (cofre, estojo) e do grego *theke* (loja). Esta árvore pertencente à família Lamiaceae, antes incluída em Verbenácea, do gênero *Tectona*, sendo que seu nome científico é *Tectona grandis* L.f. Também é conhecida em outros países por: teak, may sak, teck (EMBRAPA, 2004). A teca é nativa das florestas tropicais do subcontinente índico e no sudeste asiático, principalmente na Índia, Myanmar, Tailândia, entre outros, sendo cultivada nos trópicos por séculos, existindo referência de plantios estabelecidos na Índia antes de 1800, e na América Tropical 100 anos depois. A mesma tem ocorrência natural entre as latitudes 10° e 25° N (FIGUEIREDO et al., 2005).

É uma árvore de hábito pioneiro, isto é, que ocupa com velocidade as clareiras abertas na floresta, pois se trata de uma planta heliófita (EMBRAPA, 2004). De rápido crescimento inicial, apresenta grande porte e pode alcançar 2,5 m de diâmetro a altura do peito (DAP) e 50 m de altura, com tronco, habitualmente, retilíneo e com baixa conicidade.

Suas folhas são simples, opostas, elípticas, coreáceas e ásperas ao tato, dotadas de pecíolos curtos ou ausentes, com ápice e base agudos. Os indivíduos adultos

possuem folhas com comprimento de 30 a 40 cm por 25 cm de largura. Nos indivíduos mais jovens, com até 3 anos de idade, as folhas podem atingir o dobro dessas dimensões. Por se tratar de uma espécie caducifólia, perde as folhas durante a estação seca.

As flores são pequenas dotadas de pedúnculo curto, de coloração branco-creme, que se dispõem em inflorescências grandes e eretas tipo panículas de até 40 x 35 cm. Os frutos são do tipo drupa, cilíndricos, de cor marrom e possuem diâmetro de aproximadamente 1 cm. Cada fruto apresenta quatro cavidades, dentro das quais estão as sementes (uma por cavidade); porém, nem todas germinam. No entanto, a primeira frutificação ocorre aos 5 ou 6 anos de idade, sendo as sementes da teca pequenas, delicadas e oleaginosas, medindo de 5-6 mm de comprimento (EMBRAPA, 2004).

Seu tronco é cilíndrico reto, com pouca conicidade, casca gretada de cor cinza ou marrom, apresentando elevada resistência ao fogo. Apresenta crescimento rápido, com incremento médio anual (IMA) variável segundo as condições ambientais, sendo, em média, 9 a 10 m<sup>3</sup> por hectare ao ano (CHAVES & FONSECA, 1991). Bufulin (2001) mostra que o crescimento no Brasil é superior, sendo encontrado incremento médio anual de 12 a 28 m<sup>3</sup> por hectare em Agudos-SP e 24 m<sup>3</sup> por hectare, em Cáceres-MT. No Acre os valores de incremento médio anual variam de 7,6 e 24,5 m<sup>3</sup> por hectare (OLIVEIRA, 2003). O sistema radicular é composto por uma raiz pivotante e várias raízes laterais, que em algumas vezes penetram verticalmente no solo com mais de um metro de profundidade (CHAVES & FONSECA, 1991).

### **3.2. Aspectos Econômicos**

Atualmente, a teca é a terceira espécie de folhosas tropicais com maior área plantada no mundo, ficando atrás dos plantios de eucaliptos e acácias. Sua madeira é procurada no mercado internacional atraída por suas características, como densidade de cerca de 650 kg m<sup>-3</sup>, situando-se entre o cedro e o mogno, possuindo boa resistência em relação ao peso, sendo estável, já que praticamente não empena e pouco se contrai durante a secagem, além de resistir às variações na umidade do ambiente (BUFULIN, 2001).

É uma árvore amplamente utilizada na construção naval, no revestimento de pisos, construção de decks em casas a beira mar, gazebos para jardins e

naturalmente em móveis modernos para áreas externas e internas. Seu preço no mercado é estimulante, atingindo a cifra de U\$ 800.00 por metro cúbico de madeira em toras, e simplesmente serrada atinge o preço de U\$ 2,000.00, valor estimulante e que já justifica seu plantio em nível comercial (COSTA & PARREIRA, 2004).

Entre suas fontes de renda destaca-se a chamada teca jovem. Esta deve ser percebida como um novo produto de interesse comercial subsequente a teca adulta. A madeira com idade entre 7 e 18 anos, que ainda não atingiu a fase madura (25 anos), possui as mesmas propriedades da madeira nobre, mas com peculiaridades que a tornam adequada para o uso em acabamento e designer de móveis e peças de decoração. Outro ponto a favor é o baixo custo, sendo que o metro cúbico dessa madeira custa em média 12,5% do valor total da árvore adulta (TECA JOVEM, 2009).

### **3.3. Condições edafoclimáticas**

A árvore da teca pode crescer em diversos solos e formações geológicas (CHAVES & FONSECA, 1991). A qualidade de seu desempenho depende da profundidade, estrutura, porosidade, drenagem e da capacidade de retenção de água que está relacionada com a textura do solo (arenoso, argiloso, ou siltico). Também é muito exigente em teores de bases trocáveis do solo, principalmente o cálcio (MATRICARDI, 1989).

Devido às raízes serem sensíveis à deficiência de oxigênio, a espécie se desenvolve melhor em solos com boa aeração. Esta característica de alta demanda por oxigênio leva a espécie a concentrar entre 65% a 80% de sua biomassa radicular fina nos primeiros 30 cm de solo, com a maior concentração entre 10 e 20 cm (WEAVER, 1993; KRISHNAPILLAY, 2000).

Segundo Matricardi (1989), alguns fatores de solo podem mascarar os efeitos negativos de outros, como é o caso da matéria orgânica (M.O) que em níveis elevados limita os efeitos tóxicos do alumínio e do pH baixo, a não ser em solos turfosos (terras pretas), que podem ser recomendados para o cultivo da teca. Weaver (1993) aponta que em regiões de relevo acidentado, solos com problemas de drenagem e altitudes maiores de 1000 metros também influenciam o desempenho da espécie de forma negativa.

A teca tolera uma grande variedade de climas, porém cresce melhor em condições tropicais moderadamente úmidas e quentes, apresentando melhor desenvolvimento em regiões onde a precipitação anual fica entre 1.250 e 3.750 mm, temperatura mín. 13°C e máx. 43°C, e uma estação biologicamente seca (disponibilidade hídrica menor que 50 mm/mês) de 3 meses (CÁCERES FLORESTAL S/A, 1990).

Essa árvore não suporta sombreamento mesmo no período juvenil e, por esta razão, nos climas equatoriais com precipitação uniforme, distribuídas durante o ano todo ela não desenvolve bem. A estação seca tem bem definida é importante, pois se a mesma for atípica a árvore tende a ser dominada por espécies folhosas não caducifólias (FIGUEIREDO et al., 2005).

#### **3.4. Crescimento e Requerimentos nutricionais**

A produtividade das espécies arbóreas com alto potencial de crescimento é limitada geralmente por déficit nutricional e/ou hídrico, tornando imprescindível, para o sucesso da implantação destas espécies em solos marginais, o conhecimento dos requerimentos nutricionais (MARQUES et al., 2004). Num dos trabalhos pioneiros com teca, Laurie (1931) estudou a influência de cálcio, potássio, fósforo e pH do solo sobre essa espécie, em quatro localidades da Índia. Verificou que, de modo geral, os valores destes atributos dos solos observados para regiões com ocorrência natural de teca foram, em média, superiores àqueles das regiões onde a teca não ocorria. Este e outros fatos semelhantes parecem demonstrar que a teca é uma espécie exigente nutricionalmente.

Alvarado (2006) observou que a teca pode remover quantidades significativas de nutrientes; no entanto, podem crescer em solos relativamente inférteis com boa estrutura e drenagem. Segundo esse mesmo autor, as exigências nutricionais da teca estão na seguinte ordem: K > Ca > N > P > Mg, sendo que tais exigências aumentam com a idade da árvore. Notou-se que a maior exigência nutricional ocorre em faixas etárias mais avançadas, de 9 anos, em resposta ao esperado em plantações maduras. Venturin et al. (1996) estudaram as exigências nutricionais e os efeitos da omissão de nutrientes em plântulas de *Copaifera langsdorffii*, e observaram que o N, P, Ca e Mg são nutrientes limitantes para o crescimento da copaíba, e que outros, como K, B e Zn têm pouca demanda pela árvore.



Em *Araucaria augustifolia* (Bert.) O. Ktze, Simões e Couto (1973) verificaram que a omissão de N e P causou sérios prejuízos ao desenvolvimento. Ainda, a ausência de N limitou o crescimento, tornou as mudas cloróticas e reduziu a espessura da parede celular, enquanto que o P, além de limitar o crescimento, provocou crestamento e morte de folhas e ramos. Estes mesmos autores verificaram que a omissão de N, P e Mg prejudicou o desenvolvimento radicular.

Existem relatos sobre as reduções no crescimento inicial de espécies arbóreas nativas decorrentes da omissão de nitrogênio. *Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (jatobá-da-mata), *Copaifera langsdorffii* (óleo-de-copaíba), *Peltophorum dubium* (cássia-verrugosa), *Melia azedarach* (cinamoro) e *Jacaranda mimosaeifolia* (jacarandá mimoso) apresentam respostas de magnitude distintas ao fornecimento de nitrogênio. Contudo, todas as espécies apresentaram incrementos em crescimento com a aplicação de nitrogênio (FARIA et al., 1996; RENÓ et al., 1997; VENTURIM et al., 1999). Em estudo realizado por Barroso et al. (2005), no tratamento com omissão de nitrogênio, houve redução drástica do crescimento, clorose generalizada, paralisação de emissão de raízes novas e apodrecimento das raízes secundárias da teca. Segundo Malavolta et al. (1997), a carência de nitrogênio diminui o teor de clorofila na planta, resultando no característico sintoma de clorose generalizada.

O fósforo desempenha importante papel na respiração vegetal e no armazenamento, transporte e utilização de energia no processo fotossintético, agindo também na síntese das proteínas e no metabolismo de enzimas e sendo um elemento essencial para o metabolismo das mudas, principalmente na fase reprodutiva (RAIJ, 1991). O fósforo, embora sendo classificado como macronutriente, tem seus teores nas mudas mais baixos que os de nitrogênio e potássio. Em quantidades adequadas, ele estimula o desenvolvimento radicular, é essencial para a boa formação da planta e incrementa a produção (RAIJ, 1991). O requerimento de P pela planta para um crescimento ótimo está na faixa de 0,3% a 0,5% da biomassa seca. (MARSCHNER, 1995).

Em virtude da dinâmica de P nos solos mais intemperizados, a sua baixa disponibilidade para as mudas é apontada como uma das causas do inadequado desenvolvimento da maioria das culturas em solos das regiões tropicais. Áreas onde os solos

possuem elevada capacidade de fixação, a deficiência dos nutrientes é o fator de restrição do crescimento vegetal (SANCHEZ e SALINAS, 1981, citados por RESENDE et al., 1999).

As espécies pioneiras *Schinus terebinthifolius* (aroeirinha), *Senna multijuga* (Cássio verrugosa) e *Senna macranthera* (fedegoso), as secundárias *Peltophorum dubium* (angico amarelo) e *Tabebuia chrysotricha* (ipê-tabaco), e as clímaxes *Machaerium villosum* (jacarandá mineiro) e *Platycianus regnelli* (pau-pereira), de modo geral, apresentam crescimento reduzido com a omissão de fósforo (em média, 64% do tratamento completo), sendo que as espécies clímax, as mais afetadas, apresentam níveis de crescimento comparáveis a testemunha, tanto aos 8 quanto aos 16 meses após o plantio (LIMA et al., 1997).

Duboc (2005) estudando as respostas em crescimento e sobrevivência de mudas de 11 espécies arbóreas nativas plantadas em solo constatou que a paineira foi a espécie que apresentou a maior produção de biomassa seca da parte aérea, raiz e total em todas as doses de fósforo, exceto na dose de 600 mg dm<sup>-3</sup>, enquanto a aroeirinha e o jambolão não diferiam entre si quanto a produção de biomassa em todos os níveis de fertilização fosfatada. Quanto ao crescimento em altura, apenas nas doses de 0 e 150 mg dm<sup>-3</sup> ocorreram diferenças entre as espécies. Na ausência de fósforo a paineira apresentou o menor crescimento. A paineira também apresentou o maior diâmetro do caule em todas as doses do nutriente, enquanto a aroeirinha e o jambolão tiveram comportamentos semelhantes entre si.

Segundo Rajj (1991), a ausência de fósforo nas plantas causa enrugamento (encarquilhamento) nas extremidades das folhas mais velhas e clorose leve. De maneira geral, os sintomas de deficiência de fósforo não são marcantes como os de nitrogênio e potássio.

O potássio não participa de compostos orgânicos, portanto, não desempenha nenhuma função estrutural na planta. Este elemento atua aproximadamente 50 enzimas, destacando-se as sintetases, oxiredutases, desidrogenases, transferases, quinases e aldolases. Em mudas com baixos teores de potássio apresentam como consequência baixo teor protéico, com acúmulo de compostos de baixo peso molecular, isto porque este macronutriente está envolvido na síntese de proteínas (SILVEIRA & MALAVOLTA, 2000). É absorvido na forma K<sup>+</sup> e é altamente móvel em todas as partes da planta, estando presente em maior abundância no citoplasma, tendo papel fundamental na regulação osmótica da célula e na ativação enzimática (MALAVOLTA et al., 1997).

Depois do nitrogênio, o potássio é o nutriente exigido em maior quantidade pelas culturas e seu teor no tecido vegetal para que a planta expresse bom crescimento e produtividade varia de 2% a 5% do peso da biomassa seca (MARSCHNER, 1995). Nas mudas de teca submetidas à ausência de potássio foram observados redução do crescimento, clorose internerval, encarquilhamento e pontos necrosados nas folhas mais velhas, sendo os sintomas já observados no 2º par de folhas, a partir do ápice, e redução da emissão de raízes novas (BARROSO et al., 2005).

Na ausência de cálcio, Barroso et al. (2005) observaram redução drástica do crescimento, clorose internerval, encarquilhamento e necrose das folhas, morte da gema apical, paralisação de emissão de raízes novas e apodrecimento das raízes secundárias. Segundo esses mesmos autores, as mudas sob ausência de magnésio mostraram clorose internerval no segundo par de folhas expandidas, a partir do ápice da muda. Dentre os materiais existentes na literatura, o Manual de Reflorestamento da Teca (CÁCERES FLORESTAL S/A, 1990) informa o valor aproximado da saturação por bases, que deve ser maior que 50%, e chama a atenção para a correta ausência de alumínio tóxico, pois a teca desenvolve-se melhor em solos com pH de 6,5 a 7,5. Nos solos com pH inferior a 6,0 a teca estava totalmente ausente e sua qualidade era inferior em solos muito alcalinos dotados de pH entre 7,5 e 8,5 (KULKARNI, 1951).

A calagem promove a diminuição da acidez dos solos com insolubilização de elementos tóxicos (principalmente Al e Mn), o aumento dos teores de Ca e Mg, o aumento da disponibilidade de P e Mo, a diminuição da disponibilidade dos micronutrientes Cu, Fe, Mn, Zn, efeitos favoráveis na microflora dos solos, favorecimento das propriedades físicas do mesmo e um maior desenvolvimento radicular (RAIJ, 1981). Segundo Takle & Mujundar (1957), citados por Matricardi (1989), diversos estudos identificam a teca como uma espécie calcícola, mostrando que ela necessita de uma quantidade relativamente grande de cálcio para seu crescimento e desenvolvimento.

## 5. MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1. Localização

O ensaio foi instalado e conduzido em estufa plástica, sem controle de temperatura e umidade relativa do ar, na área experimental do Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo, da Faculdade de Ciências Agronômicas - Botucatu-SP (Figura 1), localizada na região centro-sul do Estado de São Paulo, nas coordenadas 22°52'20", latitude S e 48°26'37" longitude W de Greenwich e altitude de 804 m. As mudas de teca utilizadas no ensaio apresentavam 120 dias de idade na época de implantação.



Figura 1. Vista do experimento de teca aos 8 meses de idade.

## 5.2. Descrição de clima e solo

O município de Botucatu tem classificação climática pelo método de Köppen como sendo Cwa, clima temperado quente (mesotérmico), com chuvas no verão e seca no inverno, temperatura média do mês mais quente superior a 23 °C e do mês mais frio inferior a 17°C. O tipo de solo utilizado é classificado como Latossolo Vermelho escuro, textura média, segundo Embrapa (2004). Na retirada do solo foi descartada a camada superficial (0-20 cm), sendo a camada sub-superficial coletada e posteriormente passada em peneira de 2 mm com a finalidade de descarte de torrões, raízes, pedras, etc.

## 5.3. Avaliação da fertilidade do solo antes do plantio das mudas

Foi coletado solo visando sua análise química antes do plantio as mudas nos vasos. Após a coleta, o solo foi levado ao laboratório para ser seco e peneirado (malha 2 mm) para determinação de: pH (CaCl<sub>2</sub>), fósforo disponível, alumínio trocável (Al<sup>+3</sup>), acidez potencial (H<sup>+</sup> Al), potássio, cálcio, magnésio, capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V%), boro, cobre, ferro, manganês e zinco. As análises químicas do solo foram realizadas de acordo com as metodologias descritas por Rajj et al. (2001) e estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Análise química do solo antes da aplicação dos tratamentos.

pH CaCl <sub>2</sub>	M.O. g dm <sup>-3</sup>	P <sub>(resina)</sub> mg dm <sup>-3</sup>	Al <sup>+3</sup> ..... mmolc <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	H + Al	K	Ca ..... mmolc <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Mg	SB	CTC
4,1	19	2	15	64	0,3	1	0	1	66
V %		S	B	Cu	Fe	Mn	Zn		
2		17	0,26	1,0	59	0,3	0,1		

#### 5.4. Instalação dos experimentos e tratos culturais

A espécie utilizada foi a teca (*Tectona grandis* L.f.), um clone fornecido pela empresa Floresteca, com sede situada em Cuiabá-MT. O projeto constou de 4 experimentos, instalados sob delineamento inteiramente casualizado, cada um deles contendo 6 tratamentos e 4 repetições, apresentados a seguir:

➤ **Experimento 1:** “Efeitos de Doses de Nitrogênio”: Os tratamentos testados para N foram: testemunha absoluta (sem adubação e calagem), dose 0 (N natural do solo), dose 1 (N = 40 mg dm<sup>-3</sup>), dose 2 (N = 80 mg dm<sup>-3</sup>), dose 3 (N = 120 mg dm<sup>-3</sup>) e dose 4 (N = 160 mg dm<sup>-3</sup>), sendo que, com exceção da testemunha, todos os tratamentos receberam doses de fósforo (150 mg dm<sup>-3</sup>) e potássio (80 mg dm<sup>-3</sup>), zinco (4,76 mg dm<sup>-3</sup>), boro (5,29 mg dm<sup>-3</sup>) e saturação por bases elevada a 60%.

➤ **Experimento 2:** “Efeitos de Doses de Fósforo”: Os tratamentos testados foram: testemunha absoluta (sem adubação e calagem), dose 0 (P natural do solo), dose 1 (P = 50 mg dm<sup>-3</sup>), dose 2 (P = 100 mg dm<sup>-3</sup>), dose 3 (P = 150 mg dm<sup>-3</sup>) e dose 4 (P = 200 mg dm<sup>-3</sup>), sendo que, com exceção da testemunha, todos os tratamentos receberam doses de nitrogênio (80 mg dm<sup>-3</sup>) e potássio (80 mg dm<sup>-3</sup>), zinco (4,76 mg dm<sup>-3</sup>), boro (5,29 mg dm<sup>-3</sup>) e saturação por bases elevada a 60%.

➤ **Experimento 3:** “Efeitos de Doses de Potássio”: Os tratamentos testados foram: testemunha absoluta (sem adubação e calagem), dose 0 (K natural do solo), dose 1 (K = 40 mg dm<sup>-3</sup>), dose 2 (K = 80 mg dm<sup>-3</sup>), dose 3 (K = 120 mg dm<sup>-3</sup>) e dose 4 (K = 160 mg dm<sup>-3</sup>), sendo que, com exceção da testemunha, todos os tratamentos receberam doses de fósforo (150 mg dm<sup>-3</sup>) e nitrogênio (80 mg dm<sup>-3</sup>), zinco (4,76 mg dm<sup>-3</sup>), boro (5,29 mg dm<sup>-3</sup>) e saturação por bases elevada a 60%.

➤ **Experimento 4:** “Efeitos de Níveis Crescentes de Saturação por Bases”: Os tratamentos testados foram: testemunha absoluta (sem adubação e calagem), dose 0 (saturação por bases natural do solo), dose 1 (V = 20%), dose 2 (V = 40%), dose 3 (V = 60%) e dose 4 (V = 80%), sendo que com exceção da testemunha, todos os tratamentos receberam doses de

nitrogênio ( $80 \text{ mg/dm}^3$ ), fósforo ( $150 \text{ mg/dm}^3$ ) e potássio ( $80 \text{ mg/dm}^3$ ), zinco ( $4,76 \text{ mg dm}^{-3}$ ) e boro ( $5,29 \text{ mg dm}^{-3}$ ).

As fontes de nutrientes utilizadas foram: uréia como fonte de N, superfosfato triplo como fonte de P, cloreto de potássio como fonte de K, ácido bórico como fonte de B, sulfato de zinco como fonte de Z e calcário dolomítico (PRNT = 82%) para V%.

O plantio das mudas foi realizado no dia 05 de novembro de 2008 em vasos de plástico de 60 litros que foram furados no fundo para permitir o escoamento de água em excesso. Os vasos foram devidamente identificados e preenchidos com 50 litros de solo misturados aos respectivos tratamentos em uma betoneira. A irrigação do experimento foi realizada diariamente, de forma a manter a umidade do solo a 80% do ponto de saturação. Durante o ciclo de desenvolvimento da cultura foram realizadas constantes pulverizações com Vertimec 18 CE (avermectinas) para controle de pulgão e ácaro vermelho.

## **5.5. Parâmetros avaliados**

Durante o desenvolvimento dos experimentos foram realizadas as análises quantitativas de crescimento, e, ao final de 8 meses, peso de biomassa seca, quantificação do índice relativo de clorofila, taxa fotossintética e análise química do tecido vegetal. As plantas teca foram avaliadas de seu plantio até seus 8 meses de idade.

### **5.5.1. Análise quantitativa de crescimento**

Foram medidas a altura das plantas, desde o colo até o ápice das plantas, com auxílio de régua graduada, e também o diâmetro do caule das plantas, medidas a 3 cm do solo, utilizando-se de um paquímetro digital STARRET® (0 - 150 mm). As medidas foram realizadas aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após o plantio.

### **5.5.2. Quantificação do IRC, taxa fotossintética e taxa de transpiração**

Antes da coleta das plantas, foi avaliado o Índice Relativo de Clorofila (IRC) e as taxas fotossintética e de transpiração. Todas as plantas foram avaliadas no par de

folhas situados na região central de cada planta, realizando-se três leituras por folha. O IRC foi quantificado com o auxílio do equipamento Clorofilômetro, marca Minolta, modelo SPAD-502. As leituras foram realizadas durante o período da manhã, entre 09h00min e 10h00min. As taxas fotossintética e de transpiração foram determinadas no período das 09h39min às 10h32min em um dia sem nebulosidade com fluxo de fótons, e as plantas fotossinteticamente ativas com um analisador automático portátil com sistema fechado marca Li-Cor, modelo LI-6400XT (IRGA).

### **5.5.3. Biomassa seca das plantas**

Ao final de oito meses de experimento, todas as árvores foram cortadas e suas partes separadas em folhas, caule e raiz, as quais foram lavadas, colocadas para secar em estufa a 65°C com circulação forçada de ar, até a obtenção de peso constante. A partir da biomassa seca das partes da planta, foi calculada a biomassa total.

### **5.5.4. Análise química de tecido vegetal**

Foi realizada, ao término dos experimentos, a moagem das folhas e caules (parte aérea) das mudas de teca, as quais foram encaminhadas ao laboratório para análise nutricional, de acordo com a metodologia de Malavolta et al. (1997). A quantificação dos macro e micronutrientes nas plantas foi calculada pela multiplicação da matéria seca de cada órgão pelos respectivos teores de nutrientes.

## **5.6. Forma de análise dos resultados**

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. Foi adotada como critério na escolha do modelo a interação pelo teste F significativo a 5% e 1%, com auxílio do programa SISVAR 4.2.



## **6. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **6.1. Experimento 1 – Doses de Nitrogênio**

#### **6.1.1. Efeito das doses de nitrogênio no crescimento, no índice relativo de clorofila, taxa fotossintética e taxa de transpiração das plantas de teca**

Na Tabela 2 são apresentados os valores médios mensais de altura das plantas em função dos tratamentos, além da análise de variância dos dados. Verifica-se que aos 30 dias após o plantio das mudas (dap) os valores médios já demonstravam diferença significativa em função das doses de N. A dose  $80 \text{ mg dm}^{-3}$  de N promoveu uma diferença de altura das plantas de 62,8% em relação aos demais tratamentos aos 120 dap; entretanto, essa diferença caiu para apenas 8,3% aos 240 dap. Uma melhor visualização da diferença entre os tratamentos pode ser observada na Figura 2.

A dose estimada de  $107 \text{ mg dm}^{-3}$  de N proporcionou maior altura (101 cm) ao final do experimento com 240 dap (Figura 3). Houve resposta significativa da teca às doses de N em todas as épocas avaliadas, indicando ser um nutriente extremamente importante no início do seu desenvolvimento. Entretanto, o teste de médias indica que os tratamentos

testemunha e doses 0 e 40 mg de N  $\text{dm}^{-3}$  praticamente estabilizaram o seu crescimento após os 150 dap, o que não aconteceu com os demais.

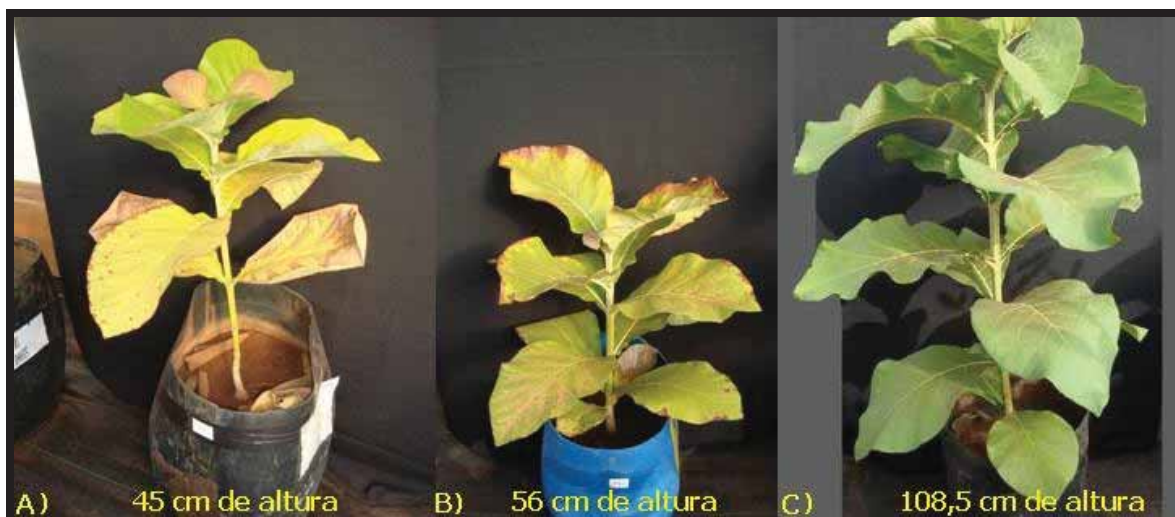


Figura 2. Fotografia dos tratamentos aos 8 meses de idade: Testemunha (A); Adubação sem adição de N (B); N= 80 mg  $\text{dm}^{-3}$  (C).

Esse resultado confirma os obtidos por Barroso et al. (2005), que estudando a deficiência de macronutrientes em mudas de teca, observaram que a omissão de N reduziu o crescimento das mudas. O mesmo também foi observado em mudas de outras espécies florestais, como *Eucalyptus citriodora* (MAFFEIS et al., 2000), *Myracrodruon urundeuva* (MENDONÇA et al., 1999), *Aspidosperma polyneurom* e *Cedrella fissilis* (MUNIZ & SILVA, 1995) e de *Acacia mangium* (DIAS et al., 1994).

A evolução do diâmetro das plantas em função dos tratamentos e da época de medição está apresentada na Tabela 3. Observa-se diferença entre os tratamentos apenas aos 30, 60, 90 e 240 dap. Verifica-se na Figura 4 que aos 30 e 60 dap os máximos valores de diâmetro foram obtidos com as doses estimadas de 100 e 83 mg  $\text{dm}^{-3}$ , segundo as equações ajustadas. A partir dos 90 dap, as maiores doses de N proporcionaram redução dos valores médios, prejudicando o desenvolvimento em diâmetro das plantas. A análise de regressão (Figura 4d) mostra o pouco efeito do N no crescimento em diâmetro das plantas, sendo que aos 240 dap ocorreu uma regressão linear negativa com o aumento das doses de N. O teste de médias indica que começa a ocorrer uma diferença estatística dos tratamentos com N em relação à testemunha absoluta apenas aos 180 dap.

Tabela 2. Altura das plantas de teca durante o experimento até os 8 meses de idade, em função de doses de N.

		Altura das plantas								
Fonte de variação	G.L.	Épocas de avaliação (dias após o plantio - dap)								
		Plantio	30	60	90	120	150	180	210	240
		----- Valor de F -----								
Tratamento	4	1,085 <sup>ns</sup>	3,506*	3,958*	15,710**	22,903**	20,652**	14,567**	12,995**	23,293**
Repetição	3	2,170 <sup>ns</sup>	4,916*	5,580*	0,253 <sup>ns</sup>	0,171 <sup>ns</sup>	0,196 <sup>ns</sup>	0,215 <sup>ns</sup>	0,489 <sup>ns</sup>	0,543 <sup>ns</sup>
CV (%)		6,55	8,07	8,51	15,78	16,48	10,76	13,19	14,51	11,25
Doses de N --- mg dm <sup>-3</sup> ---		----- Altura ----- ----- cm -----								
Testemunha		9,5 a	9,1 b	11,4 ab	15,9 bc	35,8 b	42,1 c	48,6 c	48,6 c	52,6 c
0		9,3 a	9,5 b	11,5 ab	20,3 b	39,5 b	47,5 c	48,5 c	49,5 c	52,8 c
40		10,0 a	10,5 a	11,5 ab	23,0 ab	35,8 b	57,5 bc	64,3 bc	66,8 bc	68,3 b
80		9,5 a	11,3 a	12,8 a	29,0 a	64,3 a	87,8 a	96,3 a	99,5 a	107,8 a
120		9,8 a	10,8 a	12,5 a	16,8 bc	28,5 c	67,5 b	86,8 a	94,3 a	99,5 a
160		9,3 a	9,5 b	10,3 b	12,3 c	25,8 c	55,8 bc	78,8 ab	84,0 b	87,5 ab
Regressão		ns	Q**	Q**	L**, Q**	L**, Q**	L*, Q**	L**, Q**	L**, Q**	L**, Q**

ns = não significativo; \* = significativo a 5%; \*\* = significativo a 1%; L = linear; Q = quadrática.

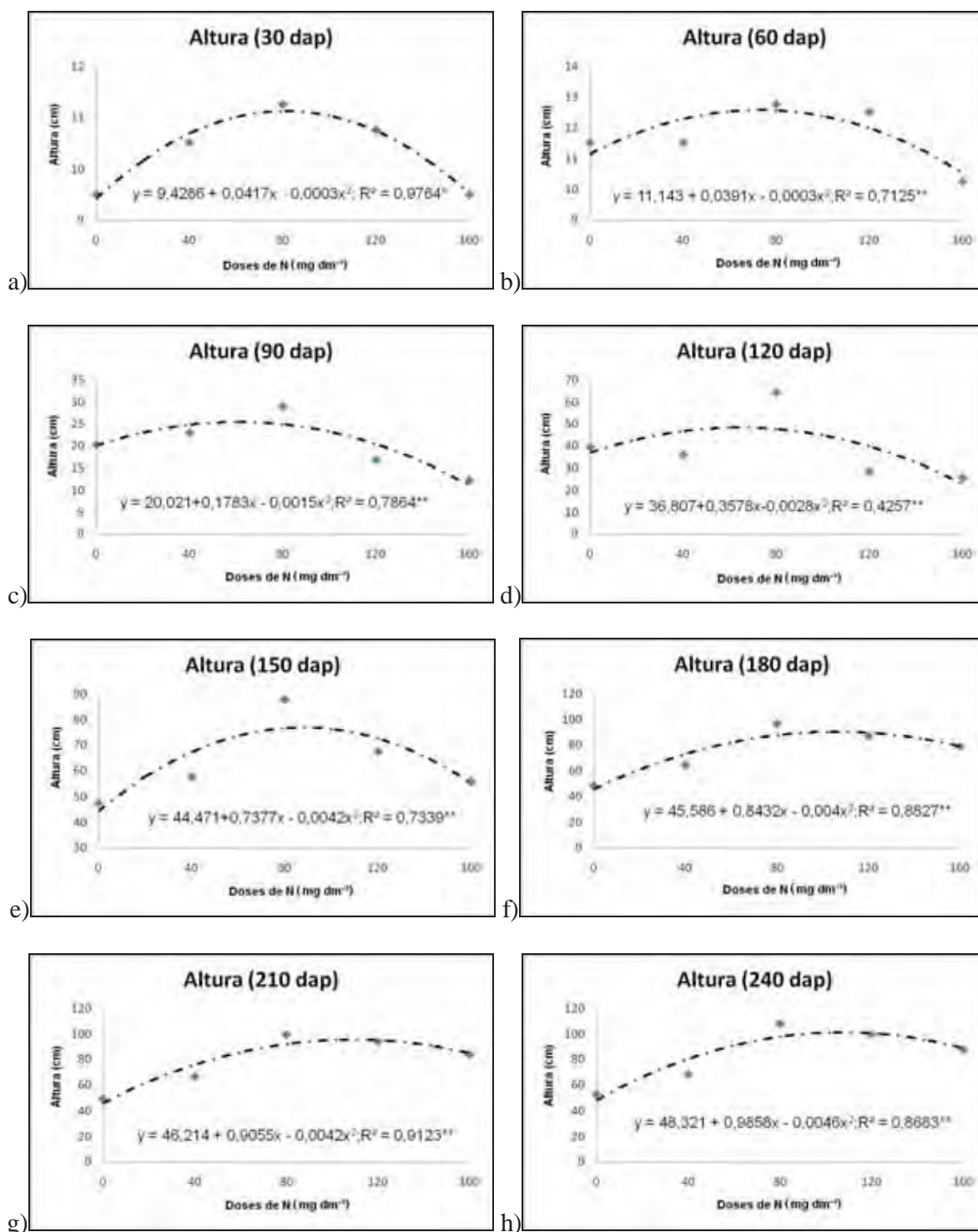


Figura 3. Altura das plantas de teca aos 30 (a), 60 (b), 90 (c), 120 (d), 150 (e), 180 (f), 210 (g), 240 (h) dias após plantio (dap), em função de doses de N.

Tabela 3. Diâmetro das plantas de teca durante o experimento até os 8 meses de idade, em função de doses de N.

Fonte de variação	G.L.	Diâmetro das plantas								
		Épocas de avaliação (dias após o plantio - dap)								
		Plantio	30	60	90	120	150	180	210	240
		----- Valor de F -----								
Tratamento	4	1,351 <sup>ns</sup>	3,413*	3,198**	28,156**	0,305 <sup>ns</sup>	2,117*	2,874 <sup>ns</sup>	3,153 <sup>ns</sup>	10,165**
Repetição	3	0,178 <sup>ns</sup>	1,276 <sup>ns</sup>	1,207 <sup>ns</sup>	2,137 <sup>ns</sup>	0,864 <sup>ns</sup>	0,065 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>	0,387 <sup>ns</sup>	0,267 <sup>ns</sup>
CV (%)		9,37	10,16	11,54	9,11	26,86	20,11	16,48	15,09	9,68
Doses de N --- mg dm <sup>-3</sup> ---		----- Diâmetro -----								
		----- mm -----								
Testemunha		5,27 a	5,60 ab	6,67 b	9,72 b	13,37 c	15,37 b	15,82 c	16,61 b	17,90 c
0		5,05 a	5,24 b	5,90 b	12,44 a	18,02 a	23,95 a	28,95 a	33,72 a	39,58 a
40		5,75 a	6,55 a	7,55 a	12,14 a	15,26 b	24,25 a	28,41 a	30,69 a	36,57 a
80		5,45 a	5,82 a	7,38 a	13,16 a	17,01 a	26,42 a	28,72 a	30,43 a	30,45 b
120		5,63 a	5,86 a	6,71 b	7,86 b	15,81 b	26,94 a	33,33 a	36,30 a	37,78 a
160		5,17 a	5,26 b	6,31 b	7,94 b	15,27 b	18,12 b	22,24 b	25,12 a	27,08 bc
Regressão		ns	Q*	Q**	L**, Q*	ns	Q*	ns	ns	L**

ns = não significativo; \* = significativo a 5%; \*\* = significativo a 1%; L = linear; Q = quadrática.

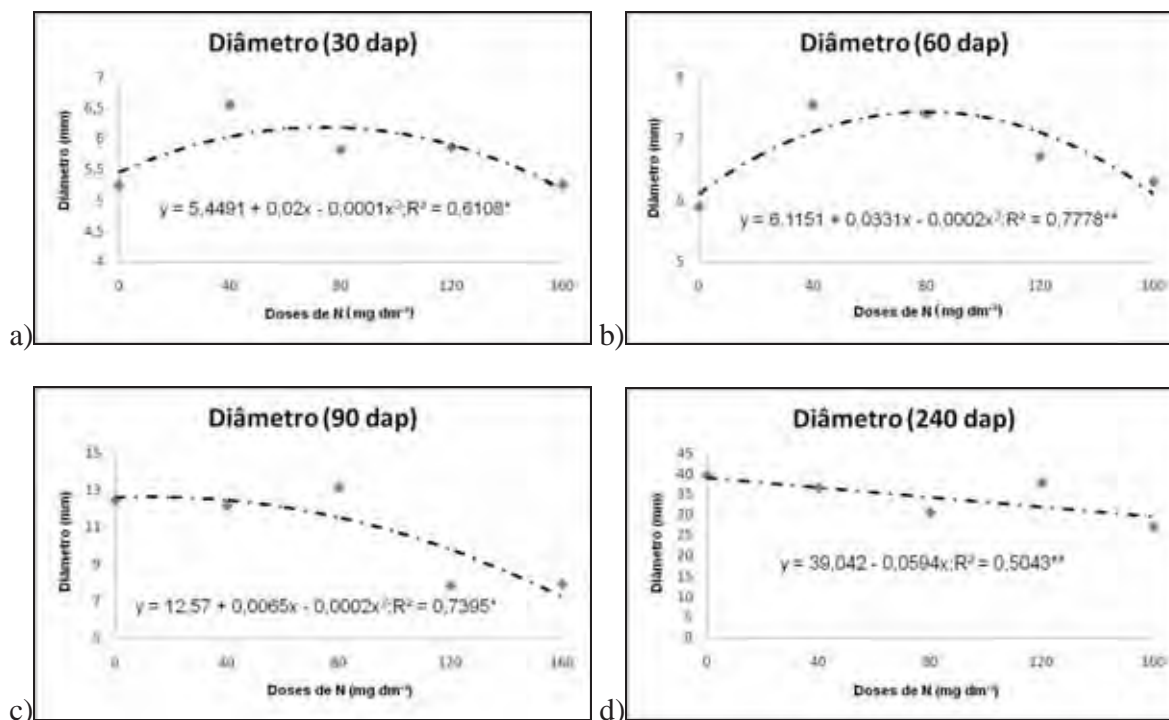


Figura 4. Diâmetro das plantas de teca aos 30 (a), 60 (b), 90 (c), 240 (d) dias após plantio (dap), em função de doses de N.

Na Tabela 4 são apresentados os resultados de índice relativo de clorofila (IRC), taxa fotossintética (TF) e taxa de transpiração (TT) ao final do experimento, em função das doses de N. Houve influência significativa dos tratamentos para estas três variáveis analisadas. O teste de médias confirmou os resultados obtidos com a regressão, para IRC, TF e TT, porém apresenta semelhança em todos os tratamentos que tiveram adição de N.

O IRC ajustou-se de forma quadrática às doses de N, sendo o máximo valor observado com a dose estimada de 134 mg dm<sup>-3</sup> (Figura 5a). Resultados semelhantes também foram encontrados por Ismael (2001) que, trabalhando com níveis de nitrogênio em eucalipto (*Eucalyptus grandis*), obteve acréscimos nos valores de clorofila com os aumentos das doses de N no solo. Prado & Vale (2008) observaram que a aplicação de N teve relação direta com o aumento IRC em porta-exerto de limoeiro cravo (*Citrus limonia*). A carência de N diminui o teor de clorofila na planta, resultando no característico sintoma de clorose generalizada (MALAVOLTA et al., 1997), conforme evidenciado pelos tratamentos que não receberam N (Tabela 4).

Em estudo com mudas de araucária (*Araucária augustifolia*), Simões & Couto (1973) verificaram que a ausência de N limitou o crescimento das plantas, tornou-as cloróticas, reduziu a espessura de parede celular e prejudicou o desenvolvimento radicular das mesmas. Barroso et al. (2005) também constataram redução drástica de crescimento, clorose generalizada, paralisação de emissão de raízes novas e apodrecimento de raízes secundárias de teca, no tratamento com omissão de N em solução nutritiva.

Para a taxa fotossintética também houve resposta quadrática às doses de N, constatando-se que a dose estimada de 121 mg dm<sup>-3</sup> de N proporcionou a máxima taxa estimada, correspondente a 21,5 mol CO<sub>2</sub><sup>-1</sup> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> (Figura 5b). O aumento dessa taxa fotossintética indica um aumento na produção de fotossintetatos e, portanto, maior crescimento das plantas. Segundo França (2003), situações de suprimento inadequado de N podem levar a um decréscimo na atividade fotossintética foliar e diminuição da eficiência de uso da radiação, conforme se pode observar nos tratamentos que não receberam N (Tabela 4).

As taxas de transpiração aumentaram com a aplicação de nitrogênio, mostrando um efeito linear (Figura 5c). Possivelmente com o maior crescimento da planta, proporcionado pelas doses de N, houve também aumento da área foliar e, conseqüentemente, maiores taxas de transpiração.

Tabela 4. Índice relativo de clorofila (IRC), taxa fotossintética (TF) e taxa de transpiração (TT) em plantas de teca aos 8 meses de idade, em função de doses de N.

Fonte de variação	G.L.	IRC	TF	TT
(240 dias após plantio)				
----- Valor de F -----				
Tratamento	4	8,486**	8,733**	6,383*
Repetição	3	0,357 <sup>ns</sup>	0,403 <sup>ns</sup>	0,377 <sup>ns</sup>
CV%		13,22	13,61	7,46
Doses de N		IRC	TF	TT
--- mg dm <sup>-3</sup> ---			μmol.CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	mol.H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>
Testemunha		20,4 c	2,79 c	2,79 b
0		27,2 bc	12,70 b	3,96 ab
40		37,2 b	21,10 a	4,66 a
80		40,2 ab	20,90 a	3,99 ab
120		46,3 a	18,10 ab	4,84 a
160		44,2 a	22,10 a	4,68 a
Regressão		L**,Q*	L**,Q*	L*

ns = não significativo; \* = significativo a 5%; \*\* = significativo a 1%; L = linear; Q = quadrática.

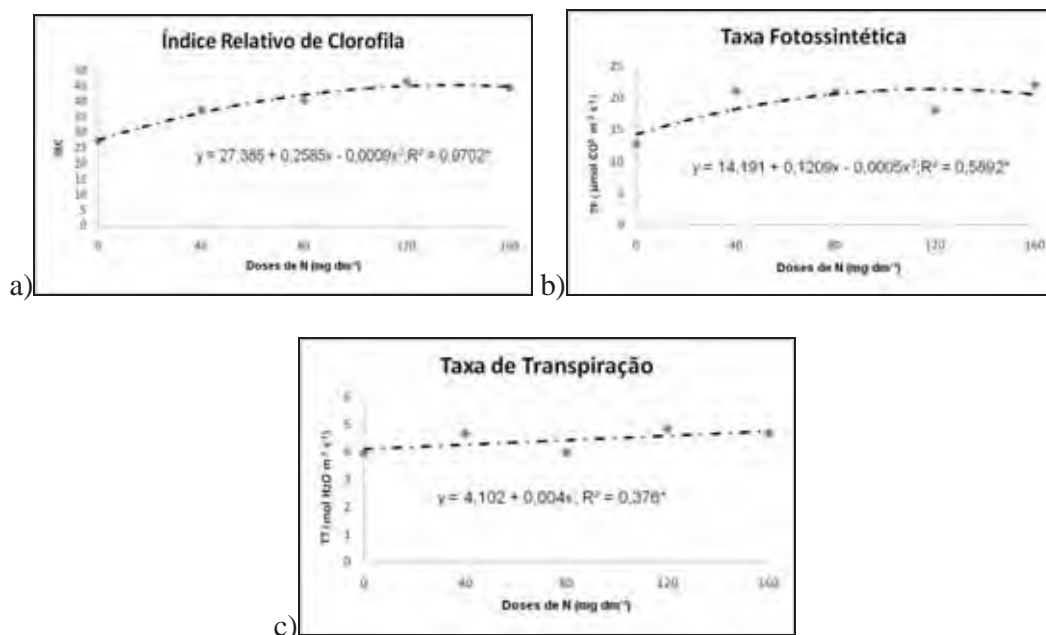


Figura 5. Índice relativo de clorofila (a), taxa fotossintética (b) e taxa de transpiração (c) em função de doses de N com plantas de teca com 8 meses de idade.

### 6.1.2. Efeito das doses de nitrogênio na biomassa seca e nas análises de tecido (folha e caule) das plantas de teca

#### 6.1.2.1. Biomassa seca das plantas de teca

Na Tabela 5 observa-se que houve efeito significativo das doses de N para os valores médios da biomassa seca das plantas, especialmente para folhas, caule e total. O nitrogênio não é o elemento mais importante à formação de raízes, conforme pode ser observado pelo teste de médias. O maior acúmulo de biomassa seca para as folhas, caule, raiz e total, de acordo com as equações ajustadas, foi obtido, respectivamente, com as doses de 109, 99, 72 e 93 mg dm<sup>-3</sup> de N (Figura 6), o que foi confirmado com o teste de médias na Tabela 5. Em termos de comparação, Nicoloso et al. (2001) constataram que a máxima eficiência técnica da adubação nitrogenada na produção de biomassa de plantas de grápia (*Apuleia leiocarpa*) foi de 70 mg dm<sup>-3</sup> de N.



Tabela 5. Biomassa seca das plantas de teca com 8 meses de idade, em função de doses de N.

Biomassa das plantas					
Fonte de variação	G.L.	Biomassa seca (240 dap)			
		Folha	Caule	Raiz	Total
----- Valor de F -----					
Tratamento	4	33,466**	16,900**	6,087**	23,761**
Repetição	3	0,141 <sup>ns</sup>	1,332 <sup>ns</sup>	0,551 <sup>ns</sup>	0,859 <sup>ns</sup>
CV%		9,40	17,40	11,61	7,76
----- g. planta <sup>-1</sup> -----					
Doses de N --- mg dm <sup>-3</sup> ---					
Testemunha		26,47 c	26,68 c	59,28 c	112,40 c
0		63,73 bc	43,44 b	233,91 ab	341,08 bc
40		98,49 b	104,40 a	289,01 a	491,90 b
80		139,70 a	144,58 a	306,40 a	590,65 a
120		127,63 a	111,43 a	220,65 b	459,70 b
160		121,11 ab	109,31 a	243,37 ab	473,79 b
Regressão		L**,Q**	L**,Q**	Q*	L**,Q**

ns = não significativo; \* = significativo a 5%; \*\* = significativo a 1%; L = linear; Q = quadrática.

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 pela redução de crescimento e decréscimo da biomassa seca das plantas, uma vez que, segundo Rajj (1991), a demanda por este elemento é grande durante o crescimento e desenvolvimento das plantas, pois é o nutriente mineral exigido em maior quantidade pelas culturas. Em trabalhos com outras espécies, Dias et al. (1994) observaram redução da biomassa seca da parte aérea em mudas de acácia (*Acacia mangium*), em virtude da omissão de macronutrientes, sendo que a ausência de N resultou no menor acúmulo de biomassa seca. Já para Maffei et al. (2000), a ausência de N e B foram as que mais comprometeram a produção de folhas de *Corymbia citriodora*, durante os seis primeiros meses após o plantio das mudas em solução nutritiva.

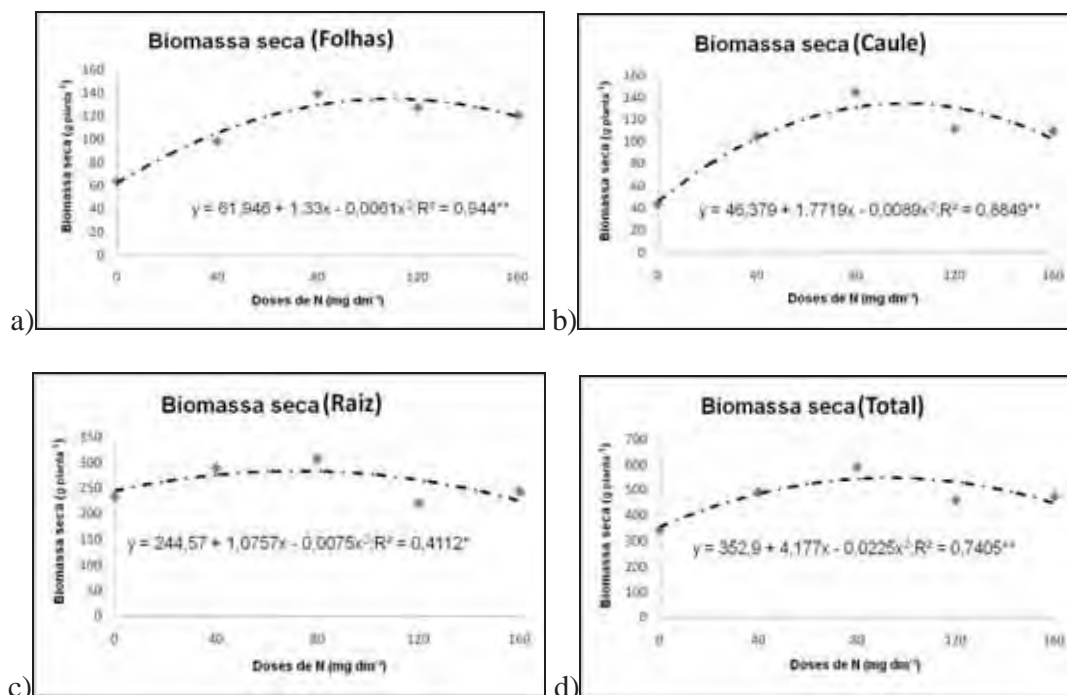


Figura 6. Biomassa seca folhas (a), do caule (b), da raiz (c) e total (d) de plantas de teca com 8 meses de idade, em função de doses de N.

### 6.1.2.2. Teores e quantidades de macro e micronutrientes

Nas Tabelas 6 e 7 e Figura 7 são apresentadas a análise de variância e média dos resultados de teores e quantidades de nutrientes acumulados nas folhas das plantas de teca. Verifica-se que as doses de N influenciaram significativamente nos teores foliares de N (linear), K (quadrático), Mg (linear), S (linear), B (quadrática), Cu (quadrática) e Zn (linear), com correlações altamente positivas para N, Mg, S e Zn e negativa para B. A redução nos teores de B, provavelmente, é devido ao efeito de diluição, uma vez que a absorção desse elemento aumentou com as doses de N (Tabela 7).

Para os teores de K e Cu os tratamentos que não receberam N e que receberam 160 mg dm<sup>-3</sup> proporcionaram os maiores valores, o que pode ser explicado pelo efeito de concentração visto que nestes tratamentos houve menor crescimento das plantas. Barroso et al. (2005), estudando a deficiência de macronutrientes em mudas de teca, observaram que a omissão de N resultou na redução no teor de Ca e aumento nos teores de Fe, Zn e Cu da parte aérea das mudas.

As doses de N também influenciaram significativamente as quantidades acumuladas de nutrientes nas folhas. Para P, K, Mg, Cu e Mn houve efeito linear, com maior acúmulo na maior dose aplicada ( $160 \text{ mg dm}^{-3}$ ). Na fase inicial do crescimento, há grande influência do N na absorção de P e, em muitos casos, segundo Malavolta et al. (1997) até 65% deste elemento é absorvido neste período, embora esse fato não tenha sido tão evidente neste experimento. Já para N, Ca e Fe o efeito foi quadrático, com as maiores quantidades absorvidas nas doses estimadas de, respectivamente, 133, 133 e  $116 \text{ mg dm}^{-3}$  de N. As quantidades de S e Zn ajustaram-se de forma quadrática às doses de N (Figura 7cd). Em relação ao teste de médias, observa-se na Tabela 6 que os macronutrientes foram favorecidos em sua absorção quando os tratamentos apresentavam dose maior que  $40 \text{ g dm}^{-3}$  de N.

Os teores e as quantidades acumuladas dos nutrientes obtidos no caule de plantas de teca estão apresentados nas Tabelas 8 e 9 e Figura 8. As doses de N influenciaram significativamente e de forma linear positiva nos teores de N, Fe e Zn (Figura 8ab), confirmando a teoria de que o nitrogênio aumenta a utilização e a absorção de micronutrientes. Já para as quantidades dos nutrientes obtidos na análise química no caule de mudas de teca, as doses de N influenciaram significativamente e de forma quadrática a absorção de N, P, Ca, S, B, Cu, Mn e Zn e de forma linear a absorção de Fe, com correlações positivas para todos os macro e micronutrientes, com exceção do K e Mg (Figura 8cd).

Tabela 6. Análise química (macronutrientes) das folhas de teca aos 8 meses de idade, em função de doses de N.

Análise das folhas (macronutrientes)													
Fonte de variação	G.L.	N		P		K		Ca		Mg		S	
		(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)
----- Valor de F -----													
Tratamento	4	5,932**	23,307**	1,721 <sup>ns</sup>	7,478**	7,941**	3,558*	0,054 <sup>ns</sup>	3,688*	11,680**	15,001**	4,200*	33,772**
Repetição	3	0,940 <sup>ns</sup>	0,857 <sup>ns</sup>	1,470 <sup>ns</sup>	1,404 <sup>ns</sup>	4,787*	3,055 <sup>ns</sup>	1,049 <sup>ns</sup>	0,792 <sup>ns</sup>	1,113 <sup>ns</sup>	0,968 <sup>ns</sup>	1,778 <sup>ns</sup>	0,971 <sup>ns</sup>
CV%		14,46	15,27	21,43	23,82	17,21	23,26	21,15	27,40	20,15	24,72	5,78	10,16
Doses N --- mg dm <sup>-3</sup> ---		Teores e quantidades de macronutrientes											
		g kg <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>
Testemunha		12 b	0,31 c	1,25 a	0,03 c	2 c	0,05 c	9 a	0,24 c	4,08 a	0,10 bc	1,00 b	0,03 c
0		13 b	0,87 b	1,45 a	0,10 b	12 a	0,76 b	19 a	1,24 b	1,28 c	0,08 c	1,00 b	0,07 b
40		17 ab	1,65 ab	1,25 a	0,12 b	7 b	0,73 b	19 a	1,96 ab	1,95 bc	0,20 b	1,00 b	0,10 ab
80		17 ab	2,24 a	1,28 a	0,18 ab	7 b	1,00 ab	19 a	2,66 a	2,15 bc	0,30 ab	1,05 b	0,14 a
120		21 a	2,70 a	1,70 a	0,23 a	7 b	0,94 ab	19 a	2,47 a	2,63 ab	0,34 ab	1,13 a	0,15 a
160		20 a	2,40 a	1,53 a	0,18 ab	10 ab	1,23 a	18 a	2,20 ab	3,38 a	0,41 a	1,13 a	0,13 a
Regressão		L**	L**,Q**	ns	L**	Q**	L**	ns	L**,Q*	L**	L**	L**	L**,Q**

ns = não significativo; \* = significativo a 5%; \*\* = significativo a 1%; L = linear; Q = quadrática.

Tabela 7. Análise química (micronutrientes) das folhas de teca aos 8 meses de idade, em função de doses de N.

Análise das folhas (micronutrientes)											
Fonte de variação	G.L	B		Cu		Fe		Mn		Zn	
		(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)
----- Valor de F -----											
Tratamento	4	28,179**	1,803 <sup>ns</sup>	8,330**	14,794**	3,368*	15,538**	0,667 <sup>ns</sup>	3,913*	3,338*	31,380**
Repetição	3	1,125 <sup>ns</sup>	0,593 <sup>ns</sup>	7,030**	8,607**	0,231 <sup>ns</sup>	0,084 <sup>ns</sup>	0,605 <sup>ns</sup>	0,498 <sup>ns</sup>	0,589 <sup>ns</sup>	1,209 <sup>ns</sup>
CV%		18,14	27,12	17,53	18,87	17,81	16,45	28,39	29,22	12,97	12,05
----- Teores e quantidades de micronutrientes -----											
Doses N --- mg dm <sup>-3</sup> ---		mg kg <sup>-1</sup>	mg planta <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg planta <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg planta <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg planta <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg planta <sup>-1</sup>
Testemunha		50 b	1,35 c	10 a	0,27 c	695 a	19,49 c	310 a	8,02 b	19 a	0,49 c
0		159 a	10,27 a	8 ab	0,53 c	650 a	41,81 b	126 b	8,15 b	10 c	0,62 bc
40		80 ab	8,04 ab	7 b	0,71 b	419 b	41,85 b	103 c	9,95 b	10 c	0,96 b
80		76 ab	10,54 a	7 b	1,00 ab	642 a	87,99 a	124 b	16,90 a	10 c	1,40 a
120		59 b	7,61 b	6 b	0,78 b	558 ab	72,51 a	100 c	13,03 ab	12 b	1,63 a
160		59 b	7,09 b	11 a	1,36 a	587 ab	70,06 a	128 b	15,51 a	13 b	1,38 a
Regressão		L**,Q**	ns	L*, Q**	L**	ns	L**,Q**	ns	L*	L**	L**,Q**

ns = não significativo; \* = significativo a 5%; \*\* = significativo a 1%; L = linear; Q = quadrática.

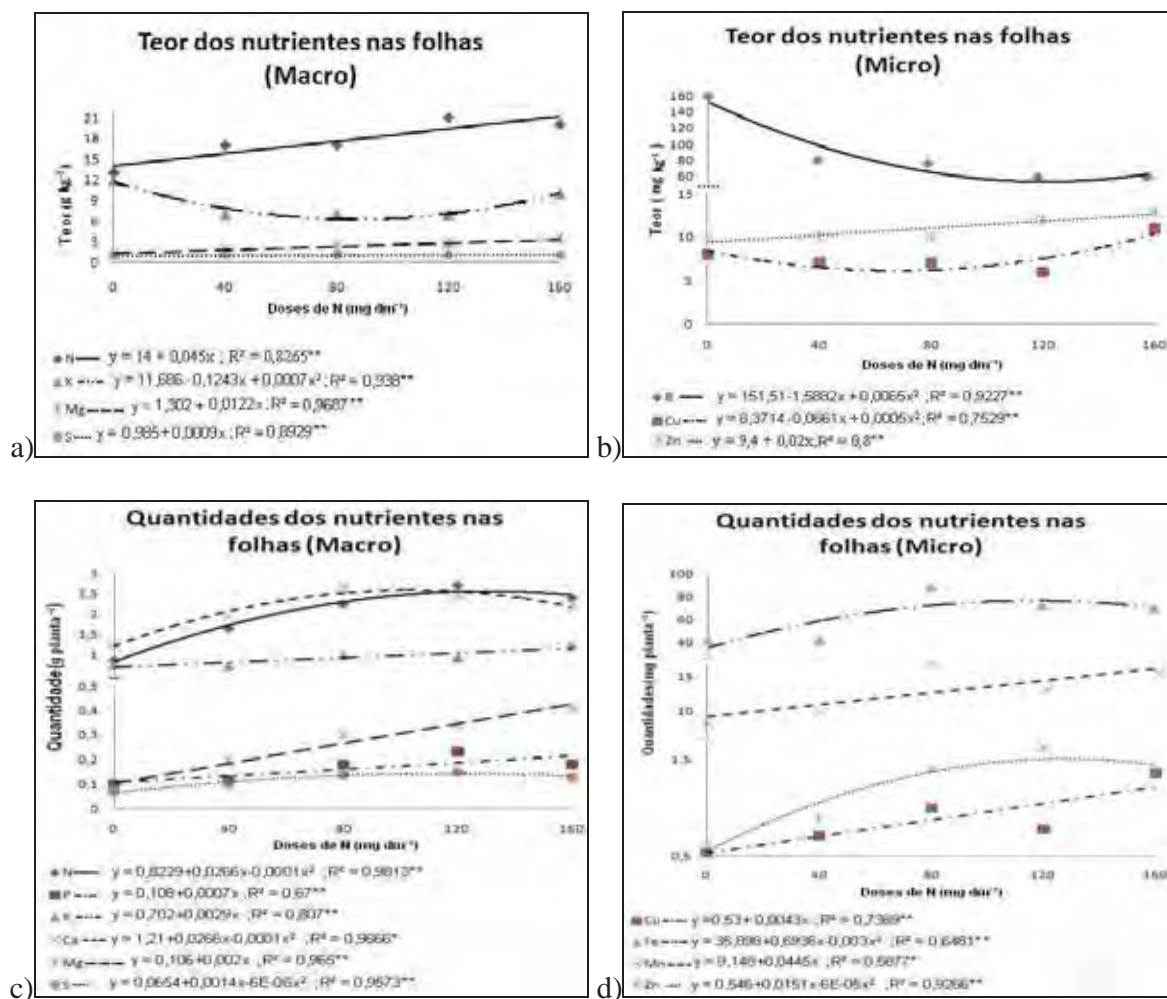


Figura 7. Teores de macro (a) e micronutrientes (b) e quantidades de macro (c) e micronutrientes (d) nas folhas de teca aos 8 meses de idade, em função de doses de N.

Tabela 8. Análise química (macronutrientes) do caule de teca aos 8 meses de idade, em função de doses de N.

		Análise do caule (macronutrientes)											
Fonte de variação	G.L.	N		P		K		Ca		Mg		S	
		(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)
----- Valor de F -----													
Tratamento	4	3,280*	9,226**	0,949 <sup>ns</sup>	5,627**	2,232 <sup>ns</sup>	2,074 <sup>ns</sup>	0,686 <sup>ns</sup>	4,776*	2,045 <sup>ns</sup>	1,511 <sup>ns</sup>	0,594 <sup>ns</sup>	10,428**
Repetição	3	0,373 <sup>ns</sup>	0,416 <sup>ns</sup>	0,278 <sup>ns</sup>	0,084 <sup>ns</sup>	0,567 <sup>ns</sup>	0,270 <sup>ns</sup>	0,420 <sup>ns</sup>	0,059 <sup>ns</sup>	0,424 <sup>ns</sup>	0,554 <sup>ns</sup>	0,973 <sup>ns</sup>	0,219 <sup>ns</sup>
CV%		27,72	30,28	30,94	32,40	33,76	41,47	26,68	31,95	53,06	34,42	13,07	21,72
Doses N		Teores e quantidades de macronutrientes											
--- mg dm <sup>-3</sup> ---		g kg <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>
Testemunha		5 ab	0,12 b	0,69 a	0,02 b	2 b	0,05 c	10 b	0,27 c	2,83 ab	0,07 b	0,96 a	0,03 c
0		4 b	0,16 b	0,60 a	0,03 b	9 a	0,38 b	17 a	0,71 b	5,05 a	0,21 a	1,03 a	0,05 c
40		5 ab	0,51 ab	0,60 a	0,06 ab	5 ab	0,54 a	15 a	1,51 ab	2,20 b	0,23 a	0,90 a	0,10 b
80		5 ab	0,79 a	0,65 a	0,09 a	5 ab	0,81 a	14 ab	2,14 a	2,28 b	0,34 a	0,95 a	0,14 a
120		8 a	0,83 a	0,83 a	0,09 a	6 ab	0,66 a	12 b	1,38 ab	2,80 ab	0,32 a	0,98 a	0,11 b
160		6 ab	0,67 a	0,78 a	0,08 a	8 a	0,83 a	16 a	1,69 ab	2,98 ab	0,32 a	0,93 a	0,10 b
Regressão		L*	L**,Q**	ns	L**,Q*	ns	ns	ns	L*,Q*	ns	ns	ns	L**,Q**

ns = não significativo; \* = significativo a 5%; \*\* = significativo a 1%; L = linear; Q = quadrática.

Tabela 9. Análise química (micronutrientes) do caule de teca aos 8 meses de idade, em função de doses de N.

		Análise do caule (micronutrientes)									
Fonte de variação	G.L.	B		Cu		Fe		Mn		Zn	
		(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)
		----- Valor de F -----									
Tratamento	4	1,191 <sup>ns</sup>	10,972 <sup>**</sup>	1,126 <sup>ns</sup>	4,804 <sup>*</sup>	4,393 <sup>*</sup>	3,821 <sup>*</sup>	1,575 <sup>ns</sup>	3,788 <sup>*</sup>	3,325 <sup>*</sup>	10,756 <sup>**</sup>
Repetição	3	1,689 <sup>ns</sup>	0,457 <sup>ns</sup>	0,809 <sup>ns</sup>	0,173 <sup>ns</sup>	0,730 <sup>ns</sup>	0,399 <sup>ns</sup>	0,931 <sup>ns</sup>	0,692 <sup>ns</sup>	0,387 <sup>ns</sup>	0,352 <sup>ns</sup>
CV%		12,18	22,57	26,38	31,64	51,83	65,61	42,95	50,37	24,98	27,65
Doses N --- mg dm <sup>-3</sup> ---		Teores e quantidades de micronutrientes									
		mg kg <sup>-1</sup>	mg planta <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg planta <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg planta <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg planta <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg planta <sup>-1</sup>
Testemunha		54 a	1,38 b	11 a	0,28 b	224 a	5,60 b	77 a	1,87 b	33 a	0,84 b
0		54 a	2,23 b	9 a	0,37 b	90 b	3,86 b	26 b	1,15 b	10 c	0,43 b
40		49 a	5,00 ab	7 a	0,71 ab	100 b	9,71 ab	19 b	1,92 ab	10 c	1,03 ab
80		52 a	7,76 a	7 a	1,04 a	131 ab	21,15 ab	27 b	3,80 a	13 b	1,82 a
120		53 a	5,90 a	8 a	0,87 ab	163 ab	18,17 ab	16 b	1,73 ab	16 b	1,80 a
160		59 a	6,36 a	6 a	0,65 ab	300 a	32,25 a	16 b	1,72 ab	16 b	1,72 a
Regressão		ns	L**,Q**	ns	Q**	L**	L**	ns	Q*	L**	L**,Q**

ns = não significativo; \* = significativo a 5%; \*\* = significativo a 1%; L = linear; Q = quadrática.



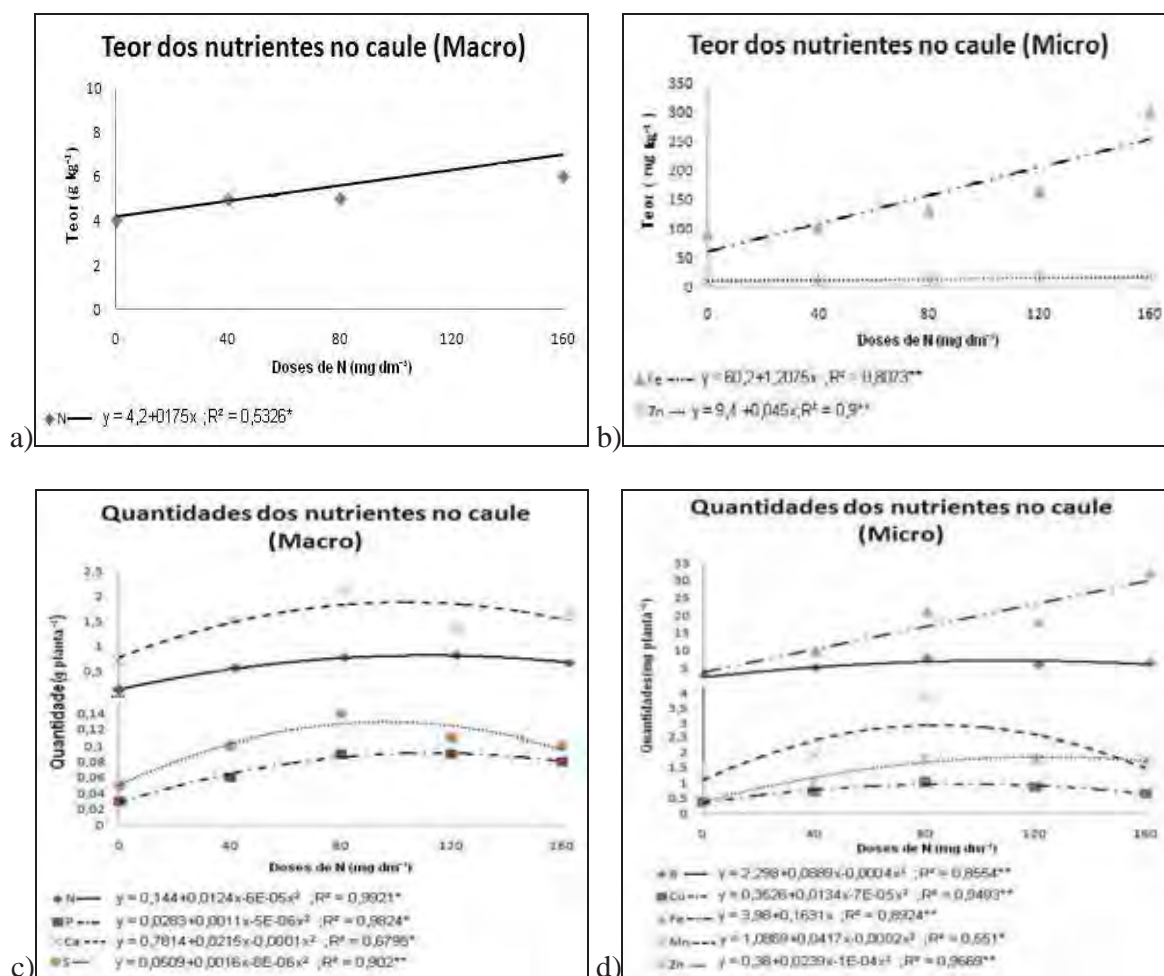


Figura 8. Teores de macro (a) e micronutrientes (b) e quantidades de macro (c) e micronutrientes (d) no caule de teca aos 8 meses de idade, em função de doses de N.

A quantidade total de nutrientes absorvida pela parte aérea da teca está apresentada na Tabela 10 e Figura 9. Observa-se que as doses de N aumentaram significativamente as quantidades absorvidas de N, P, S e Zn de forma quadrática. Essa melhor absorção de S é explicada devido à conhecida interação positiva entre N x S, uma vez que a maior disponibilidade de N contribui para elevar o elemento S na parte aérea das plantas (FERREIRA, 1986).

Tabela 10. Absorção de macro e micronutrientes pela parte aérea de teca aos 8 meses de idade, em função das doses de N.

Fonte		Análise da parte aérea (Nutrientes)										
Variação	G.L.	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
		Valor de F										
Trat.	4	6,076**	5,224*	2,085 <sup>ns</sup>	2,749 <sup>ns</sup>	2,044 <sup>ns</sup>	4,553*	1,185 <sup>ns</sup>	1,642 <sup>ns</sup>	2,846 <sup>ns</sup>	2,307 <sup>ns</sup>	6,494**
Rep.	3	0,450 <sup>ns</sup>	1,108 <sup>ns</sup>	1,085 <sup>ns</sup>	1,002 <sup>ns</sup>	0,503 <sup>ns</sup>	0,421 <sup>ns</sup>	0,731 <sup>ns</sup>	0,062 <sup>ns</sup>	0,161 <sup>ns</sup>	1,352 <sup>ns</sup>	0,544 <sup>ns</sup>
CV%		32,41	32,56	23,28	34,80	43,78	29,84	23,27	40,96	40,28	33,00	31,80
Doses N		Quantidades de Nutrientes										
--- mg dm <sup>-3</sup> ---		g planta <sup>-1</sup>					mg planta <sup>-1</sup>					
Testemunha		0,31 b	0,03 b	0,05 a	0,24 a	0,10 a	0,03 b	1,35 a	0,27 a	19,49 c	8,02 b	0,49 b
0		0,93 b	0,11 b	1,03 a	1,78 a	0,27 a	0,10 b	11,37 a	0,82 a	40,85 b	8,37 b	0,95 b
40		2,21 ab	0,19 ab	1,24 a	3,54 a	0,42 a	0,19 ab	13,29 a	1,42 a	54,46 ab	13,37 ab	1,94 ab
80		2,68 a	0,23 ab	1,39 a	4,13 a	0,55 a	0,24 a	14,69 a	1,75 a	99,57 a	17,68 a	2,75 a
120		3,56 a	0,32 a	1,64 a	3,90 a	0,67 a	0,26 a	13,74 a	1,67 a	91,46 a	14,72 a	3,45 a
160		2,53 ab	0,22 ab	1,39 a	2,96 a	0,54 a	0,19 ab	11,12 a	1,34 a	77,21 a	13,13 ab	2,43 ab
Regressão		Q**	Q*	ns	ns	ns	L**,Q*	ns	ns	ns	ns	Q**

ns = não significativo; \* = significativo a 5%; \*\* = significativo a 1%; L = linear; Q = quadrática.

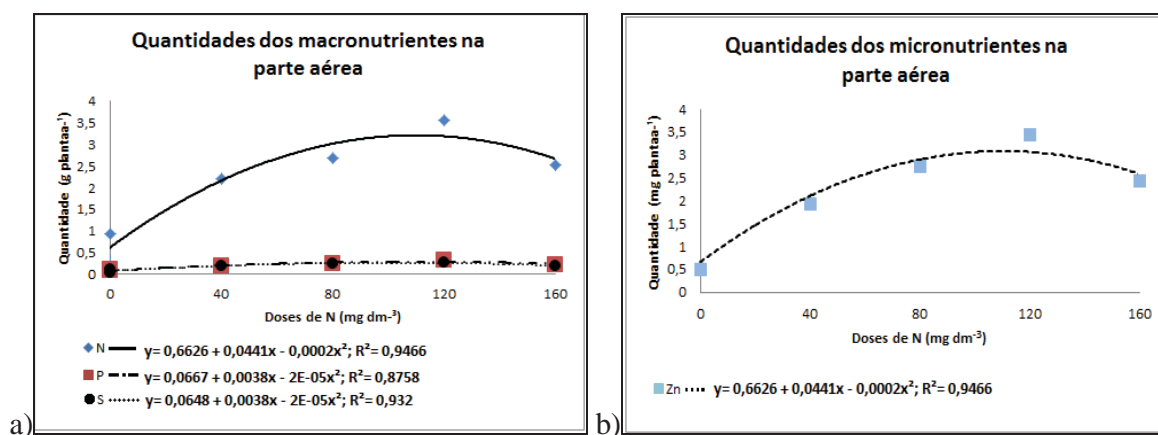


Figura 9. Quantidades dos macronutrientes (a) e micronutrientes (b) absorvidos pela parte aérea de teca aos 8 meses de idade, em função das doses de N.

## 6.2. Experimento 2 – Doses de Fósforo

### 6.2.1. Efeito das doses de fósforo no crescimento, no índice relativo de clorofila, taxa fotossintética e taxa de transpiração das plantas de teca

Na Tabela 11 observa-se a análise de variância e os valores médios da altura das plantas em função da aplicação das doses de P. Houve influência significativa dos tratamentos aos 60, 90, 150, 180, 210 e 240 dap. Até os 120 dap o efeito foi linear (Figura 11), sendo que nas demais épocas avaliadas houve efeito quadrático, verificando-se que aos 240 dap a altura máxima estimada de 116 cm foi obtida com a dose de 175 mg dm<sup>-3</sup> de P. Entretanto, o teste de médias indica que todos os tratamentos com adição de P foram semelhantes estatisticamente aos 240 dap, sendo superior apenas em relação à testemunha absoluta. A dose de 200 mg dm<sup>-3</sup> de P promoveu uma diferença de altura das plantas de 67,5% em relação aos demais tratamentos aos 120 dap, sendo que essa diferença caiu para apenas 16,8% aos 240 dap (Figura 10c).

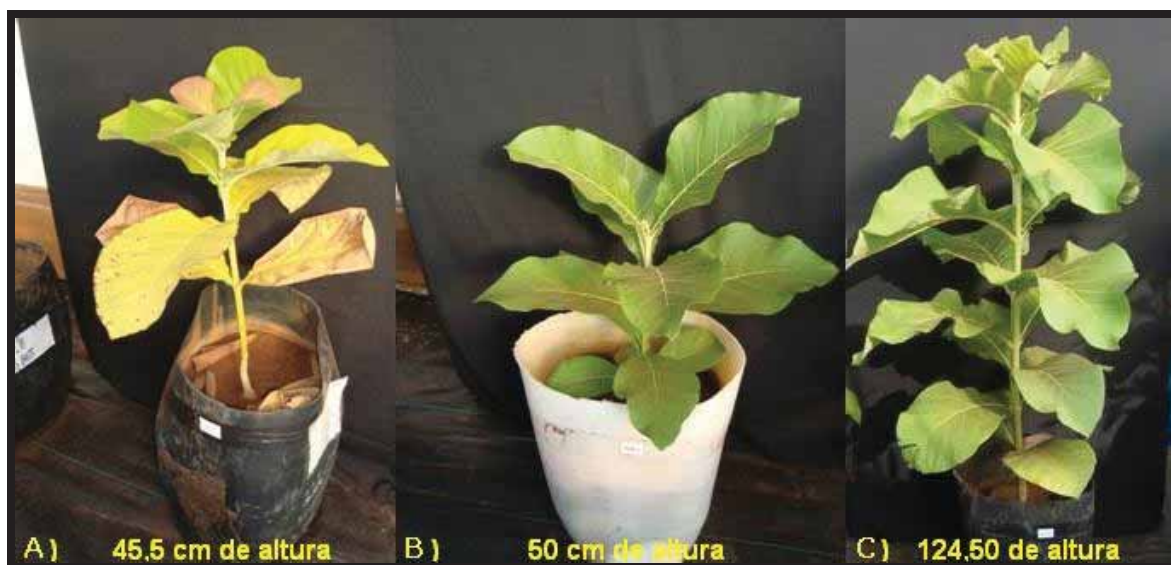


Figura 10. Fotografia dos tratamentos aos 8 meses de idade: Testemunha (A); Adubação sem adição de P (B); P= 200 mg dm<sup>-3</sup> (C).

Verifica-se na Tabela 12 que para diâmetro do caule houve efeito significativo das doses de P a partir dos 90 dap, onde houve efeito linear crescente (Figura 12). Aos 120, 150, 180 e 210 dap houve efeito quadrático com as doses estimadas, respectivamente, de 162, 137, 154 e 160 mg dm<sup>-3</sup> de P proporcionando os maiores resultados.

Tabela 11. Altura das plantas de teca durante o experimento até os 8 meses de idade, em função de doses de P.

		Altura das plantas								
Fonte de variação	G.L.	Épocas de avaliação (dias após o plantio - dap)								
		Plantio	30	60	90	120	150	180	210	240
		----- Valor de F -----								
Tratamento	4	0,117 <sup>ns</sup>	3,649 <sup>ns</sup>	6,672**	25,301**	17,990**	54,346**	33,078**	18,838**	24,100**
Repetição	3	0,286 <sup>ns</sup>	1,946 <sup>ns</sup>	4,259*	0,162 <sup>ns</sup>	1,782 <sup>ns</sup>	1,880 <sup>ns</sup>	2,7129 <sup>ns</sup>	1,913 <sup>ns</sup>	2,580 <sup>ns</sup>
CV (%)		9,05	7,85	11,06	21,24	22,21	11,05	12,59	15,99	13,75
Doses de P --- mg dm <sup>-3</sup> ---		----- Altura ----- ----- cm -----								
Testemunha		9,5 a	9,1 a	11,4 b	15,9 b	35,8 b	42,1 bc	48,6 bc	48,6 ab	52,6 ab
0		8,8 a	9,8 a	10,3 b	11,5 b	14,3 c	24,0 c	34,5 c	38,5 b	40,5 b
50		9,0 a	9,8 a	10,5 b	10,5 b	36,0 b	86,8 ab	96,3 ab	104,0 a	106,8 a
100		9,0 a	11,3 a	14,3 a	15,5 b	33,5 b	79,0 b	92,8 b	94,0 a	99,0 a
150		8,8 a	9,3 a	11,0 b	16,8 b	31,0 bc	75,8 b	87,0 b	90,8 a	98,3 a
200		8,8 a	10,0 a	12,5 ab	33,8 a	60,3 a	104,8 a	118,5 a	122,0 a	124,8 a
Regressão		ns	ns	L*	L**	L**	L**, Q**	L**, Q**	L**, Q*	L**, Q**

ns = não significativo; \* = significativo a 5%; \*\* = significativo a 1%; L = linear; Q = quadrática.

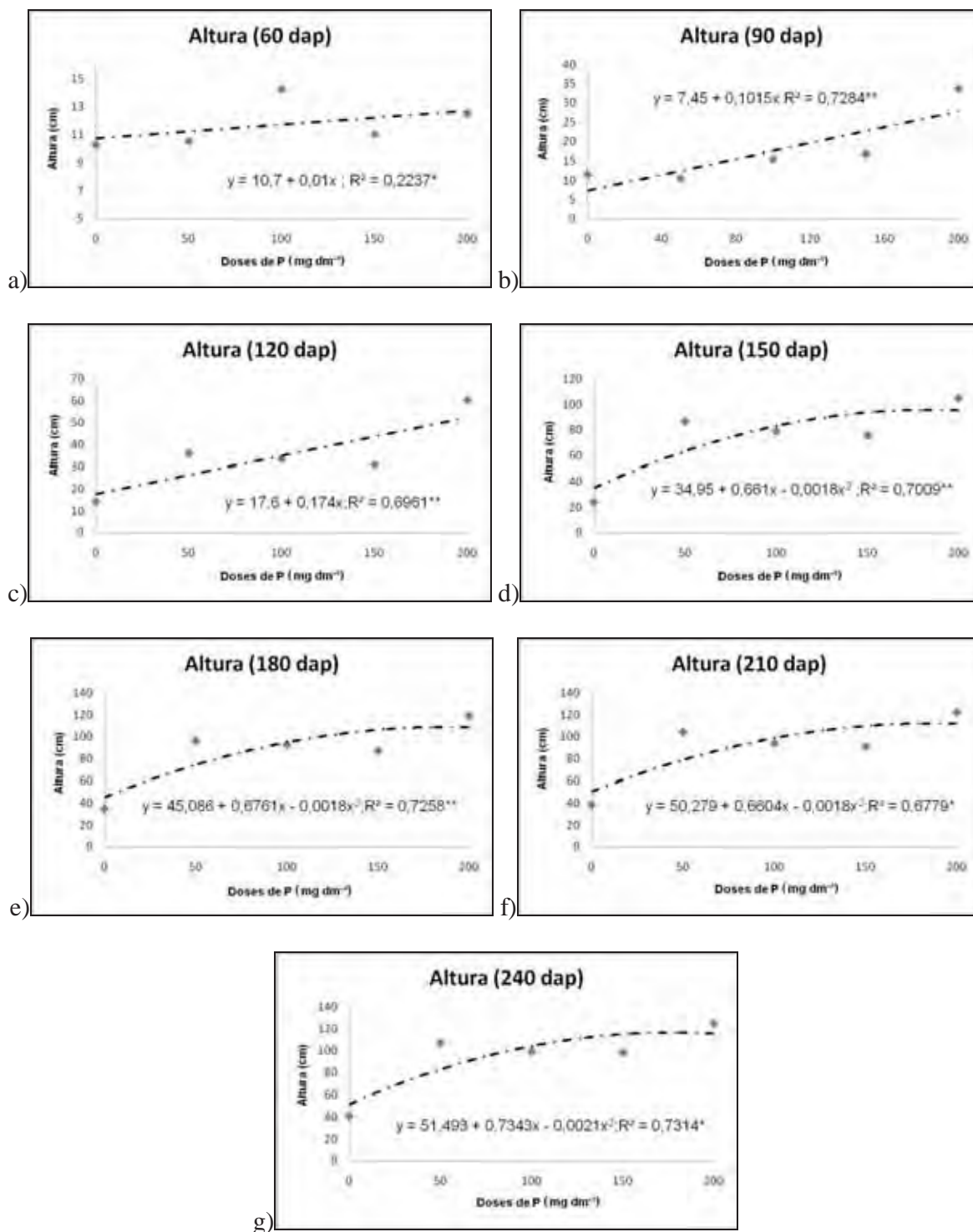


Figura 11. Altura das plantas de teca aos 60 (a), 90 (b), 120 (c), 150 (d), 180 (e), 210 (f), 240 (g) dias após plantio (dap), em função de doses de P.

Tabela 12. Diâmetro das plantas de teca durante o experimento até os 8 meses de idade, em função de doses de P.

		Diâmetro das plantas								
Fonte de variação	G.L.	Épocas de avaliação (dias após o plantio - dap)								
		Plantio	30	60	90	120	150	180	210	240
		----- Valor de F -----								
Tratamento	4	4,720 <sup>ns</sup>	3,736 <sup>ns</sup>	1,069 <sup>ns</sup>	4,468*	11,107**	15,926**	21,363**	22,62**	48,916**
Repetição	3	0,576 <sup>ns</sup>	0,560 <sup>ns</sup>	0,329 <sup>ns</sup>	0,377 <sup>ns</sup>	0,438 <sup>ns</sup>	0,796 <sup>ns</sup>	0,544 <sup>ns</sup>	1,779 <sup>ns</sup>	3,015 <sup>ns</sup>
CV (%)		12,01	15,21	23,38	27,19	19,82	18,20	13,25	11,38	9,61
Doses de P --- mg dm <sup>-3</sup> ---		Diâmetro								
		----- mm -----								
Testemunha		5,27 a	5,60 a	6,67 a	9,72 ab	13,37 ab	15,37 ab	15,82 ab	16,61 b	17,90 bc
0		4,94 a	5,41 a	5,90 a	6,19 b	6,60 b	8,45 b	12,64 b	16,12 b	16,02 c
50		4,99 a	5,20 a	6,16 a	7,24 ab	12,15 ab	21,64 a	28,68 a	30,47 a	32,20 b
100		6,36 a	7,14 a	8,00 a	12,03 a	16,76 a	26,67 a	28,77 a	33,00 a	35,27 b
150		4,93 a	5,21 a	6,87 a	10,30 ab	16,31 a	28,02 a	32,29 a	33,41 a	32,40 b
200		4,65 a	5,36 a	6,94 a	12,21 a	17,61 a	26,39 a	32,81 a	37,10 a	46,52 a
Regressão		ns	ns	ns	L**	L**, Q*	L**, Q**	L**, Q**	L**, Q**	L**

ns = não significativo; \* = significativo a 5%; \*\* = significativo a 1%; L = linear; Q = quadrática.

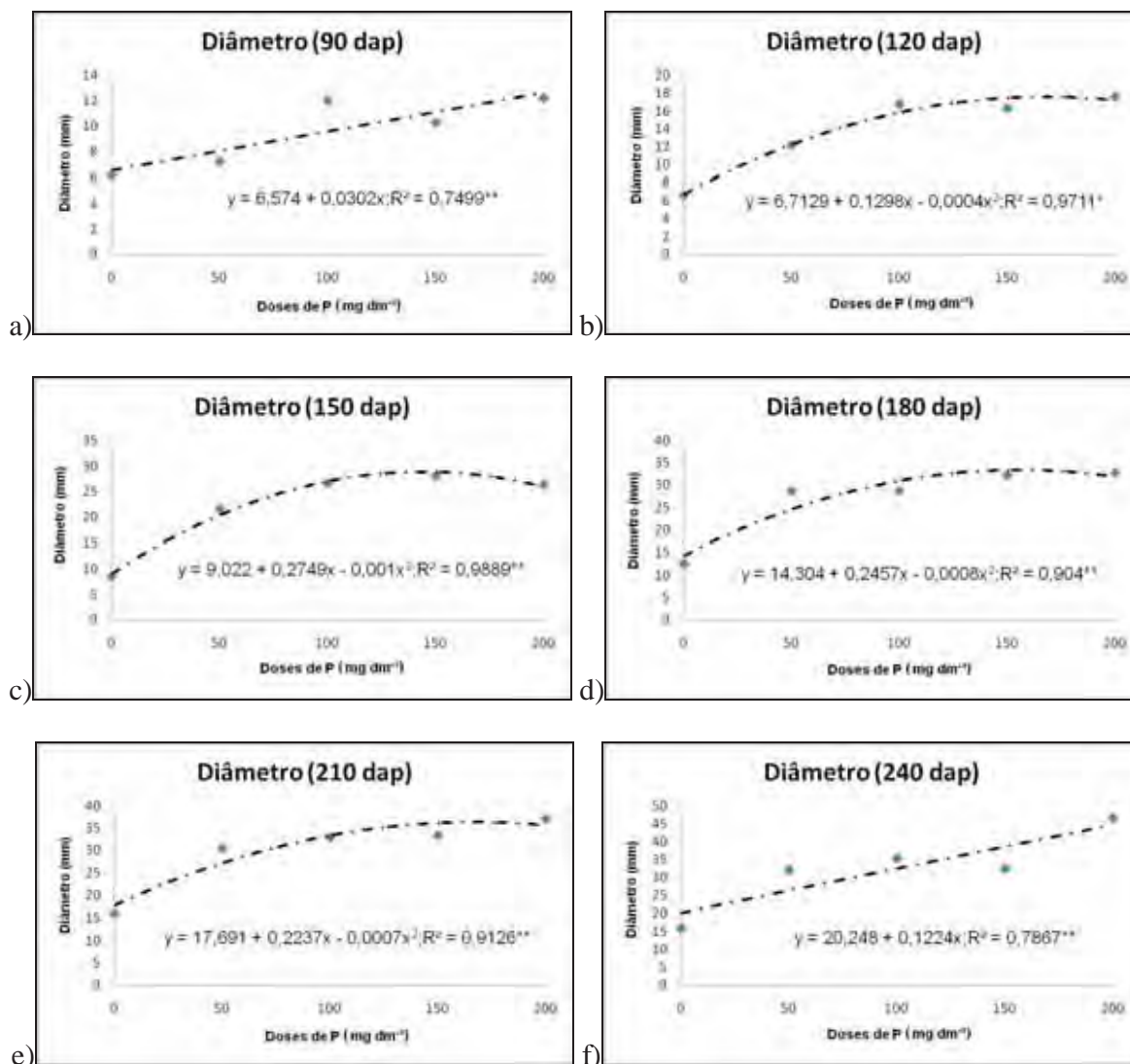


Figura 12. Diâmetro das plantas de teca aos 90 (a), 120 (b), 150 (c), 180 (d), 210 (e), 240 (f) dias após plantio (dap), em função de doses de P.

Aos 240 dap houve novamente o efeito linear com o aumento das doses, o que indica que nessa época inicial a dose de fósforo fornecida ( $200 \text{ mg m}^{-3}$ ) foi inferior à necessidade da planta. O teste de médias reafirma os resultados obtidos pela análise de regressão, onde a maior dose foi a resultante de maior diâmetro dentre os tratamentos. Neves et al. (2004), em trabalho com mudas de andiroba, testaram doses que variaram de 0 a  $450 \text{ mg dm}^{-3}$  de P, e todas as doses apresentaram comportamento semelhante, apresentando os pontos de máxima eficiência de absorção entre  $239$  e  $265 \text{ mg dm}^{-3}$  de P.



Na Tabela 13 verifica-se que houve influência das doses de P sobre os valores de índice relativo de clorofila (IRC), taxa fotossintética (TF) e taxa de transpiração (TT) ao final do experimento.

O IRC ajustou-se de forma quadrática às doses, com o máximo valor resultante da dose estimada de 108 mg dm<sup>-3</sup> de P (Figura 13a). Verifica-se nas Figuras 13b e 13c que houve redução da taxa fotossintética e taxa de transpiração com o aumento das doses de P, fato esse que é contrário à literatura, que diz que a maior biomassa seca das folhas (maior área foliar) aumenta a atividade assimiladora e a síntese de carbono e, conseqüentemente, promove o aumento da fotossíntese e da respiração (CARVALHO et al., 1999). Prado & Vale (2008) trabalharam com a influência de NPK na leitura de clorofila em folhas de porta-enxerto de limoeiro cravo e observaram que a leitura SPAD tendeu a diminuir com a aplicação de doses de P acima de 50 Kg ha<sup>-1</sup>.

Conforme se pode observar na Tabela 13, o teste de médias do IRC e da taxa fotossintética são considerados iguais estatisticamente para todos os tratamentos, diferindo-se somente da testemunha absoluta. Já a taxa de transpiração teve seu maior valor com o tratamento 0 mg dm<sup>-3</sup> de P, onde todos os outros nutrientes base foram oferecidos às mudas de teca menos o P.

Tabela 13. Índice relativo de clorofila (IRC), taxa fotossintética (TF) e taxa de transpiração (TT) em plantas de teca aos 8 meses de idade, em função de doses de P.

Fonte de variação	G.L.	240 dias após plantio		
		IRC	TF	TT
----- Valor de F -----				
Tratamento	4	2,298*	2,903*	105,06*
Repetição	3	0,192 <sup>ns</sup>	2,406 <sup>ns</sup>	1,783 <sup>ns</sup>
CV%		13,13	14,08	6,98
Doses de P		IRC	TF	TT
--- mg dm <sup>-3</sup> ---			μmol.CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	mol.H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>
Testemunha		20,4 b	2,79 b	2,79 c
0		35,3 ab	19,80 a	7,93 a
50		40,9 a	21,10 a	5,58 ab
100		46,3 a	20,70 a	4,27 b
150		43,0 a	16,90 a	5,13 ab
200		39,8 a	16,10 a	2,92 c
Regressão		Q*	L*	L*,Q**

ns = não significativo; \* = significativo a 5%; \*\* = significativo a 1%; L = linear; Q = quadrática.

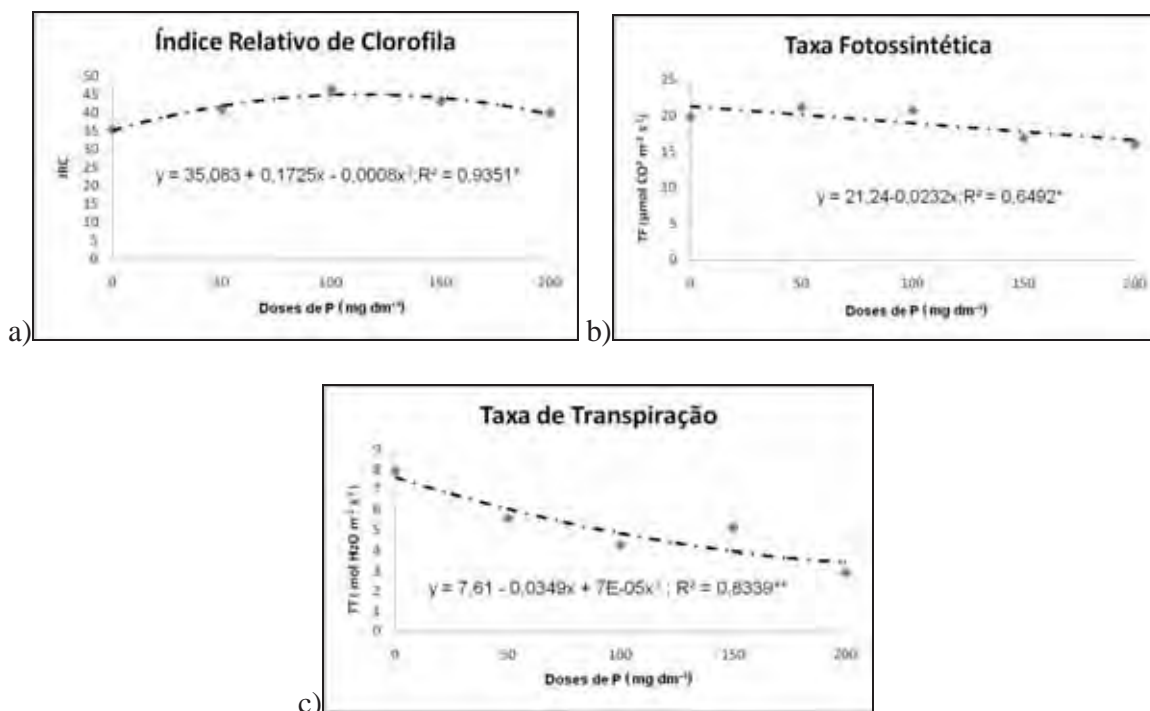


Figura 13. Índice relativo de clorofila (a) taxa fotossintética (b) e taxa de transpiração (c) em função de doses de P com plantas de teca aos 8 meses de idade.

## 6.2.2. Efeito das doses de fósforo na biomassa seca e nas análises de tecido (folha e caule) das plantas de teca

### 6.2.2.1. Biomassa seca das plantas de teca

Verifica-se na Tabela 14 que houve influência dos tratamentos na biomassa seca de folhas, caule, raiz e total de plantas de teca e evidenciando com o teste de médias a necessidade de P em todas as partes da planta relacionado ao acúmulo de biomassa no período de desenvolvimento inicial das mudas de teca. Observa-se na Figura 14 que o maior acúmulo de biomassa seca das folhas, caule, raiz e total foi obtido, respectivamente, pelas doses 185, 186, 156 e 168 mg dm<sup>-3</sup>. Essa última dose estimada de P resultou na produção de 638 gramas de biomassa seca total (Figura 14d). Santos e Silva (2008), estudando a adubação fosfatada na produção de mudas de mogno, também obtiveram resposta positiva em todas as características analisadas (altura das mudas, diâmetro do caule, biomassa seca das raízes, parte aérea e total), testando doses (0, 25, 30, 75, 100, 150 e 200 Kg ha<sup>-1</sup>) de P aplicadas ao solo.

Tabela 14. Biomassa seca das plantas de teca durante o experimento até os 8 meses de idade, em função de doses de P.

		Biomassa das plantas			
Fonte de variação	G.L.	Biomassa Seca (240 dap)			
		Folha	Caule	Raiz	Total
		----- Valor de F -----			
Tratamento	4	57,504**	26,096**	17,079**	33,815**
Repetição	3	0,973 <sup>ns</sup>	3,373 <sup>ns</sup>	0,483 <sup>ns</sup>	0,262 <sup>ns</sup>
CV%		10,73	18,71	19,99	14,47
Doses de P --- mg dm <sup>-3</sup> ---		----- g planta <sup>-1</sup> -----			
Testemunha		26,47 c	26,68 b	59,28 b	112,40 b
0		36,11 c	23,36 b	73,59 b	133,05 b
50		121,22 b	134,24 a	270,20 a	525,66 a
100		122,67 b	118,48 ab	272,63 a	513,79 a
150		134,82 ab	117,48 ab	331,42 a	583,72 a
200		160,20 a	167,47 a	325,40 a	653,06 a
Regressão		L**,Q**	L**,Q*	L**,Q**	L**,Q**

ns = não significativo; \* = significativo a 5%; \*\* = significativo a 1%; L = linear; Q = quadrática.

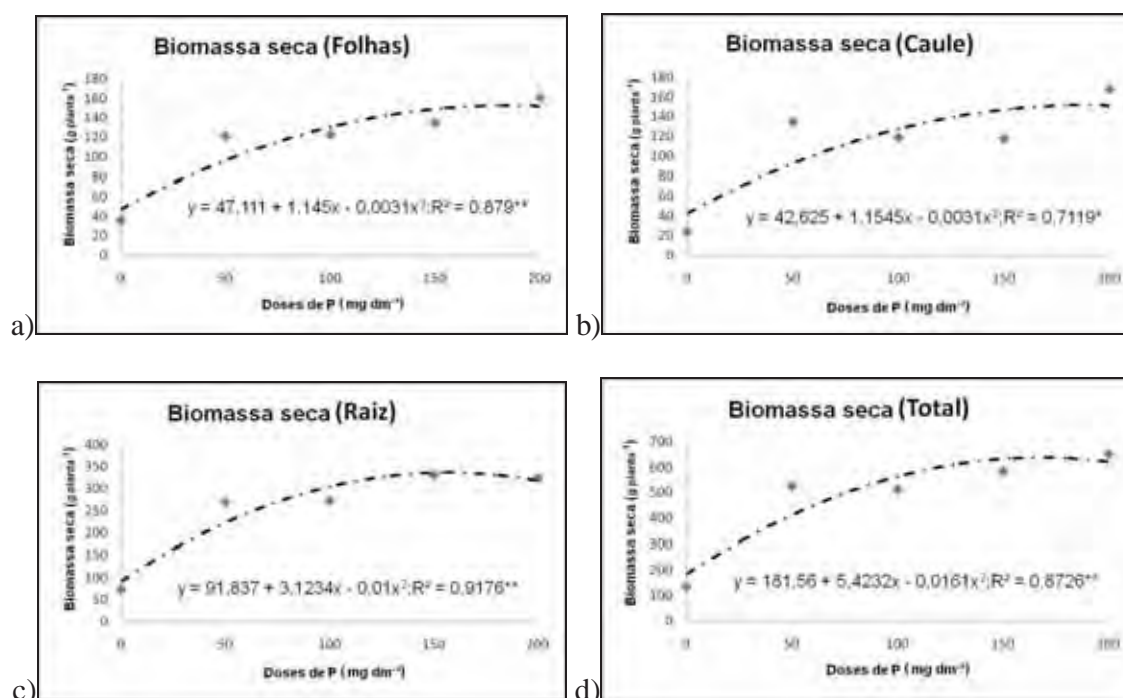


Figura 14. Biomassa seca das folhas (a), do caule (b), da raiz (c) e total (d) de plantas de teca com 8 meses de idade, em função de doses de P.

### 6.2.2.2. Teores e quantidades de macro e micronutrientes

Observa-se nas Tabelas 15 e 16 a influência significativa dos tratamentos nos teores foliares de P, K, Ca, Mg, B, Cu e Mn. Para os teores de B houve efeito linear negativo com o aumento das doses de P, porém, segundo o teste de médias, os tratamentos foram estatisticamente semelhantes, com exceção da testemunha absoluta, caracterizando-se um efeito de diluição quando se compara com a quantidade absorvida. Nos demais nutrientes analisados os teores ajustaram-se de forma quadrática às doses, sendo verificada diminuição nos teores de K e Cu com as doses de P (Figuras 15a e 15b). Barroso et al. (2005), em estudo com teca, observaram que a omissão de P resultou na redução dos teores de P e Ca. Sorreano (2006), em estudo com espécies nativas, observou em *Cytherexylum myrianthum* (pau-viola) que a omissão de P ocasionou uma redução no teor desse nutriente em todas as partes da planta, quando comparado ao tratamento completo.

Os resultados da análise de variância para quantidades de nutrientes em folhas de teca encontram-se nas Tabelas 15 e 16. As doses de P aumentaram significativamente as quantidades foliares de K, S, Cu e Fe de forma linear, e de N, P, Ca, Mg, B, Mn e Zn de forma quadrática (Figuras 15c e 15d). Quantidades adequadas de fósforo e potássio aumentam a capacidade das plantas em utilizar altas doses de N para produzir mais proteínas (GERWIG & AHLGREN, 1958; HONDA & HONDA, 1990).

Nas Tabelas 17 e 18 são apresentados os resultados de teores e quantidade de nutrientes acumulados no caule das plantas de teca em função dos tratamentos. As doses de P influenciaram significativamente nos teores de P (quadrática), K (linear), Cu (quadrática) e Zn (linear), com correlações altamente negativas para K, Cu e Zn (Figuras 16a e 16b). Os demais nutrientes (N, Ca, Mg e S) não sofreram influência significativa segundo a análise de regressão e o teste de médias.

O estímulo de crescimento provocado pelas crescentes doses de P pode levar à queda na concentração de K por efeito de diluição, considerando-se que esses dois elementos possuem interação positiva entre eles. A queda na absorção do zinco, contrariamente às doses de fósforo, pode ser explicada pela interação negativa entre Zn-P.

Tabela 15. Análise química (macronutrientes) das folhas das plantas de teca após o final do experimento aos 8 meses de idade, em função de doses de P.

		Análise das folhas (macronutrientes)											
Fonte de variação	G.L	N		P		K		Ca		Mg		S	
		(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)
		----- Valor de F -----											
Tratamento	4	1,334 <sup>ns</sup>	29,833*	3,208*	48,127*	5,285**	4,713**	6,121*	15,643*	6,607*	16,237*	2,500 <sup>ns</sup>	51,000*
Repetição	3	0,527 <sup>ns</sup>	0,990 <sup>ns</sup>	0,860 <sup>ns</sup>	2,338 <sup>ns</sup>	0,539 <sup>ns</sup>	1,079 <sup>ns</sup>	1,572 <sup>ns</sup>	0,530 <sup>ns</sup>	0,377 <sup>ns</sup>	0,912 <sup>ns</sup>	1,000 <sup>ns</sup>	2,071 <sup>ns</sup>
CV%		16,31	15,06	15,27	12,65	29,78	22,80	16,48	24,00	16,83	23,46	7,38	10,69
Doses P		Teores e quantidades de macronutrientes											
--- mg dm <sup>-3</sup> ---		g kg <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>
Testemunha		12 a	0,31 b	1,25 b	0,03 c	2 c	0,05c	9 b	0,24 b	4,1 ab	0,10 b	1,00 a	0,03 c
0		16 a	0,58 b	1,20 b	0,04 c	12 a	0,43 b	10 b	0,36 b	3,0 b	0,12 b	1,03 a	0,07 c
50		17 a	2,07 a	1,40 ab	0,17 b	7 b	0,85 a	13 ab	1,62 a	4,5 ab	0,56 a	1,03 a	0,10 b
100		20 a	2,43 a	1,60 ab	0,20 ab	7 b	0,79 a	15 ab	1,78 a	5,0 a	0,61 a	1,13 a	0,14 a
150		19 a	2,48 a	1,73 a	0,23 a	6 b	0,75 a	17 a	2,31 a	5,7 a	0,76 a	1,10 a	0,15 a
200		17 a	2,60 a	1,43 ab	0,22 a	6 b	0,91 a	15 ab	2,29 a	4,8 a	0,76 a	0,98 a	0,15 a
Regressão		ns	L*,Q*	L**,Q**	L*,Q*	L*,Q**	L*	L*,Q**	L*,Q**	L*,Q*	L*,Q*	ns	L**

ns = não significativo; \* = significativo a 5%; \*\* = significativo a 1%; L = linear; Q = quadrática.

Tabela 16. Análise química (micronutrientes) das folhas de teca após o final do experimento aos 8 meses de idade, em função de doses de P.

		Análise das folhas (micronutrientes)									
Fonte Variação	G.L	B		Cu		Fe		Mn		Zn	
		(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)
----- Valor de F -----											
Tratamento	4	1,683 <sup>ns</sup>	8,848 <sup>**</sup>	5,571 <sup>**</sup>	4,549 <sup>*</sup>	0,096 <sup>ns</sup>	11,192 <sup>**</sup>	10,592 <sup>**</sup>	25,586 <sup>**</sup>	3,142 <sup>ns</sup>	13,207 <sup>**</sup>
Repetição	3	1,090 <sup>ns</sup>	0,775 <sup>ns</sup>	0,436 <sup>ns</sup>	1,403 <sup>ns</sup>	0,121 <sup>ns</sup>	0,461 <sup>ns</sup>	8,473 <sup>**</sup>	5,192 <sup>*</sup>	1,650 <sup>ns</sup>	1,106 <sup>ns</sup>
CV%		21,37	21,92	29,66	29,56	19,78	23,60	20,13	21,18	18,79	18,94
Doses P		Teores e quantidades de micronutrientes									
--- mg dm <sup>-3</sup> ---		mg kg <sup>-1</sup>	mg planta <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg planta <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg planta <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg planta <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg planta <sup>-1</sup>
Testemunha		50 b	1,35 b	10 a	0,27 b	695 a	19,49 b	310 a	8,02 b	19 a	0,49 b
0		83 a	3,20 b	11 a	0,42 b	614 a	22,88 b	38 c	1,42 c	14 a	0,51 b
50		67 ab	8,27 a	5 b	0,59 ab	595 a	74,72 a	77 b	9,05 b	9 a	1,13 a
100		71 a	8,69 a	7 b	0,89 ab	568 a	69,64 ab	91 b	11,04 ab	11 a	1,35 a
150		66 ab	8,81 a	6 b	0,81 ab	582 a	75,76 a	108 b	14,44 a	11 a	1,40 a
200		57 b	9,02 a	6 b	1,00 a	603 a	94,36 a	95 b	14,79 a	10 a	1,57 a
Regressão		ns	L**,Q**	L*,Q**	L**	ns	L**	L**,Q**	L**,Q**	ns	L**,Q*

ns = não significativo; \* = significativo a 5%; \*\* = significativo a 1%; L = linear; Q = quadrática.

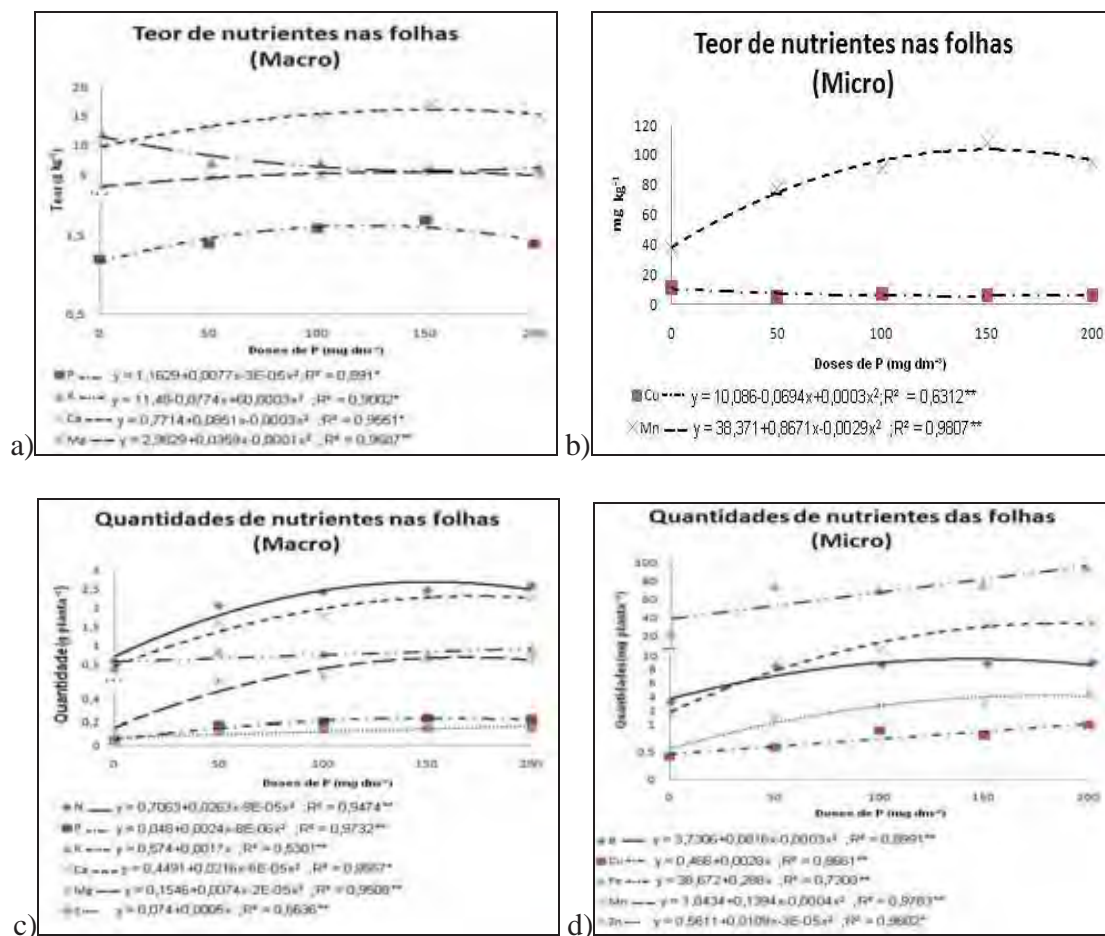


Figura 15. Teores de macro (a) e micronutrientes (b) e quantidades de macro (c) e micronutrientes (d) nas folhas de teca aos 8 meses de idade, em função de doses de P.

Para as quantidades de nutrientes, as doses de P influenciaram significativamente o acúmulo dos nutrientes no caule e de forma positiva, apresentando regressão quadrática nas quantidades de N, P, K, Mg, S, B, Cu, Fe e Zn, e linear para Ca e Mn. (Figuras 16c e 16d). Segundo o teste de médias, o Mg sofreu influência significativa com a dose 200 mg dm<sup>-3</sup> de P, demonstrando o efeito sinérgico entre esses dois elementos.

Tabela 17. Análise química (macronutrientes) do caule das plantas de teca após o final do experimento aos 8 meses de idade, em função de doses de P.

		Análise do caule (macronutrientes)											
Fonte Variação	G.L	N		P		K		Ca		Mg		S	
		(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)
----- Valor de F -----													
Tratamento	4	0,930 <sup>ns</sup>	4,716*	3,541*	6,489**	7,140**	6,763**	0,673 <sup>ns</sup>	9,833**	1,237 <sup>ns</sup>	33,555**	1,235 <sup>ns</sup>	19,552**
Repetição	3	0,550 <sup>ns</sup>	2,325 <sup>ns</sup>	1,923 <sup>ns</sup>	0,318 <sup>ns</sup>	0,620 <sup>ns</sup>	1,724 <sup>ns</sup>	0,470 <sup>ns</sup>	0,632 <sup>ns</sup>	1,008 <sup>ns</sup>	5,524*	0,118 <sup>ns</sup>	3,404 <sup>ns</sup>
CV%		49,42	44,31	23,22	38,00	34,60	30,79	23,11	29,73	14,85	16,27	8,27	20,83
Doses P --- mg dm <sup>-3</sup> ---		Teores e quantidades de macronutrientes											
		g kg <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>
Testemunha		5 a	0,12 b	0,69 ab	0,02 a	2 c	0,05 b	10 a	0,27 a	2,83 c	0,07 c	0,96 a	0,03 b
0		7 a	0,16 b	0,50 b	0,01 b	12 a	0,27 b	12 a	0,26 b	4,35 a	0,10 c	0,98 a	0,02 b
50		6 a	0,74 ab	0,60 ab	0,08 a	7 ab	0,97 a	9 a	1,22 a	3,55 b	0,47 b	0,90 a	0,12 a
100		9 a	1,05 a	0,78 a	0,09 a	6 b	0,69 ab	10 a	1,14 a	3,65 b	0,44 b	0,93 a	0,12 a
150		6 a	0,68 ab	0,68 ab	0,08 a	5 b	0,56 ab	10 a	1,20 a	4,03 a	0,47 b	0,88 a	0,11 a
200		5 a	0,74 ab	0,45 b	0,07 a	4 b	0,66 ab	10 a	1,67 a	3,80 ab	0,64 a	0,88 a	0,15 a
Regressão		ns	L*,Q**	Q**	L**,Q**	L**	Q*	ns	L**	ns	L**,Q*	ns	L**,Q*

ns = não significativo; \* = significativo a 5%; \*\* = significativo a 1%; L = linear; Q = quadrática.



Tabela 18. Análise química (micronutrientes) do caule das plantas de teca após o final do experimento aos 8 meses de idade, em função de doses de P.

		Análise do caule (micronutrientes)										
Fonte	G.L.	B		Cu		Fe		Mn		Zn		
Varição		(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	
----- Valor de F -----												
Tratamento	4	1,199 <sup>ns</sup>	18,133*	20,624*	6,877*	4,555 <sup>ns</sup>	6,353*	1,552 <sup>ns</sup>	8,075*	2,673*	4,802**	
Repetição	3	1,529 <sup>ns</sup>	3,047 <sup>ns</sup>	2,157 <sup>ns</sup>	3,039 <sup>ns</sup>	5,122 <sup>ns</sup>	5,736**	0,391 <sup>ns</sup>	1,029 <sup>ns</sup>	0,352 <sup>ns</sup>	1,474 <sup>ns</sup>	
CV%		17,74	20,88	16,47	28,52	39,82	42,00	41,39	37,68	29,00	37,46	
Doses P		Teores e quantidades de micronutrientes										
---	mg dm <sup>-3</sup>	---	mg kg <sup>-1</sup>	mg planta <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg planta <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg planta <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg planta <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg planta <sup>-1</sup>
Testemunha		54 a	1,4 b	11 a	0,3 b	224 a	5,6 b	27 a	1,9 ab	33 a	0,8 b	
0		57 a	1,3 b	15 a	0,3 b	143 a	3,1 b	12 a	0,3 b	20 a	0,4 b	
40		46 a	6,1 a	6 b	0,8 ab	57 b	7,9 b	13 a	1,7 ab	12 ab	1,6 ab	
80		52 a	6,3 a	9 b	1,1 a	140 a	17,4 ab	22 a	2,6 a	16 ab	2,0 a	
120		55 a	6,6 a	8 b	1,0 a	82 ab	9,7 ab	20 a	2,2 a	13 b	1,5 ab	
160		46 a	7,6 a	7 b	1,1 a	65 ab	11,0 ab	18 a	2,9 a	11 b	1,8 a	
Regressão		ns	L*,Q*	L*,Q*	L*,Q**	ns	L**,Q*	ns	L*	L**	L*,Q**	

ns = não significativo; \* = significativo a 5%; \*\* = significativo a 1%; L = linear; Q = quadrática.

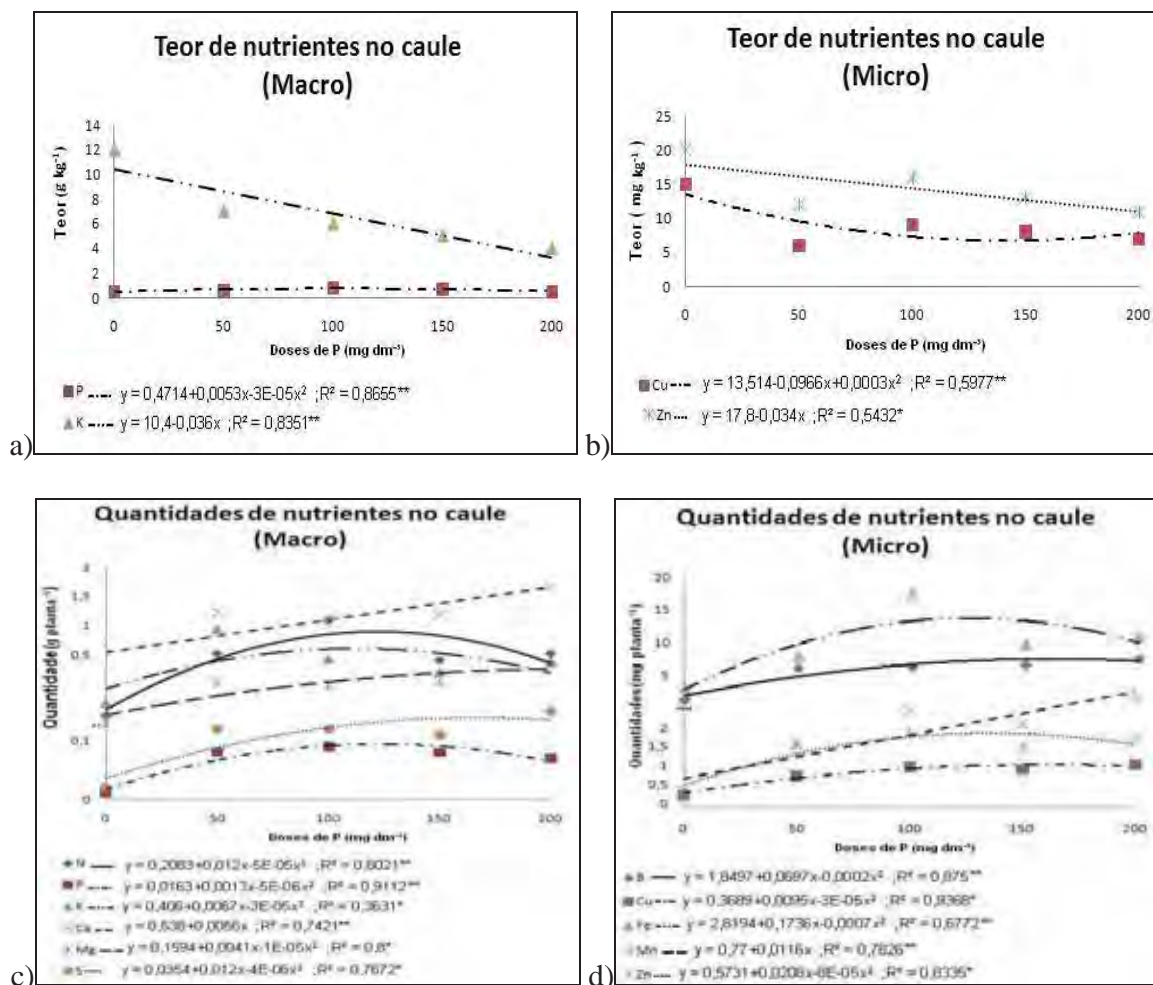


Figura 16. Teores de macro (a) e micronutrientes (b) e quantidades de macro (c) e micronutrientes (d) no caule de teca aos 8 meses de idade, em função de doses de P.

Na Tabela 19 observa-se que em relação à parte aérea, as doses de P aumentaram a absorção dos nutrientes N, P, Ca, Mg e Mn. A resposta de absorção do Mg às doses de P (efeito sinérgico) é um dos fatores da melhor resposta de absorção do P e do Ca. O fósforo quando ligado o Mg tem redução de sua fixação no solo e, em contra partida, o Mg é favorecido em sua disponibilidade para as plantas (MALAVOLTA et. al, 1997) (Figura 17).

Tabela 19. Absorção de macro e micronutrientes pela parte aérea de teca aos 8 meses de idade, em função das doses de P.

Fonte Variação	G.L.	Análise da parte aérea (Nutrientes)										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Trat.	4	4,825**	3,291**	0,264 <sup>ns</sup>	4,455**	3,564**	2,900 <sup>ns</sup>	1,904 <sup>ns</sup>	0,838 <sup>ns</sup>	2,818 <sup>ns</sup>	15,92*	0,876 <sup>ns</sup>
Rep.	3	0,196 <sup>ns</sup>	0,356 <sup>ns</sup>	0,831 <sup>ns</sup>	0,422 <sup>ns</sup>	0,179 <sup>ns</sup>	0,257 <sup>ns</sup>	0,231 <sup>ns</sup>	0,788 <sup>ns</sup>	0,361 <sup>ns</sup>	3,297 <sup>ns</sup>	0,538 <sup>ns</sup>
CV%		29,62	36,15	35,01	36,11	38,96	34,15	35,78	43,59	33,08	25,51	45,18
Doses P		Quantidades de Nutrientes										
---	mg dm <sup>-3</sup> ---	----- g planta <sup>-1</sup> -----					----- mg planta <sup>-1</sup> -----					
Testemunha		0,44 c	0,05 c	0,11 a	0,51 b	0,18 c	0,06 b	2,73 c	0,55 a	25,09 c	9,88 b	1,33 a
0		1,15 b	0,11 b	1,18 a	1,16 b	0,41 b	0,11 ab	7,65 b	1,30 a	42,12 b	2,47 c	1,76 a
50		2,53 ab	0,22 ab	1,47 a	2,45 ab	0,90 ab	0,21 a	12,47 ab	1,23 a	73,48 ab	9,77 b	2,43 a
100		3,05 a	0,26 ab	1,30 a	2,56 ab	0,93 ab	0,23 a	13,21 ab	1,71 a	80,51 ab	12,21 ab	2,89 a
150		3,13 a	0,30 a	1,28 a	3,53 a	1,23 ab	0,25 a	15,35 a	1,76 a	85,13 ab	16,75 a	3,00 a
200		3,10 a	0,28 ab	1,44 a	3,71 a	1,29 a	0,28 a	15,39 a	1,98 a	98,92 a	16,57 a	3,13 a
Regressão		L**	L**	ns	L**	L**	ns	ns	ns	ns	L*	ns

ns = não significativo; \* = significativo a 5%; \*\* = significativo a 1%; L = linear; Q = quadrática.

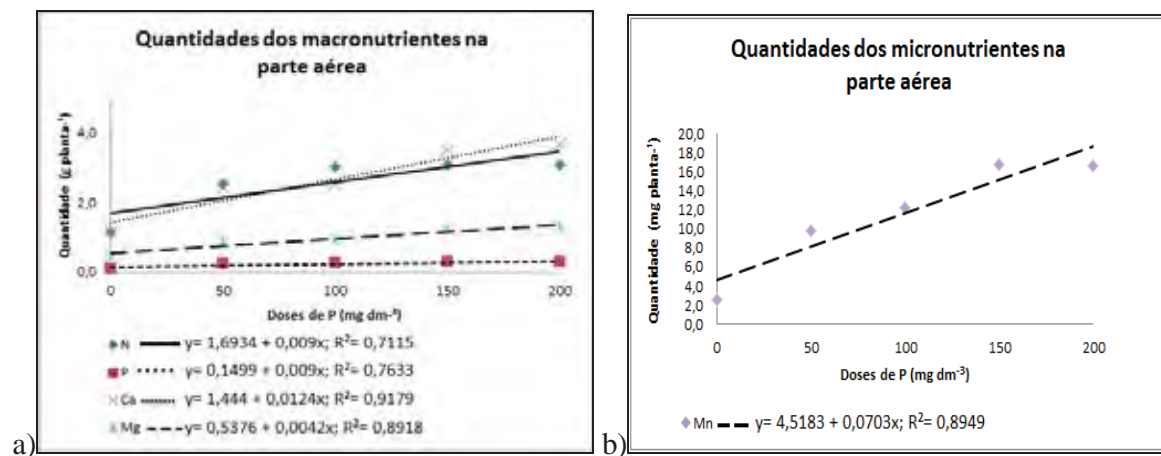


Figura 17. Quantidades dos macronutrientes (a) e micronutrientes (b) absorvidos pela parte aérea de teca aos 8 meses de idade, em função das doses de P.

### 6.3. Experimento 3 – Doses de Potássio

#### 6.3.1. Efeito das doses de potássio no crescimento, no índice relativo de clorofila, taxa fotossintética e taxa de transpiração das plantas de teca

Verifica-se na Tabela 20 que houve efeito significativo das doses de K na altura de plantas aos 60, 90, 120, 150 e 240 dap. A baixa necessidade de K na fase inicial do desenvolvimento das mudas de teca foi confirmada com o teste de médias. Pode-se visualizar na Figura 18 as diferentes respostas das mudas de teca aos tratamentos submetidos. Nessas épocas avaliadas verificou-se pequena redução na altura de plantas com o aumento das doses (Figura 19). Renó et al. (1997) também observaram falta de respostas à aplicação de K nas espécies cedro (*Cedrella fissilis* Vell), pau-jacaré (*Piptadenia gonoacantha* Mart.), pau-ferro (*Caesalpinia ferrea* Mart.) e canafístula (*Senna multijuga* Rich.).

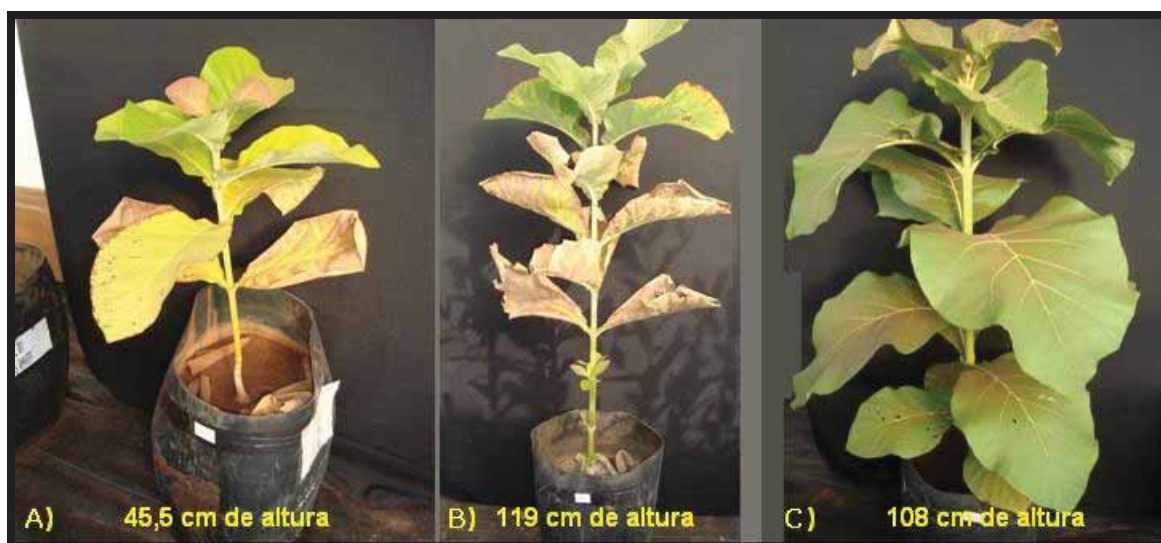


Figura 18. Fotografia dos tratamentos aos 8 meses de idade: Testemunha (A); Adubação sem adição de potássio (B); K= 200 mg dm<sup>-3</sup> (C).

Tabela 20. Altura das plantas de teca durante o experimento até os 8 meses de idade, em função de doses de K.

		Altura das plantas								
Fonte de variação	G.L.	Épocas de avaliação (dias após o plantio - dap)								
		Plantio	30	60	90	120	150	180	210	240
		----- Valor de F -----								
Tratamento	4	3,360 <sup>ns</sup>	1,000 <sup>ns</sup>	9,680**	19,406**	12,692**	6,407**	2,413 <sup>ns</sup>	1,668 <sup>ns</sup>	4,177*
Repetição	3	0,400 <sup>ns</sup>	0,516 <sup>ns</sup>	0,612 <sup>ns</sup>	0,512 <sup>ns</sup>	0,093 <sup>ns</sup>	1,254 <sup>ns</sup>	0,460 <sup>ns</sup>	0,723 <sup>ns</sup>	1,326 <sup>ns</sup>
CV (%)		9,82	14,38	25,74	26,60	22,44	13,72	12,93	9,59	6,00
Doses de K		----- Altura -----								
--- mg dm <sup>-3</sup> ---		----- cm -----								
Testemunha		9,5 a	9,1 a	11,4 b	15,9 b	35,8 b	42,1 b	48,6 b	48,6 b	52,6 b
0		8,8 a	10,0 a	17,3 ab	43,5 a	60,8 a	94,3 a	102,3 a	104,3 a	111,5 a
40		9,0 a	11,5 a	28,0 a	47,0 a	74,0 a	89,3 a	101,5 a	107,5 a	111,3 a
80		8,8 a	10,5 a	13,3 b	15,5 b	30,3 b	66,3 ab	88,3 a	92,5 a	96,3 ab
120		9,3 a	9,8 a	10,8 b	15,3 b	48,3 ab	65,0 ab	81,8 a	95,5 a	103,0 a
160		10,8 a	11,3 a	14,5 b	16,8 b	29,3 b	72,8 ab	86,8 a	98,5 a	103,0 a
Regressão		ns	ns	L**	L**	L**	L**, Q*	ns	ns	L*

ns = não significativo; \* = significativo a 5%; \*\* = significativo a 1%; L = linear; Q = quadrática.

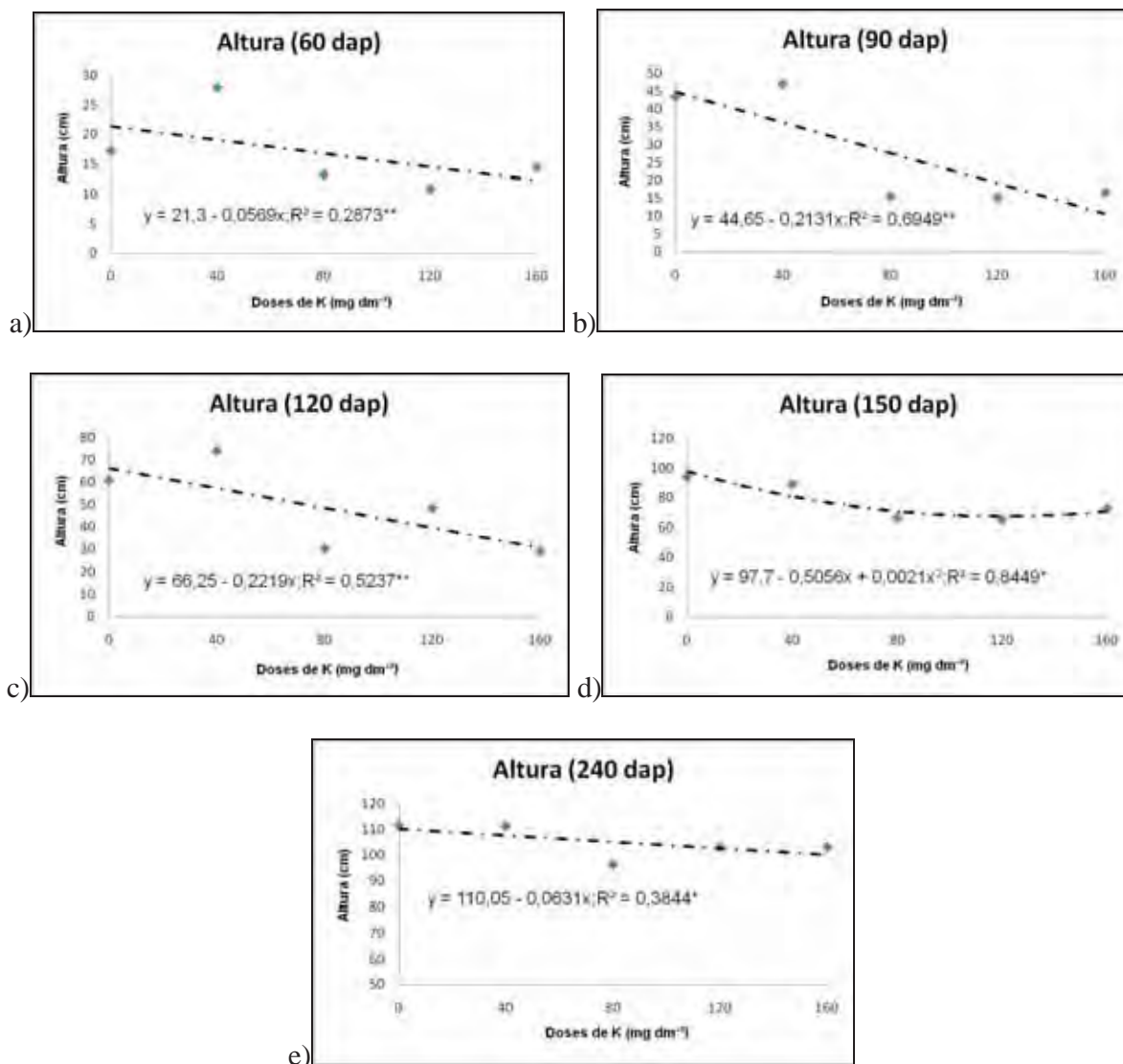


Figura 19. Altura das plantas de teca aos 60 (a), 90 (b), 120 (c), 150 (d), 240 (f) dias após plantio (dap), em função de doses de K.

Percebe-se na Tabela 21 que o diâmetro das mudas em função das doses de K, até 30 dap, não foi alterado; no entanto, a partir de 60 dap observou-se também através da regressão comportamento linear decrescente nas doses analisadas (Figura 20). Ao final do experimento a regressão foi quadrática negativa, sendo que o maior diâmetro foi obtido com a dose 0 de K com 40,32 mm de diâmetro. Este resultado mostra o pouco efeito do K no crescimento inicial em diâmetro das plantas, o que foi confirmado pelo teste de médias.

Tabela 21. Diâmetro das plantas de teca durante o experimento até os 8 meses de idade, em função de doses de K.

		Diâmetro das plantas								
Fonte de variação	G.L.	Épocas de avaliação (dias após o plantio - dap)								
		Plantio	30	60	90	120	150	180	210	240
		----- Valor de F -----								
Tratamento	4	1,091 <sup>ns</sup>	0,861 <sup>ns</sup>	2,898*	4,523*	6,339**	1,070 <sup>ns</sup>	2,503 <sup>ns</sup>	1,638 <sup>ns</sup>	3,006*
Repetição	3	1,269 <sup>ns</sup>	3,941 <sup>ns</sup>	0,345 <sup>ns</sup>	0,155 <sup>ns</sup>	0,767 <sup>ns</sup>	3,591 <sup>ns</sup>	1,565 <sup>ns</sup>	1,239 <sup>ns</sup>	0,968 <sup>ns</sup>
CV (%)		10,49	11,14	23,77	26,42	17,45	9,63	9,50	10,64	12,19
Doses de K --- mg dm <sup>-3</sup> ---		----- Diâmetro -----								
		----- mm -----								
Testemunha		5,27 a	5,60 a	6,67 b	9,72 ab	13,37 ab	15,37 b	15,82 b	16,61 b	17,90 b
0		5,66 a	6,21 a	8,50 a	13,03 ab	19,04 a	23,75 a	30,11 ab	35,21 a	40,32 a
40		4,88 a	6,92 a	10,28 a	16,28 a	19,08 a	26,65 a	32,42 a	34,64 a	35,45 a
80		5,43 a	6,33 a	7,13 ab	10,05 ab	13,66 ab	24,68 a	26,94 a	29,48 ab	32,62 ab
120		5,40 a	6,05 a	6,53 b	9,58 ab	14,44 ab	23,67 a	27,08 a	32,62 a	30,83 ab
160		5,22 a	6,50 a	6,65 b	8,28 b	11,41 b	25,37 a	30,76 a	33,31 a	37,08 a
Regressão		ns	ns	L*	L**	L**	ns	ns	ns	Q*

ns = não significativo; \* = significativo a 5%; \*\* = significativo a 1%; L = linear; Q = quadrática.



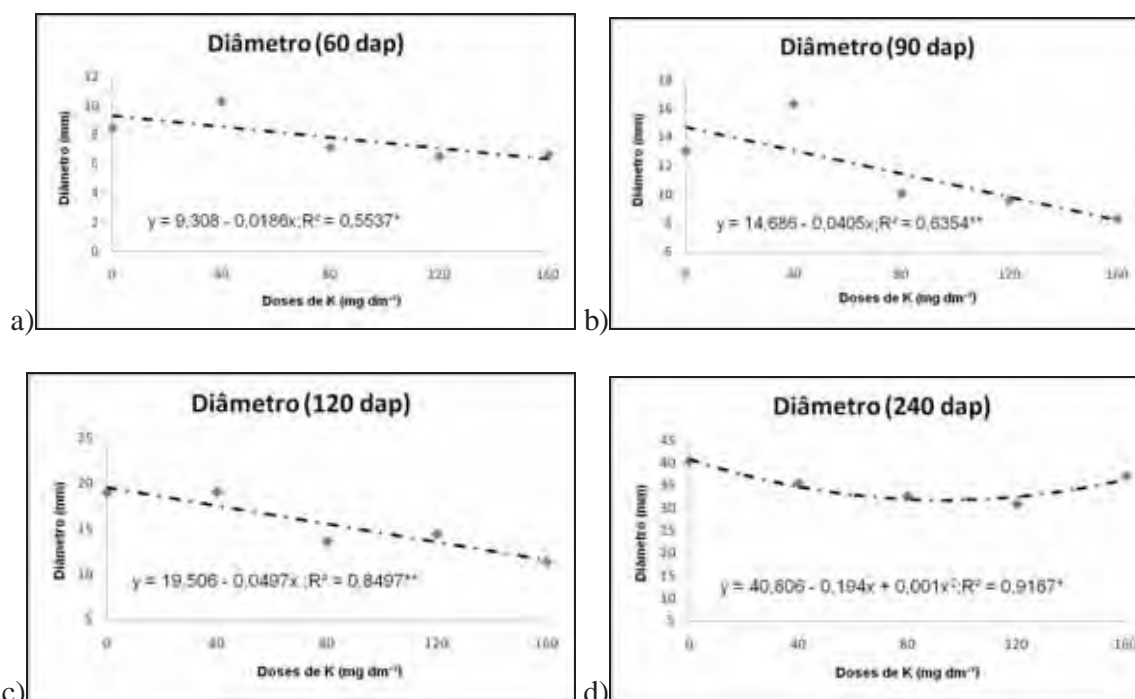


Figura 20. Diâmetro das plantas de teca aos 60 (a), 90 (b), 120 (c), 240 (d) dias após plantio (dap), em função de doses de K.

Segundo Silva et al. (1997), as espécies florestais respondem de maneira diferenciada em relação à adubação com K. Apesar da falta de respostas à aplicação de potássio, neste trabalho, o tratamento intermediário, que forneceu 80 mg dm<sup>-3</sup> de K (além de 80 mg dm<sup>-3</sup> de N, 150 mg dm<sup>-3</sup> de P e 60% de V%), promoveu um crescimento de 83% maior em altura e de 82,2% em diâmetro em relação à testemunha absoluta aos 240 dap, demonstrando uma alta resposta à adubação. Além disso, deve-se considerar a possibilidade de que a necessidade de K seja maior após o desenvolvimento inicial da teca, como acontece com o eucalipto (GAVA, 2003).

Na Tabela 22 verifica-se que houve influência significativa dos tratamentos apenas para o índice relativo de clorofila (IRC), não ocorrendo diferenças significativas para a taxa fotossintética e taxa de transpiração. De acordo com a equação ajustada, a dose estimada de 108 mg dm<sup>-3</sup> de K proporcionou o maior IRC (Figura 21).

Tabela 22. Índice relativo de clorofila (IRC), taxa fotossintética (TF) e taxa de transpiração (TT) em plantas de teca aos 8 meses de idade, em função de doses de K.

Fonte de Variação	G.L.	IRC	TF	TT
----- Valor de F -----				
Tratamento	4	33,347**	2,096 <sup>ns</sup>	39,386 <sup>ns</sup>
Repetição	3	11,926**	1,682 <sup>ns</sup>	0,588 <sup>ns</sup>
CV%		5,53	15,82	10,73
Doses de K --- mg dm <sup>-3</sup> ---		IRC	TF	TT
			μmol.CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	mol.H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>
Testemunha		20,4 b	2,8 b	2,79 b
0		28,1 ab	18,7 a	6,31 a
40		42,8 a	22,9 a	7,32 a
80		42,2 a	18,8 a	3,28 b
120		40,6 a	23,6 a	7,40 a
160		42,3 a	19,5 a	4,02 ab
Regressão		L**,Q**	ns	ns

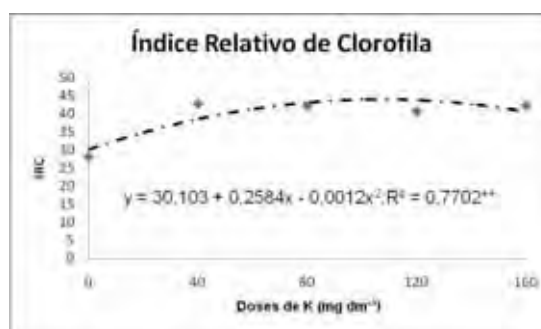


Figura 21. Índice relativo de clorofila em função de doses de K com plantas de teca com 8 meses de idade.

### 6.3.2. Efeito das doses de potássio na biomassa seca e nas análises de tecido (folha e caule) das plantas de teca

#### 6.3.2.1. Biomassa seca das plantas de teca

Observa-se na Tabela 23 que houve influência dos tratamentos para a biomassa seca de folhas, raízes e biomassa seca total das plantas de teca, mas não para o caule. Mesmo com pequena redução na altura de plantas e diâmetro de caule com o aumento das doses de K, houve aumento da biomassa seca de folhas e raízes da planta, influenciando na biomassa seca total, uma vez que o tamanho das folhas eram maiores que o apresentado pelos

outros tratamentos. Este efeito foi quadrático, com as doses estimadas em 88, 92 e 89 mg dm<sup>-3</sup> de K proporcionando os maiores resultados, respectivamente, para biomassa seca de folhas, raízes e total (Figura 22). Entre outras funções, o K possui importante papel na síntese de carboidratos e proteínas e no desenvolvimento das raízes (MALAVOLTA et. al, 1997), de modo que uma adequada nutrição com K pode propiciar melhores condições de desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente, maior acúmulo de biomassa seca nas mesmas.

Tabela 23. Biomassa seca das plantas de teca com 8 meses de idade, em função de doses de K.

Biomassa das plantas					
Fonte de Variação	G.L.	Biomassa Seca (240 dap)			
		Folha	Caule	Raiz	Total
----- Valor de F -----					
Tratamento	4	11,677**	3,178 <sup>ns</sup>	18,606**	15,299**
Repetição	3	0,152 <sup>ns</sup>	0,421 <sup>ns</sup>	0,951 <sup>ns</sup>	0,344 <sup>ns</sup>
CV%		10,93	18,56	12,68	10,91
----- g. planta <sup>-1</sup> -----					
Doses de K --- mg dm <sup>-3</sup> ---					
Testemunha		26,47 c	26,68 b	59,28 b	112,40 c
0		82,34 b	87,29 ab	146,56 ab	316,19 b
40		129,11 a	131,48 a	331,49 a	592,07 a
80		124,12 a	110,74 a	271,68 a	506,54 a
120		131,73 a	132,63 a	232,45 a	496,81 a
160		101,43 ab	107,42 a	245,55 a	454,40 a
Regressão		Q**	ns	Q**	L*,Q**

ns = não significativo; \* = significativo a 5%; \*\* = significativo a 1%; L = linear; Q = quadrática.

Em estudos semelhantes, Nicoloso et al. (2001) verificaram que a biomassa seca do caule de mudas de grápia (*Apuleia leiocarpa*) respondeu linearmente à aplicação de doses de K, utilizando-se 80 mg kg<sup>-1</sup> de K como dose máxima, a qual proporcionou também aumento da ordem de 54% no volume e na biomassa seca dos troncos das árvores na segunda rotação, em comparação com o tratamento sem adubação potássica.

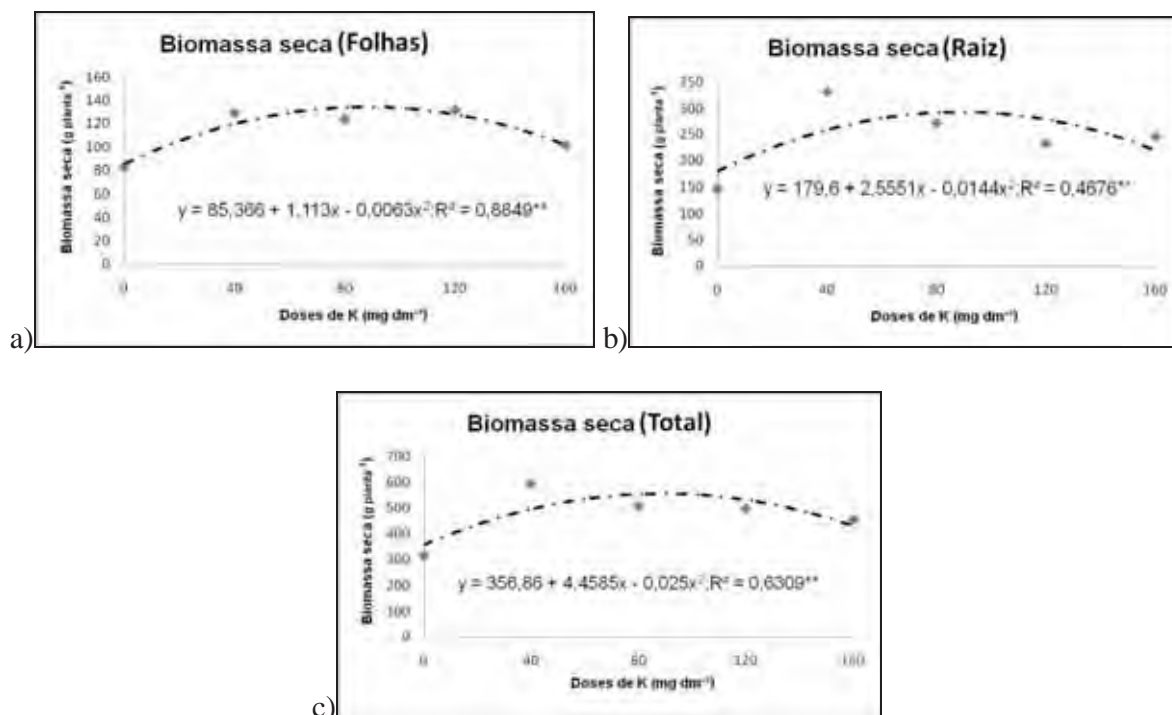


Figura 22. Biomassa seca das folhas (a), da raiz (b), e total (c) de mudas de teca com 8 meses de idade, em função de doses de K.

Faria et al. (2002) também verificaram que a adubação potássica fornecida por doses de  $K_2O$  que variaram de 30 a 240  $kg\ ha^{-1}$ , afetou acentuadamente a biomassa seca de raízes e da copa de mudas de eucalipto com 80 dias de idade, o que, segundo os autores, contribuiu para a exploração de maior volume de solo, aumentando a possibilidade de maior absorção de água e nutrientes, além de maior absorção de energia solar pelas copas amplamente desenvolvidas. Silva (1996) observou que o cedro (*Cedrela odorata*) respondeu à adubação potássica, diferente da copaíba, jatobá e pau pereira, que mostraram pequeno incremento na matéria seca quando aplicado potássio.

### 6.3.2.2. Teores e quantidades de macro e micronutrientes

Os valores médios dos teores e quantidades de nutrientes acumulados nas folhas de teca estão apresentados nas Tabelas 24 e 25. Observa-se que as doses de K influenciaram significativamente nos teores foliares de K (linear), Ca (quadrática), Mg (quadrática), B (linear) e Zn (linear), com correlação altamente positiva para K e negativa para

Mg, Ca, B e Zn (Figura 23a e 23b). Valeri et al. (1985), trabalhando com plantas de eucalipto (*Eucalyptus grandis*), também constataram efeito antagônico entre a absorção de Ca e de K. Barroso et al. (2005), estudando a deficiência de macronutrientes em mudas de teca, observaram que na ausência de K houve redução do teor deste nutriente na parte aérea e aumento dos teores de Ca e Mg, os quais deduziram que esse efeito foi devido à inibição competitiva existente entre esses nutrientes.

As doses de K influenciaram significativamente as quantidades dos nutrientes das folhas para N, Ca, S, Cu, Fe e Mn de forma quadrática e de Mg e B de forma linear negativa (Figura 23c e 23d). As doses estimadas de 105, 57 e 79 mg dm<sup>-3</sup> de K proporcionaram, respectivamente, o maior acúmulo de N, Ca, S, nas folhas de teca, correspondendo às concentrações estimadas desses elementos de 3, 2, e 0,2 g kg<sup>-1</sup>. O acúmulo de Mg, tal qual seu teor, diminuiu com o aumento das doses de K no solo. Essas correlações evidenciam claramente a inibição competitiva existente entre K e Mg e parcialmente entre K e Ca, uma vez que, nas menores doses, o aumento de K aumentou a absorção de Ca. Constatou-se, ainda, menor teor e acúmulo de Mg em relação ao teor e acúmulo de Ca nas folhas de teca.

Este comportamento ocorre porque os íons, cujas propriedades químicas são similares (raio iônico, valência, grau de hidratação e mobilidade), competem pelos mesmos sítios de adsorção, absorção e transporte na superfície radicular, sugerindo que a presença de um possa prejudicar os processos de adsorção e absorção do outro, tal como acontece com os íons Ca<sup>+2</sup> e o Mg<sup>+2</sup> (HIATT & LEGGETT, 1974; ORLANDO FILHO et al., 1996). Se o equilíbrio Ca/Mg não é adequado, há condições para a deficiência induzida de um dos nutrientes, como consequência antagonismos na absorção (LIMA et al., 1981), definido por Mengel & Kirkby (1987) como competição entre íons tipo antagonismo de cátions.

Os teores e as quantidades acumuladas dos nutrientes no caule das plantas de teca estão apresentados nos Tabelas 26 e 27. Observa-se que as doses de K influenciaram significativamente os teores de K (linear), Mg (quadrática) e Cu (quadrática), com correlação altamente positiva para K e negativa para Mg e Cu. As doses de K influenciaram significativamente nas quantidades de K (linear), Mg (linear) e Cu (quadrática) com correlação positiva para K e negativa para Mg e Cu (Figura 24), evidenciando, novamente, a inibição competitiva entre K e o Mg, efeito esse explicado por Malavolta (1980).

Tabela 24. Análise química (macronutrientes) das folhas de teca após o final do experimento aos 8 meses de idade, em função de doses de K.

		Análise das folhas (macronutrientes)											
Fonte de variação	G.L.	N		P		K		Ca		Mg		S	
		(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)
----- Valor de F -----													
Tratamento	4	0,357 <sup>ns</sup>	3,651*	1,374 <sup>ns</sup>	0,728 <sup>ns</sup>	16,207**	14,535**	7,352**	12,705**	39,740**	19,767**	1,062 <sup>ns</sup>	8,042**
Repetição	3	3,417 <sup>ns</sup>	2,437 <sup>ns</sup>	0,623 <sup>ns</sup>	0,249 <sup>ns</sup>	1,015 <sup>ns</sup>	0,913 <sup>ns</sup>	0,277 <sup>ns</sup>	0,095 <sup>ns</sup>	0,201 <sup>ns</sup>	0,288 <sup>ns</sup>	3,538 <sup>ns</sup>	2,076 <sup>ns</sup>
CV%		14,11	19,19	21,72	27,85	29,83	31,71	17,73	20,13	17,58	22,36	6,60	12,34
Doses K		Teores e quantidades de macronutrientes											
--- mg dm <sup>-3</sup> ---		g kg <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>
Testemunha		12 a	0,31 c	1,3 a	0,03 b	2 b	0,05 c	9 b	0,24 c	4,1 b	0,10 c	1,0 a	0,03 c
0		19 a	1,50 b	1,7 a	0,14 a	2 b	0,14 c	16 ab	1,30 ab	11,7 a	0,94 a	1,2 a	0,10 b
40		18 a	2,37 a	1,3 a	0,17 a	3 b	0,32 bc	22 a	2,82 a	9,8 a	1,28 a	1,1 a	0,15 a
80		20 a	2,44 a	1,6 a	0,19 a	6 a	0,77 ab	16 ab	1,98 a	5,4 ab	0,66 ab	1,1 a	0,14 a
120		18 a	2,32 a	1,3 a	0,17 a	8 a	0,97 a	14 ab	1,81 ab	3,6 b	0,49 b	1,1 a	0,14 a
160		19 a	1,98 ab	1,5 a	0,15 a	10 a	0,98 a	12 b	1,19 b	3,5 b	0,36 c	1,1 a	0,11 b
Regressão		ns	Q**	ns	ns	L**	L**	L**,Q*	Q**	L**,Q*	L**	ns	Q**

ns = não significativo; \* = significativo a 5%; \*\* = significativo a 1%; L = linear; Q = quadrática.

Tabela 25. Análise química (micronutrientes) das folhas de teca após o final do experimento aos 8 meses de idade, em função de doses de K.

		Análise das folhas (micronutrientes)									
Fonte de variação	G.L.	B		Cu		Fe		Mn		Zn	
		(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)
----- Valor de F -----											
Tratamento	4	8,434**	3,333*	1,967 <sup>ns</sup>	2,289*	0,852 <sup>ns</sup>	2,368*	1,194 <sup>ns</sup>	3,242 <sup>ns</sup>	3,744*	4,695 <sup>ns</sup>
Repetição	3	1,785 <sup>ns</sup>	0,985 <sup>ns</sup>	0,240 <sup>ns</sup>	0,392 <sup>ns</sup>	0,502 <sup>ns</sup>	0,340 <sup>ns</sup>	3,005 <sup>ns</sup>	3,669*	0,597 <sup>ns</sup>	1,162 <sup>ns</sup>
CV%		19,41	22,09	28,74	28,00	20,28	27,72	52,49	46,85	28,77	22,28
Doses K --- mg dm <sup>-3</sup> ---		Teores e quantidades de micronutrientes									
		mg kg <sup>-1</sup>	mg planta <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg planta <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg planta <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg planta <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg planta <sup>-1</sup>
Testemunha		50 b	1,35 b	10 a	0,27 b	695 a	19,49 b	310 a	8,02 a	19 a	0,49 b
0		103 a	8,2 ab	11 a	0,9 a	534 a	42,7 b	112 a	9,1 a	18 a	1,4 a
40		74 ab	9,7 a	8 a	1,1 a	510 a	66,3 a	208 a	26,5 a	12 ab	1,6 a
80		72 b	8,8 ab	8 a	1,0 a	618 a	75,6 a	122 a	14,8 a	9 b	1,1 a
120		53 b	6,9 ab	9 a	1,1 a	596 a	78,4 a	175 a	21,1 a	15 ab	1,8 a
160		55 b	5,7 b	6 a	0,6 b	635 a	66,2 ab	118 a	12,1 a	10 bc	0,9 ab
Regressão		L**	L*	ns	Q*	ns	Q*	ns	Q*	L*	ns

ns = não significativo; \* = significativo a 5%; \*\* = significativo a 1%; L = linear; Q = quadrática.

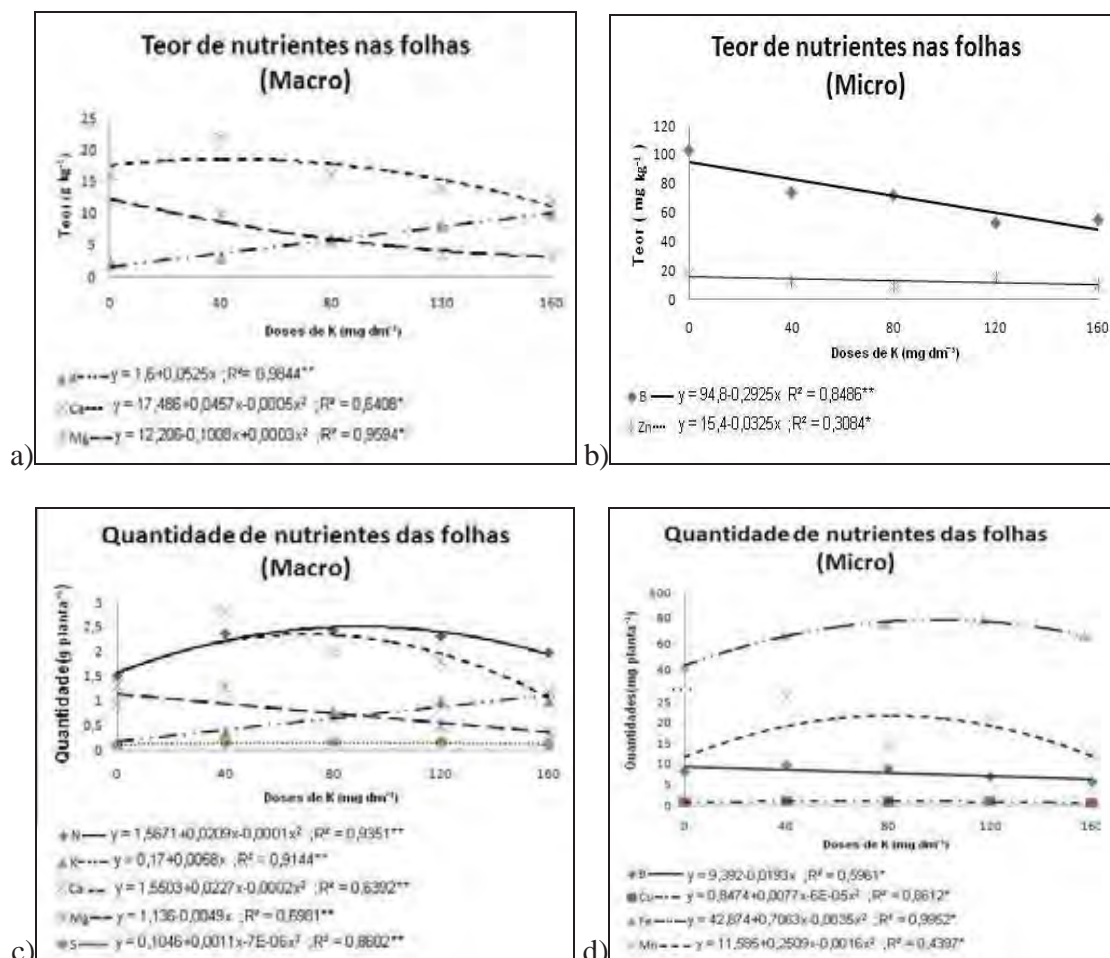


Figura 23. Teores de macro (a) e micronutrientes (b) e quantidades de macro (c) e micronutrientes (d) nas folhas de teca aos 8 meses de idade, em função de doses de K.



Tabela 26. Análise química (macronutrientes) do caule das plantas de teca após o final do experimento aos 8 meses de idade, em função de doses de K.

		Análise do caule (macronutrientes)											
Fonte de variação	G.L.	N		P		K		Ca		Mg		S	
		(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)
----- Valor de F -----													
Tratamento	4	0,276 <sup>ns</sup>	1,284 <sup>ns</sup>	0,612 <sup>ns</sup>	0,546 <sup>ns</sup>	22,541 <sup>**</sup>	13,005 <sup>**</sup>	0,936 <sup>ns</sup>	0,557 <sup>ns</sup>	15,253 <sup>**</sup>	2,640 <sup>*</sup>	0,692 <sup>ns</sup>	3,141 <sup>ns</sup>
Repetição	3	1,276 <sup>ns</sup>	1,037 <sup>ns</sup>	1,952 <sup>ns</sup>	1,431 <sup>ns</sup>	2,009 <sup>ns</sup>	1,548 <sup>ns</sup>	2,667 <sup>ns</sup>	1,268 <sup>ns</sup>	0,723 <sup>ns</sup>	0,651 <sup>ns</sup>	0,103 <sup>ns</sup>	0,360 <sup>ns</sup>
CV%		30,99	33,98	31,81	42,30	23,86	33,95	16,52	22,31	18,39	27,59	8,86	21,29
Doses K		Teores e quantidades de macronutrientes											
--- mg dm <sup>-3</sup> ---		g kg <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>
Testemunha		5 a	0,1 a	0,7 a	0,1 a	2 b	0,1 b	10 a	0,3 b	2,8c	0,1 b	1,0 a	0,1 a
0		5 a	0,5 a	0,8 a	0,1 a	2 b	0,2 b	12 a	1,1 a	7,5 a	0,7 a	0,9 a	0,1 a
40		5 a	0,7 a	0,6 a	0,1 a	3 b	0,3 b	10 a	1,3 a	4,6 b	0,6 a	0,9 a	0,1 a
80		6 a	0,7 a	0,7 a	0,1 a	6 a	0,7 ab	11 a	1,2 a	4,3 b	0,5 a	0,9 a	0,1 a
120		6 a	0,8 a	0,7 a	0,1 a	9 a	1,1 a	10 a	1,3 a	3,5 b	0,5 a	1,0 a	0,1 a
160		6 a	0,7 a	0,7 a	0,1 a	9 a	1,0 a	11 a	1,2 a	3,4 b	0,4 b	1,0 a	0,1 a
Regressão		ns	ns	ns	ns	L**	L**	ns	ns	L**,Q**	L**	ns	ns

ns = não significativo; \* = significativo a 5%; \*\* = significativo a 1%; L = linear; Q = quadrática.

Tabela 27. Análise química (micronutrientes) do caule das plantas de teca após o final do experimento aos 8 meses de idade, em função de doses de K.

		Análise do caule (micronutrientes)									
Fonte de variação	G.L.	B		Cu		Fe		Mn		Zn	
		(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)
		----- Valor de F -----									
Tratamento	4	0,571 <sup>ns</sup>	1,249 <sup>ns</sup>	4,025*	0,859 <sup>ns</sup>	0,790 <sup>ns</sup>	1,011 <sup>ns</sup>	0,416 <sup>ns</sup>	0,960 <sup>ns</sup>	0,883 <sup>ns</sup>	1,024 <sup>ns</sup>
Repetição	3	0,023 <sup>ns</sup>	0,197 <sup>ns</sup>	2,667 <sup>ns</sup>	0,983 <sup>ns</sup>	1,373 <sup>ns</sup>	1,075 <sup>ns</sup>	0,592 <sup>ns</sup>	0,349 <sup>ns</sup>	0,150 <sup>ns</sup>	0,074 <sup>ns</sup>
CV%		11,66	24,63	27,40	34,39	73,88	102,79	70,50	64,64	44,94	39,72
Doses K		Teores e quantidades de micronutrientes									
--- mg dm <sup>-3</sup> ---		mg kg <sup>-1</sup>	mg planta <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg planta <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg planta <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg planta <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg planta <sup>-1</sup>
Testemunha		54 a	1,38 b	11 a	0,3 b	224 a	5,6 b	77 a	1,9 b	33 a	0,8 b
0		57 a	5,0 a	12 a	1,0 a	109 ab	9,6 b	20 b	1,8 b	20 ab	1,8 a
40		54 a	7,3 a	6 b	0,8 a	120 a	16,0 ab	24 b	3,4 a	14 b	1,8 a
80		53 a	6,0 a	7 ab	0,7 a	107 ab	12,0 ab	19 c	2,1 a	13 b	1,4 ab
120		51 a	7,0 a	8 ab	1,1 a	187 a	27,3 a	33 ab	3,8 a	19 ab	2,3 a
160		56 a	6,1 a	9 ab	0,9 a	81 b	8,7 b	24 b	2,4 a	15 b	1,5 ab
Regressão		ns	ns	Q**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns = não significativo; \* = significativo a 5%; \*\* = significativo a 1%; L = linear; Q = quadrática.

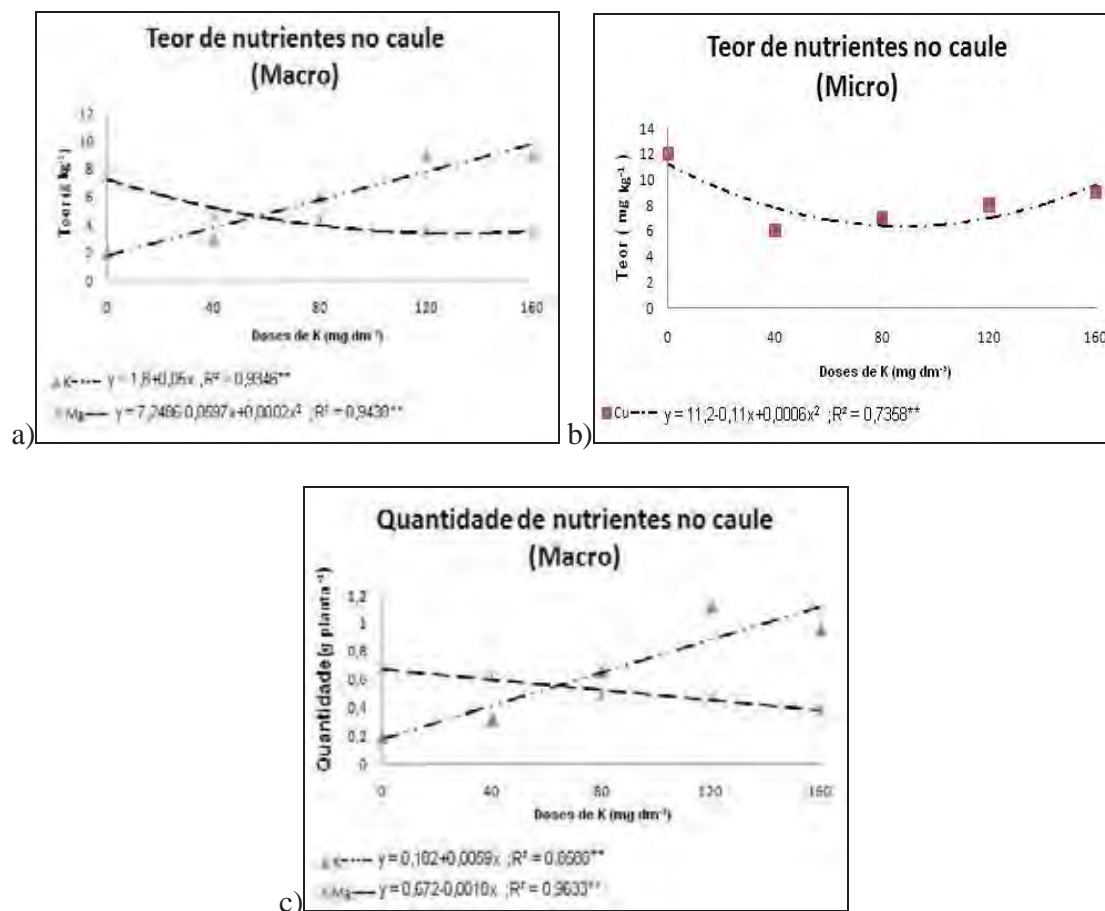


Figura 24. Teores de macro (a) e micronutrientes (b) e quantidades de macronutrientes (c) no caule de teca aos 8 meses de idade, em função de doses de K.

A Tabela 28 e a Figura 25 apresentam as quantidades absorvidas dos nutrientes na parte aérea das plantas de teca. Observa-se que as doses de K influenciaram as quantidades acumuladas de nutrientes, com correlação positiva para K e negativa para Ca e Mg. Este resultado demonstra um efeito de inibição entre Ca e Mg e as crescentes dose de K (MARCHNER, 1995). Renó et al. (1997), em estudos com espécies nativas, observaram que em cedro (*Cedrela odorata*) a omissão de K aumentou o teor e a quantidade de Ca nas plantas, o que indica a existência de competição entre eles.

Tabela 28. Absorção de macro e micronutrientes pela parte aérea de teca aos 8 meses de idade, em função das doses de K.

Fonte Variação	G.L.	Análise da parte aérea (Nutrientes)										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
		----- Valor de F -----										
Trat.	4	1,393 <sup>ns</sup>	0,443 <sup>ns</sup>	25,596**	6,878*	9,760**	2,433 <sup>ns</sup>	1,370 <sup>ns</sup>	0,858 <sup>ns</sup>	1,057 <sup>ns</sup>	2,338 <sup>ns</sup>	1,765 <sup>ns</sup>
Rep.	3	1,795 <sup>ns</sup>	1,396 <sup>ns</sup>	2,454 <sup>ns</sup>	0,677 <sup>ns</sup>	0,482 <sup>ns</sup>	1,088 <sup>ns</sup>	0,353 <sup>ns</sup>	1,235 <sup>ns</sup>	0,639 <sup>ns</sup>	1,785 <sup>ns</sup>	0,405 <sup>ns</sup>
CV%		28,82	31,80	23,50	19,82	25,44	22,31	26,31	30,50	43,66	54,03	36,50
Doses K		Quantidades de Nutrientes										
		----- mg planta <sup>-1</sup> -----										
Testemunha		0,44 b	0,05 b	0,10 c	0,51 c	0,18 c	0,05 b	2,73 b	0,55 b	25,09 c	9,89 c	1,33 a
0		1,93 a	0,20 a	0,31 b	2,24 b	1,51 ab	0,16 a	12,58 a	1,82 a	51,26 c	10,57 bc	3,03 a
40		3,05 a	0,24 a	0,63 b	4,02 a	1,86 a	0,26 a	16,73 a	1,83 a	81,65 b	29,45 a	3,32 a
80		2,94 a	0,26 a	1,30 a	2,92 ab	1,06 bc	0,22 a	13,53 a	1,57 a	82,30 b	15,73 b	2,29 a
120		3,00 a	0,25 a	1,91 a	2,90 ab	0,88 bc	0,25 a	12,70 a	2,03 a	100,34 a	24,54 ab	3,95 a
160		2,69 a	0,22 a	1,82 a	2,17 b	0,69 c	0,20 a	11,24 a	1,41 a	77,35 ab	14,26 b	2,25 a
Regressão		ns	ns	L**	Q*	Q**	ns	ns	ns	Ns	ns	ns

ns = não significativo; \* = significativo a 5%; \*\* = significativo a 1%; L = linear; Q = quadrática.

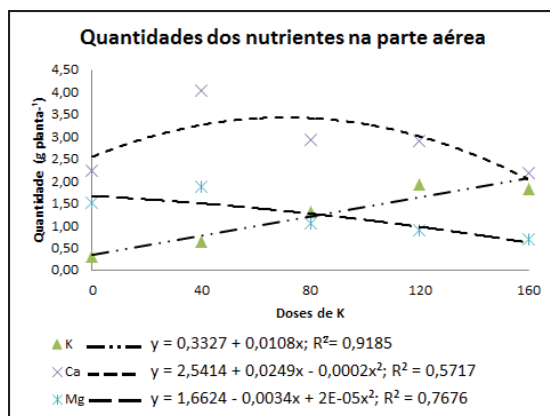


Figura 25. Quantidades dos macronutrientes (a) e micronutrientes (b) absorvidos pela parte aérea de teca aos 8 meses de idade, em função das doses de K.

#### 6.4. Experimento 4 – Níveis Crescentes de Saturação por Bases (V%)

##### 6.4.1. Efeito de níveis crescentes de saturação por bases no crescimento, no índice relativo de clorofila, taxa fotossintética e taxa de transpiração das plantas de teca

Verifica-se na Tabela 29 que até 120 dap não houve resposta da altura das plantas em função da saturação por bases. Entretanto, a partir dos 150 dap a altura de plantas ajustou-se de forma linear crescente às diferentes saturações por base. Uma melhor visualização da diferença entre os tratamentos pode ser observada na Figura 26. Nas demais épocas, mesmo com efeito quadrático, a maior altura de plantas foi obtida com o maior V% (80%) (Figura 27). O teste de médias reafirma que os tratamentos com níveis de V% começaram a apresentar diferença estatística em relação à testemunha absoluta apenas aos 150 dap (Tabela 29).

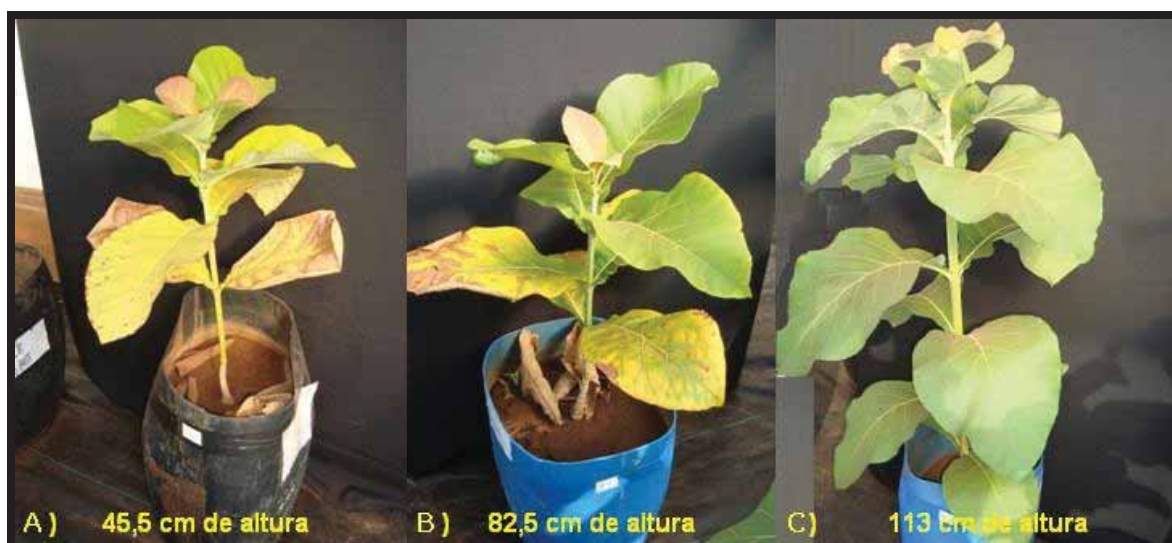


Figura 26. Fotografia dos tratamentos aos 8 meses de idade: Testemunha (A); Sem adição de calagem (B); V%= 70% (C).

Tabela 29. Altura das plantas de teca durante o experimento até os 8 meses de idade, em função de níveis crescentes de V%.

		Altura das plantas								
Fonte de variação	G.L.	Épocas de avaliação (dias após o plantio - dap)								
		Plantio	30	60	90	120	150	180	210	240
		----- Valor de F -----								
Tratamento	4	2,231 <sup>ns</sup>	1,544 <sup>ns</sup>	3,185 <sup>ns</sup>	1,094 <sup>ns</sup>	10,743 <sup>ns</sup>	26,257**	31,107**	28,504**	23,832**
Repetição	3	0,188 <sup>ns</sup>	1,266 <sup>ns</sup>	0,117 <sup>ns</sup>	1,128 <sup>ns</sup>	1,793 <sup>ns</sup>	1,226 <sup>ns</sup>	2,930 <sup>ns</sup>	2,177 <sup>ns</sup>	2,047 <sup>ns</sup>
CV (%)		11,03	11,81	19,72	23,02	19,91	14,72	8,47	8,96	7,59
Níveis de V%		----- Altura -----								
--- mg dm <sup>-3</sup> ---		----- cm -----								
Testemunha		9,5 a	9,1 a	11,4 a	15,9 a	35,8 a	42,1 b	48,6 c	48,6 c	52,6 b
0		10,0 a	11,3 a	15,0 a	16,8 a	21,5 a	29,0 c	60,5 bc	68,8 b	78,8 ab
20		8,3 a	9,8 a	10,5 a	18,3 a	37,3 a	76,8 a	80,0 ab	83,3 ab	85,3 ab
40		9,0 a	10,0 a	11,5 a	13,8 a	23,0 a	52,5 ab	72,0 b	72,3 ab	74,8 ab
60		8,3 a	9,3 a	10,3 a	15,8 a	19,3 a	52,3 ab	64,8 bc	65,8 b	79,0 ab
80		9,3 a	10,0 a	10,3 a	14,0 a	38,0 a	85,3 a	106,3 a	113,0 a	114,3 a
Regressão		ns	ns	ns	ns	ns	L**	L**, Q**	L**, Q**	L**, Q**

ns = não significativo; \* = significativo a 5%; \*\* = significativo a 1%; L = linear; Q = quadrática.

Barros (2001) e Pinto et al. (2000) também observaram respostas positivas com a aplicação da calagem sobre a altura das mudas de mogno. Também trabalhando com mudas de mogno, Silva et al. (2007) observaram que com  $V\% = 88\%$  as mudas não apresentaram diferença na altura, demonstrando que a calagem não foi capaz de afetar o seu crescimento, pois o tratamento sem calagem apresentou altura estatisticamente igual aos demais.

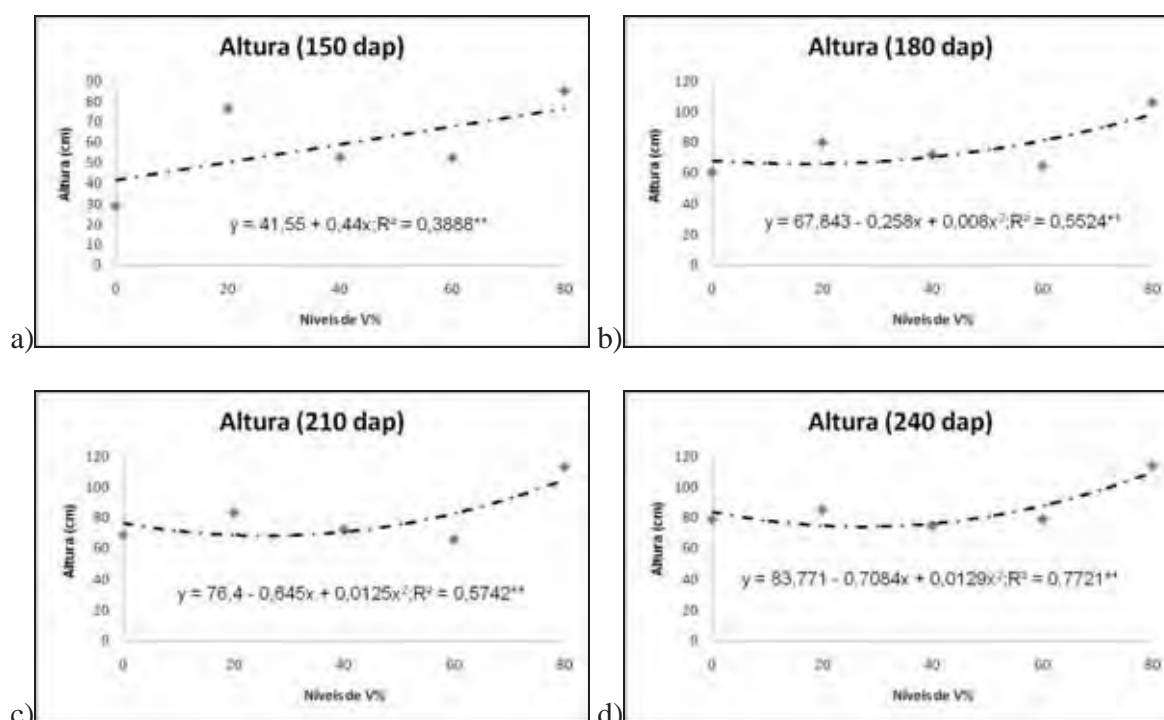


Figura 27. Altura das plantas de teca aos 150 (a), 180 (b), 210 (c), 240 (d) dias após plantio (dap), em função de níveis crescentes de V%.

Na Tabela 30 observa-se que o diâmetro do caule também foi influenciado pelos tratamentos após os 120 dap. Aos 150 e 180 dap ocorreu efeito quadrático em função dos tratamentos, onde os valores estimados, respectivamente, de 50 e 54% de V%, resultaram nos maiores diâmetros de caule. Nas demais épocas (210 e 240 dap) houve efeito linear crescente em função dos níveis crescentes de saturação por bases (Figura 28). Entretanto, o teste de médias indica que os tratamentos a partir do nível de  $V\% = 20\%$  foram considerados iguais estatisticamente ao final do experimento.



Tabela 30. Diâmetro das plantas de teca durante o experimento até os 8 meses de idade, em função de níveis crescentes de V%.

		Diâmetro das plantas								
Fonte de variação	G.L.	Épocas de avaliação (dias após o plantio - dap)								
		Plantio	30	60	90	120	150	180	210	240
		----- Valor de F -----								
Tratamento	4	0,170 <sup>ns</sup>	1,084 <sup>ns</sup>	0,613 <sup>ns</sup>	5,464 <sup>ns</sup>	1,995 <sup>ns</sup>	4,261*	9,915**	16,786**	13,401**
Repetição	3	0,130 <sup>ns</sup>	0,156 <sup>ns</sup>	0,263 <sup>ns</sup>	1,176 <sup>ns</sup>	1,369 <sup>ns</sup>	0,885 <sup>ns</sup>	2,416 <sup>ns</sup>	1,440 <sup>ns</sup>	1,574 <sup>ns</sup>
CV (%)		9,95	11,42	18,04	18,89	22,69	15,84	12,12	10,44	11,01
Níveis de V% --- mg dm <sup>-3</sup> ---		----- Diâmetro -----								
		----- mm -----								
Testemunha		5,27 a	5,60 a	6,67 a	9,72 a	13,37 a	15,37 b	15,82 b	16,61 b	17,90 b
0		5,08 a	6,06 a	7,60 a	12,46 a	13,25 a	15,73 b	17,78 b	20,11 ab	22,88 ab
20		5,15 a	5,89 a	6,97 a	11,58 a	14,46 a	25,08 a	29,76 a	33,42 a	36,41 a
40		5,13 a	5,55 a	7,19 a	10,58 a	15,51 a	22,69 ab	27,03 a	29,59 a	34,52 a
60		5,28 a	6,35 a	7,16 a	14,65 a	19,09 a	23,28 ab	29,74 a	32,33 a	36,51 a
80		5,00 a	5,52 a	6,25 a	7,80 a	13,22 a	22,40 ab	28,53 a	37,62 a	41,53 a
Regressão		ns	ns	ns	ns	ns	Q*	L**, Q**	L**	L**

ns = não significativo; \* = significativo a 5%; \*\* = significativo a 1%; L = linear; Q = quadrática.

Campolin (2006), em experimento comparando as características físicas e químicas do solo influenciadas pelos plantios de teca em relação ao cerrado nativo, usou saturação por bases de 65% como recomendação para teca. Respostas positivas da calagem sobre a altura e o aumento do diâmetro do caule também foram observadas para mudas de *Tabebuia impetiginosa* – ipê-roxo (CRUZ *et al.*, 2004) e *Ceiba pentandra* – sumaúma (TUCCI *et al.*, 2004). Barros (2001) e Pinto *et al.* (2000) observaram respostas positivas com a aplicação da calagem sobre a altura das plantas de mogno.

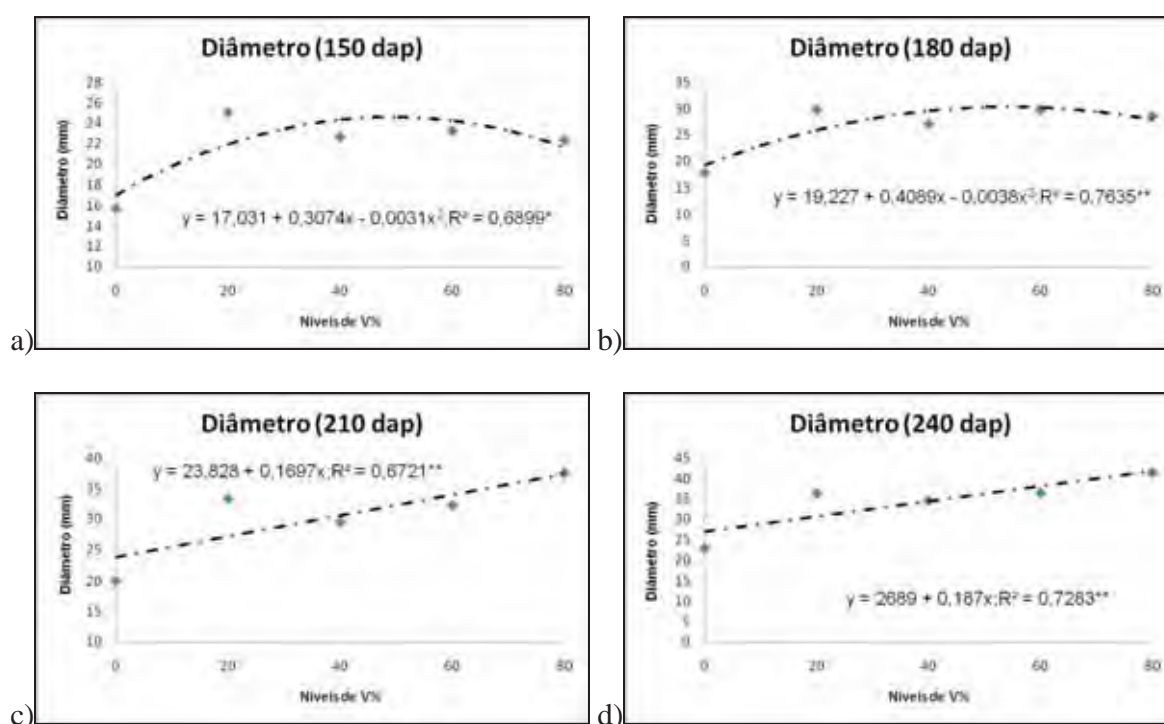


Figura 28. Diâmetro de plantas de teca aos 150 (a), 180 (b), 210 (c), 240 (d) dias após plantio (dap), em função de níveis crescentes de V%.

Verifica-se na Tabela 31 a influência significativa dos tratamentos no índice relativo de clorofila (IRC) e na taxa de transpiração (TT). Estes resultados demonstraram a importância da maior disponibilidade de nutrientes nos efeitos fisiológicos das plantas. A taxa de fotossíntese não foi influenciada significativamente pelos tratamentos estudados. Para o IRC a saturação por bases estimada de 65% proporcionou o máximo índice segundo a equação ajustada (Figura 29a), mas segundo o teste de médias o IRC apresentou semelhança estatística nos tratamentos com V% maior que 20%. A crescente absorção de Mg resultante dos níveis crescentes de V% pode ser a explicação para o resultado positivo do IRC.

Este índice apresentou relações tanto com a concentração como com o acúmulo de Mg nas folhas de teca. O papel mais conhecido do magnésio na vida da planta refere-se à sua presença na clorofila e, segundo Malavolta et al. (1997), cerca de 10% do Mg total da planta está presente nesta molécula.

Na Figura 29b observa-se que para a TT houve uma correlação quadrática, com o valor máximo dessa variável calculada, atingindo V%= 23%. A partir daí, houve uma redução na taxa de transpiração das plantas com o aumento da saturação por bases, atingindo um mínimo com V%= 80.

Tabela 31. Índice relativo de clorofila (IRC), taxa fotossintética (TF) e taxa de transpiração (TT) em plantas de teca aos 8 meses de idade, em função de níveis crescentes de V%.

Fonte de variação	G.L.	IRC	TF	TT
		240 dias após plantio		
----- Valor de F -----				
Tratamento	4	52,249**	1,901 <sup>ns</sup>	22,347*
Repetição	3	1,147 <sup>ns</sup>	0,174 <sup>ns</sup>	0,323 <sup>ns</sup>
CV%		5,14	11,75	7,19
Níveis de V%		IRC	TF	TT
--- mg dm <sup>-3</sup> ---			μmol.CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	mol.H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>
Testemunha		20,4 b	2,8 b	2,79 b
0		27,3 b	20,1 a	6,94 a
20		42,8 a	19,0 a	6,60 a
40		41,6 ab	23,4 a	7,34 a
60		43,6 a	20,9 a	6,12 ab
80		46,5 a	20,0 a	4,57 b
Regressão		L**,Q**	ns	L*, Q*

ns = não significativo; \* = significativo a 5%; \*\* = significativo a 1%; L = linear; Q = quadrática.

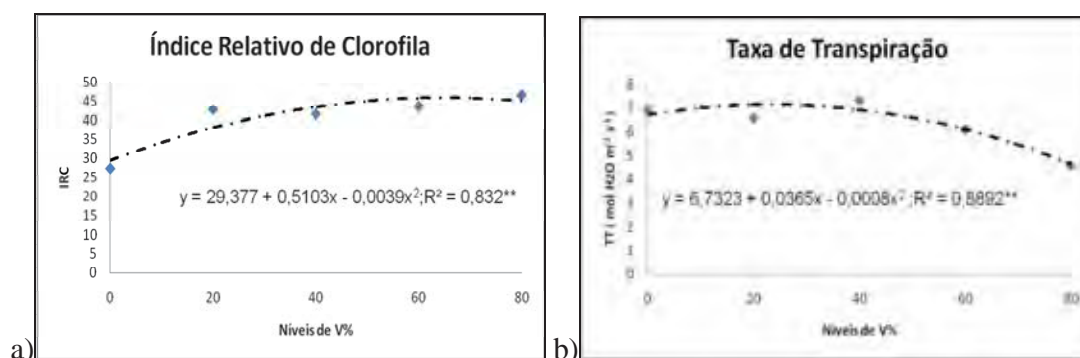


Figura 29. Índice relativo de clorofila (a) e taxa de transpiração (b) em função de níveis crescentes de V% em plantas de teca aos 8 meses de idade.

## 6.4.2. Efeito de níveis crescentes de saturação por bases na biomassa seca e nas análises de tecido das plantas de teca

### 6.4.2.1. Biomassa seca das plantas de teca

Observa-se na Tabela 32 que os diferentes níveis de saturação por bases influenciaram significativamente na biomassa seca das partes e do total da planta de teca. O maior acúmulo de biomassa seca nas folhas, caule, raiz e total, de acordo com as equações ajustadas, foram obtidos, respectivamente, com as saturações por bases de 67, 54 e 60%. Para a biomassa seca do caule, embora tenha sido ajustado o modelo quadrático, a saturação de máximo acúmulo de biomassa seca está acima das estudadas (Figura 30). O tratamento de maior saturação por bases (80%) aos 240 dap apresentou a seguinte proporção de produção de biomassa seca: 26% de folhas, 25% de caule e 49% de raiz.

Para todos os parâmetros de biomassa seca avaliados, o teste de médias informa que a partir do nível de 20% de V% os tratamentos se comportaram de forma estatisticamente semelhantes, confirmando a necessidade de calagem no período inicial do desenvolvimento das mudas de teca. A resposta à calagem observada pelo aumento da biomassa seca revela os efeitos negativos da acidez no desenvolvimento das plantas de teca.

Tabela 32. Biomassa seca das plantas de teca durante o experimento até os 8 meses de idade, em função de níveis crescentes de V%.

		Biomassa das plantas			
Fonte de variação	G.L.	Biomassa Seca (240 dap)			
		Folha	Caule	Raiz	Total
		----- Valor de F -----			
Tratamento	4	7,600**	4,969**	5,127**	6,426**
Repetição	3	1,103 <sup>ns</sup>	0,702 <sup>ns</sup>	1,333 <sup>ns</sup>	1,254 <sup>ns</sup>
CV%		25,89	37,35	34,54	29,38
Níveis de V%		----- g. planta <sup>-1</sup> -----			
--- mg dm <sup>-3</sup> ---					
Testemunha		26,47 c	26,68 c	59,28 b	112,40 b
0		39,55 b	31,44 b	71,69 b	142,68 b
20		118,17 a	106,87 a	250,59 a	475,62 a
40		107,00 a	78,02 ab	264,15 a	449,16 a
60		108,23 a	92,24 a	296,58 a	497,05 a
80		133,78 a	128,26 a	254,92 a	516,96 a
Regressão		L**	L**,Q*	L**,Q*	L**,Q*

ns = não significativo; \* = significativo a 5%; \*\* = significativo a 1%; L = linear; Q = quadrática

As possíveis variações do pH do solo em função das diferentes saturações por bases, podem ter proporcionado influência indireta no desenvolvimento das plantas por interferirem na disponibilidade de nutrientes no solo. Além disso, a prática da calagem exerce papel importante no fornecimento de cálcio e magnésio como nutrientes. Segundo Vale et al. (1996), o Ca limita o crescimento do sistema radicular de espécies florestais podendo ser mais restritivo que a toxidez de Al.

Em vários trabalhos foram encontrados resultados positivos quando do uso de corretivo para elevação das concentrações de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  trocáveis e diminuição da acidez do solo (SILVA, *et al.*, 2007; SILVA, *et al.*, 2008; TUCCI, *et al.*, 2007), o que favorece o desenvolvimento do sistema radicular. Barroso *et al.* (2005) também verificaram efeito positivo do Ca em plantas de teca, que trabalhando com solução nutritiva, verificaram redução da biomassa seca da parte aérea de plantas pela omissão de Ca, resultando em redução de 80% com relação à solução completa.

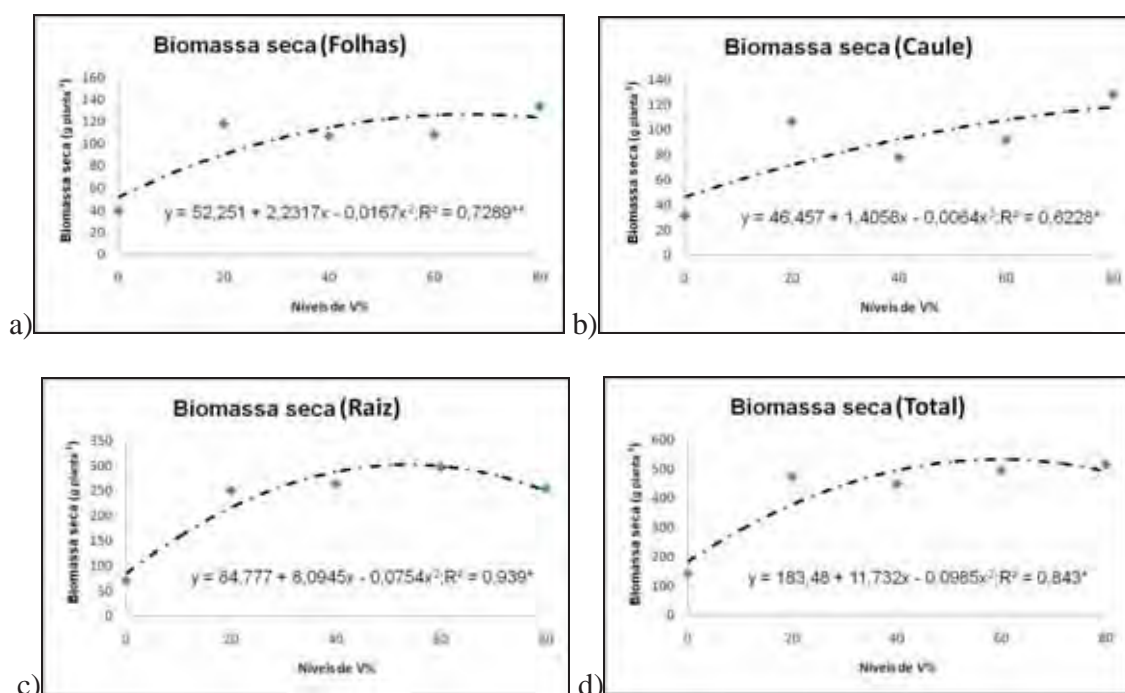


Figura 30. Biomassa seca das folhas (a), do caule (b), da raiz (c) e total (d) de plantas de teca com 8 meses de idade, em função de níveis crescentes de V%.

Cruz et al. (2004) observaram que a produção de biomassa seca da parte aérea e raiz de ipê-roxo foi afetado de forma significativa pela elevação da saturação por bases do substrato. Todas as variáveis (folhas, caule e raiz) tiveram o mesmo comportamento, com ponto máximo nos níveis entre 44 e 54% de saturação por bases. Resultados semelhantes foram encontrados por Furtini Neto et al. (1999), que verificaram aumento na biomassa seca total de várias espécies em função da calagem. Segundo esses autores, estes resultados são importantes na medida em que se ressaltam diferentes reações das espécies florestais às condições de acidez do solo e à capacidade de resposta dessas espécies à aplicação de corretivos.

#### **6.4.2.2. Teores e quantidades de macro e micronutrientes**

Nas Tabelas 33 e 34 são apresentadas as análises de variância e média dos resultados de teores e quantidades de nutrientes acumuladas nas folhas das plantas de teca. Os níveis crescentes de V% influenciaram significativamente nos teores foliares de K (quadrático), Ca (quadrática), Mg (quadrática), S (quadrática), Mn (quadrática) e Zn (linear), com correlações altamente positivas para Ca e Mg, em função do fornecimento desses elementos através da calagem, e negativas para K, S, Mn e Zn (Figura 28a e b). Com a elevação do pH, nutrientes essenciais para as plantas têm sua disponibilidade aumentada pelo uso da calagem em solos ácidos (LOPES, 1998), como é o caso das quantidades absorvidas de K (Tabela 33), onde todos os tratamentos tiveram melhor resposta do que a testemunha absoluta, segundo o teste de médias.

Os níveis crescentes de V% também aumentaram significativamente as quantidades foliares de N, P, K, Ca, Mg, S e Fe, de forma linear, e de B e Mn de forma quadrática (Figura 28c e d). Silva et al. (2007) observaram que os conteúdos totais de Ca e Mg em mudas de mogno apresentaram valores estatisticamente superiores com a aplicação de 2,5 t/ha. Em vários trabalhos foram encontrados resultados positivos quando do uso de corretivo pela elevação da concentração de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  trocáveis e diminuição da acidez do solo (NOVAIS, 1979; BARROS *et al.*, 1981; GONÇALVES *et al.*, 1986), o que favorece o desenvolvimento do sistema radicular das plantas (GONÇALVES & MELLO, 2000).

Tabela 33. Análise química (macronutrientes) das folhas de teca após o final do experimento aos 8 meses de idade, em função de níveis crescentes de V%.

		Análise das folhas (macronutrientes)											
Fonte de variação	G.L.	N		P		K		Ca		Mg		S	
		(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)
		----- Valor de F -----											
Tratamento	4	1,172 <sup>ns</sup>	5,539**	0,567 <sup>ns</sup>	3,884*	6,217**	4,936*	7,663**	4,058*	12,875**	5,424**	3,471*	6,458**
Repetição	3	0,801 <sup>ns</sup>	0,692 <sup>ns</sup>	0,492 <sup>ns</sup>	0,285 <sup>ns</sup>	0,426 <sup>ns</sup>	1,273 <sup>ns</sup>	0,470 <sup>ns</sup>	0,454 <sup>ns</sup>	0,915 <sup>ns</sup>	0,353 <sup>ns</sup>	1,098 <sup>ns</sup>	1,261 <sup>ns</sup>
CV%		12,88	29,83	25,77	39,99	32,54	22,44	29,59	50,31	26,03	48,90	8,70	26,92
Níveis de V%		Teores e quantidades de macronutrientes											
--- mg dm <sup>-3</sup> ---		g kg <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>
Testemunha		12 b	0,31 b	1,3 a	0,03 b	2 c	0,05 c	9 ab	0,24 b	4,08 a	0,10 b	1,0 a	0,03 b
0		20 a	0,74 b	1,4 a	0,06 b	15 a	0,55 b	4 b	0,15 b	0,88 b	0,04 b	1,2 a	0,05 b
20		17 a	2,04 a	1,3 a	0,15 ab	8 b	0,86 ab	12 ab	1,42 ab	3,15 a	0,39 ab	1,0 a	0,12 a
40		17 a	1,87 ab	1,2 a	0,13 ab	7 b	0,69 ab	15 a	1,59 ab	4,35 a	0,48 ab	1,0 a	0,11 ab
60		17 a	1,80 ab	1,5 a	0,15 ab	6 b	0,60 b	16 a	1,79 a	4,60 a	0,52 a	1,0 a	0,11 ab
80		18 a	2,39 a	1,6 a	0,21 a	8 b	0,99 a	13 a	1,73 a	5,08 a	0,68 a	1,1 a	0,15 a
Regressão		ns	L**	ns	L**	L**,Q**	L*	L**,Q**	L**	L**,Q*	L**	Q**	L**

ns = não significativo; \* = significativo a 5%; \*\* = significativo a 1%; L = linear; Q = quadrática.

Tabela 34. Análise química (micronutrientes) das folhas de teca após o final do experimento aos 8 meses de idade, em função de níveis crescentes de V%.

		Análise das folhas (micronutrientes)									
Fonte de variação	G.L.	B		Cu		Fe		Mn		Zn	
		(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)
		----- Valor de F -----									
Tratamento	4	1,648 <sup>ns</sup>	5,132*	0,697 <sup>ns</sup>	3,514 <sup>ns</sup>	1,288 <sup>ns</sup>	2,887*	7,980**	6,741**	5,792**	2,705 <sup>ns</sup>
Repetição	3	0,130 <sup>ns</sup>	1,258 <sup>ns</sup>	0,734 <sup>ns</sup>	0,474 <sup>ns</sup>	0,732 <sup>ns</sup>	0,868 <sup>ns</sup>	0,855 <sup>ns</sup>	0,891 <sup>ns</sup>	0,175 <sup>ns</sup>	0,255 <sup>ns</sup>
CV%		21,88	26,17	25,18	38,07	22,22	39,73	55,91	78,64	30,03	48,81
Níveis de V%		Teores e quantidades de micronutrientes									
--- mg dm <sup>-3</sup> ---		mg kg <sup>-1</sup>	mg planta <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg planta <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg planta <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg planta <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg planta <sup>-1</sup>
Testemunha		50 a	1,35 c	10 a	0,27 a	695 a	19,49 c	310 a	8,02 b	19 a	0,49 b
0		78 a	3,11 b	7 a	0,29 a	637 a	28,00 b	139 b	5,54 c	18 a	0,75 a
20		63 a	7,16 a	7 a	0,81 a	587 a	70,12 a	385 a	48,56 a	17 a	2,01 a
40		75 a	7,87 a	8 a	0,88 a	468 a	51,26 ab	160 b	16,91 b	10 ab	1,07 a
60		70 a	7,34 a	6 a	0,61 a	497 a	55,81 a	89 b	9,74 b	8 b	0,95 a
80		55 a	7,16 a	6 a	0,83 a	585 a	77,24 a	52 b	6,89 b	10 ab	1,25 a
Regressão		ns	L**,Q*	ns	ns	ns	L*	L**,Q*	Q*	L**	ns

ns = não significativo; \* = significativo a 5%; \*\* = significativo a 1%; L = linear; Q = quadrática.



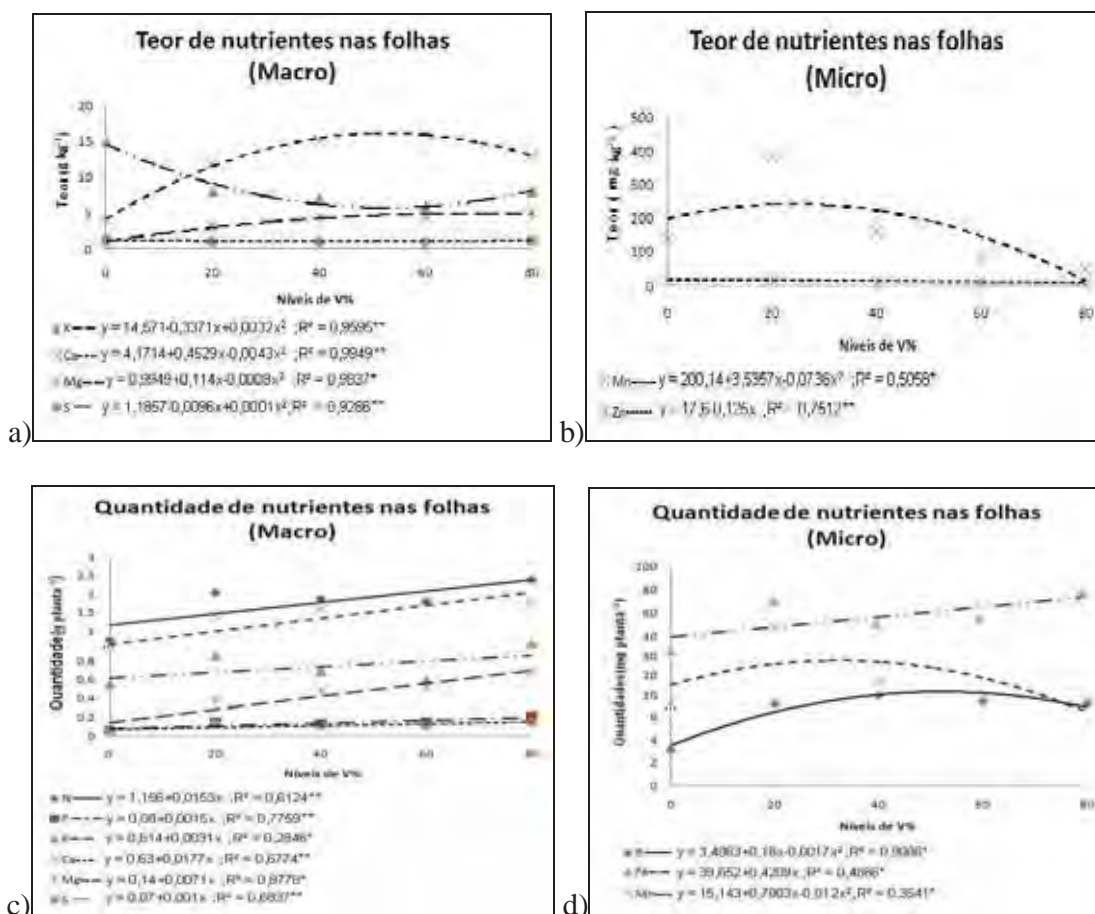


Figura 31. Teores de macro (a) e micronutrientes (b) e quantidades de macro (c) e micronutrientes (d) nas folhas de teca aos 8 meses de idade, em função de níveis crescentes de V%.

Nas Tabelas 35 e 36 são apresentados os resultados de teores e quantidades de nutrientes acumulados no caule das plantas de teca em função dos tratamentos. Os níveis crescentes de saturação por bases influenciaram significativamente nos teores de N (quadrática), Ca (quadrática), Mg (linear), Mn (linear) e Zn (quadrática), com correlações positivas para N, Ca e Mg, e negativa para Mn e Zn (Figuras 32a e b). O teste de médias não constatou diferença significativa entre os tratamentos em relação aos nutrientes analisados. Entre muitas das funções do cálcio nas plantas, uma delas é a redução da solubilidade e toxidez do Mn, Cu e do Al (LOPES, 1998). Silva *et al.* (2007), testando doses de corretivo na formação de mudas de mogno, verificaram que a calagem afetou positivamente a absorção de N, P, K, Ca, Mg, Mn e negativamente de Fe.

Tabela 35. Análise química (macronutrientes) do caule das plantas de teca após o final do experimento aos 8 meses de idade, em função de níveis crescentes de V%.

		Análise do caule (macronutrientes)											
Fonte	G.L.	N		P		K		Ca		Mg		S	
		(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)
		----- Valor de F -----											
Tratamento	4	2,21*	3,704*	1,400 <sup>ns</sup>	4,699*	0,175 <sup>ns</sup>	9,542**	3,541*	4,668*	11,578**	7,972**	1,211 <sup>ns</sup>	4,996*
Repetição	3	0,516 <sup>ns</sup>	0,254 <sup>ns</sup>	0,714 <sup>ns</sup>	0,221 <sup>ns</sup>	1,681 <sup>ns</sup>	0,150 <sup>ns</sup>	0,163 <sup>ns</sup>	1,172 <sup>ns</sup>	0,370 <sup>ns</sup>	0,280 <sup>ns</sup>	0,386 <sup>ns</sup>	0,553 <sup>ns</sup>
CV%		29,56	46,50	19,31	45,21	20,91	26,27	13,59	32,55	15,30	38,75	7,53	35,77
Níveis de V%		Teores e quantidades de macronutrientes											
--- mg dm <sup>-3</sup> ---		g kg <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>
Testemunha		5 a	0,12 c	0,69 a	0,02 b	2 b	0,05 c	10 ab	0,27 b	2,83 ab	0,07 b	0,96 a	0,03 b
0		8 a	0,25 b	0,65 a	0,02 b	7 a	0,23 b	10 ab	0,34 b	1,98 b	0,07 b	0,95 a	0,03 b
20		6 a	0,69 ab	0,60 a	0,07 ab	7 a	0,73 a	9 ab	0,95 ab	3,33 a	0,36 a	0,88 a	0,10 a
40		6 a	0,44 ab	0,65 a	0,05 ab	7 a	0,53 ab	12 a	0,91 ab	3,58 a	0,28 ab	0,95 a	0,07 ab
60		5 a	0,48 ab	0,73 a	0,07 ab	7 a	0,57 ab	11 ab	0,99 a	3,90 a	0,35 a	0,88 a	0,08 ab
80		7 a	0,88 a	0,80 a	0,11 a	7 a	0,85 a	9 b	1,13 a	4,33 a	0,56 a	0,93 a	0,12 a
Regressão		Q**	L**	ns	L*	ns	L*	Q**	L*	L*	L*	ns	L*

ns = não significativo; \* = significativo a 5%; \*\* = significativo a 1%; L = linear; Q = quadrática.

Tabela 36. Análise química (micronutrientes) do caule das plantas de teca após o final do experimento aos 8 meses de idade, em função de níveis crescentes de V%.

		Análise do caule (micronutrientes)									
Fonte de variação	G.L.	B		Cu		Fe		Mn		Zn	
		(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)	(Teor)	(Quant.)
		----- Valor de F -----									
Tratamento	4	1,102 <sup>ns</sup>	4,428*	0,293 <sup>ns</sup>	2,969 <sup>ns</sup>	1,177 <sup>ns</sup>	1,295 <sup>ns</sup>	9,087**	6,447**	29,648**	3,993 <sup>ns</sup>
Repetição	3	1,303 <sup>ns</sup>	0,410 <sup>ns</sup>	1,101 <sup>ns</sup>	1,288 <sup>ns</sup>	1,310 <sup>ns</sup>	0,665 <sup>ns</sup>	0,815 <sup>ns</sup>	0,899 <sup>ns</sup>	2,135 <sup>ns</sup>	0,292 <sup>ns</sup>
CV%		14,43	35,98	27,10	42,38	122,17	78,64	48,66	67,31	15,92	45,25
Níveis de V%		Teores e quantidades de micronutrientes									
--- mg dm <sup>-3</sup> ---		mg kg <sup>-1</sup>	mg planta <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg planta <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg planta <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg planta <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg planta <sup>-1</sup>
Testemunha		54 a	1,38 b	11 a	0,28 a	224 a	5,60 b	77 a	1,87 b	33 a	0,84 c
0		58 a	1,81 b	9 a	0,30 a	355 a	8,62 ab	74 a	2,23 b	34 a	1,06 a
20		54 a	5,93 a	8 a	0,92 a	97 a	10,77 a	65 ab	7,48 a	26 b	2,88 a
40		58 a	4,39 ab	8 a	0,67 a	79 a	5,24 b	28 bc	1,99 b	17 c	1,31 a
60		59 a	5,31 ab	7 a	0,66 a	181 a	17,47 a	15 b	1,46 b	13 c	1,21 a
80		49 a	6,31 a	7 a	0,92 a	129 a	16,73 a	13 b	1,70 b	13 c	1,68 a
Regressão		ns	L**	ns	ns	ns	ns	L**	L*	L**,Q**	ns

ns = não significativo; \* = significativo a 5%; \*\* = significativo a 1%; L = linear; Q = quadrática.

A análise de variância das quantidades de nutrientes acumuladas pelo caule das plantas de teca apresenta influência significativa para N, P, K, Ca, Mg, S, B e Mn, todos de forma linear, com correlações positivas para N, P, K, Ca, Mg, S e B e negativa para Mn (Figura 32c e d). Portanto, até a idade estudada (8 meses), as plantas de teca continuaram absorvendo todos os macronutrientes e B de forma linear, ou seja, respondendo a uma saturação por bases de 80%.

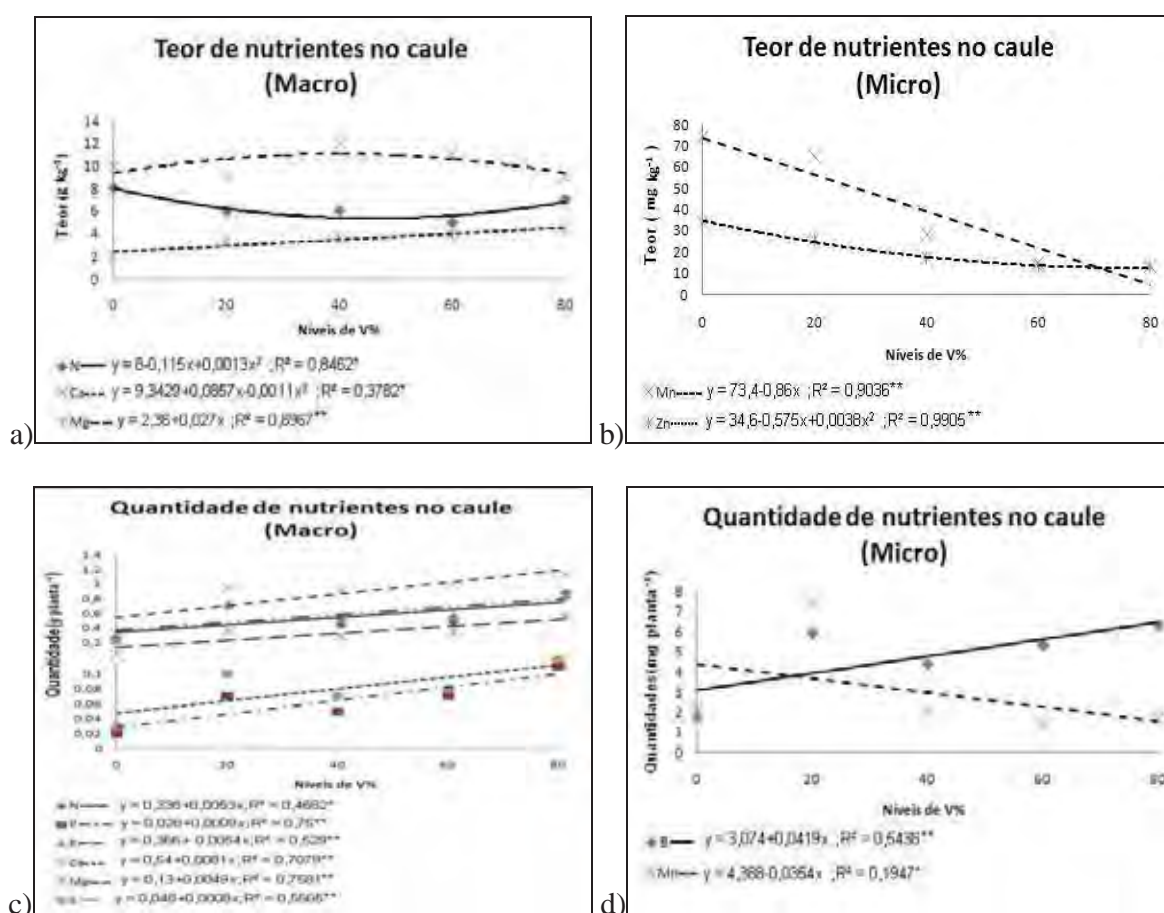


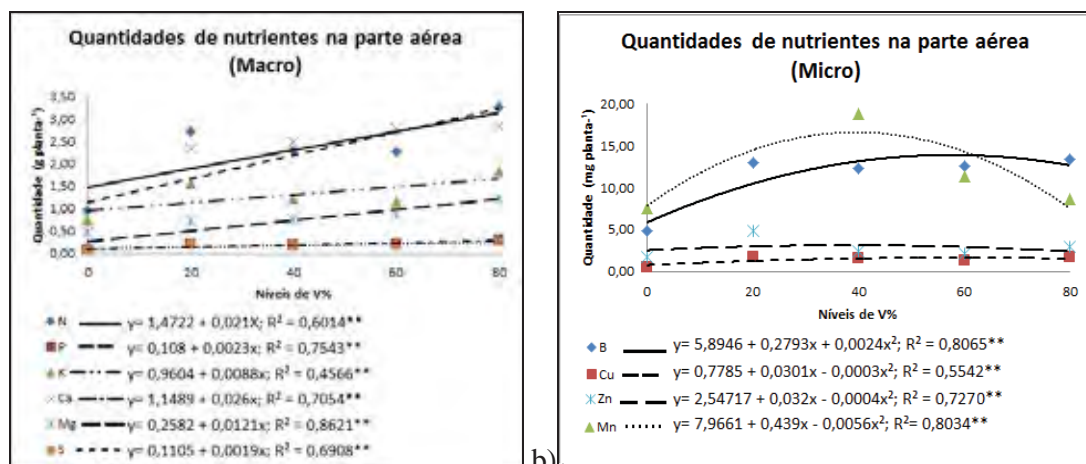
Figura 32. Teores de macro (a) e micronutrientes (b) e quantidades de macro (c) e micronutrientes (d) no caule de teca aos 8 meses de idade, em função de níveis crescentes de V%

Na Tabela 37 pode-se observar que os níveis crescentes de V% aumentaram as quantidades absorvidas de nutrientes na parte aérea, cujos influenciados foram os seguintes: N, P, K, Ca, Mg e S de forma linear crescente (Figura 33a). A melhor absorção de N explica-se devido ao favorecimento da nitrificação da matéria orgânica. A elevação da V%, que tem como veículo a calagem da área, tem como vantagem a liberação do P fixado no solo e como desvantagem a diminuição da disponibilidade de K e alguns micronutrientes como os observados nesta pesquisa (Figura 33b). Furtunato (2001) observou que a calagem proporciona aumento na concentração de N, Ca e Mg nas raízes e parte aérea de grábia (*Apuleia leiocarpa*), bem como de P na parte aérea e diminui a concentração de Mn nas raízes e parte aérea.

Tabela 37. Absorção de macro e micronutrientes pela parte aérea de teca aos 8 meses de idade, em função dos níveis de V%.

Fonte Variação	G.L.	Análise da parte aérea (Nutrientes)										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
----- Valor de F -----												
Trat.	4	5,144**	6,398**	11,553**	4,834**	7,165**	7,505**	5,363**	3,884*	2,605 <sup>ns</sup>	6,809**	3,537*
Rep.	3	0,549 <sup>ns</sup>	0,419 <sup>ns</sup>	1,111 <sup>ns</sup>	0,545 <sup>ns</sup>	0,214 <sup>ns</sup>	1,161 <sup>ns</sup>	1,033 <sup>ns</sup>	0,921 <sup>ns</sup>	0,371 <sup>ns</sup>	0,929 <sup>ns</sup>	0,232 <sup>ns</sup>
CV%		32,65	32,93	18,42	40,68	41,40	28,36	27,74	35,75	41,00	76,37	45,18
Doses V%		Quantidades de Nutrientes										
--- mg dm <sup>-3</sup> ---		----- g planta <sup>-1</sup> -----					----- mg planta <sup>-1</sup> -----					
Testemunha		0,44 b	0,05 b	0,11 c	0,51 b	0,18 b	0,06 b	2,73 b	0,55 b	25,09 a	9,88 b	1,33 b
0		0,96 b	0,08 b	0,76 b	0,48 b	0,10 b	0,07 b	4,82 b	0,57 b	36,14 a	7,59 b	1,77 b
20		2,72 a	0,22 ab	1,57 ab	2,34 ab	0,74 ab	0,21 a	12,95 a	1,70 a	80,96 a	56,26 a	4,81 a
40		2,30 ab	0,18 ab	1,23 bc	2,49 a	0,76 ab	0,18 ab	12,28 a	1,54 a b	56,41 a	18,87 b	2,38 ab
60		2,29 ab	0,21 ab	1,17 bc	2,79 a	0,87 a	0,19 ab	12,64 a	1,27 a b	73,56 a	11,31 b	2,17 ab
80		3,28 a	0,32 a	1,84 a	2,86 a	1,23 a	0,27 a	13,45 a	1,74 a	94,34 a	8,62 b	2,91 ab
Regressão		L**	L**	L**	L**	L**	L**	Q**	Q*	ns	Q**	Q*

ns = não significativo; \* = significativo a 5%; \*\* = significativo a 1%; L = linear; Q = quadrática.



a) b)

Figura 33. Quantidades dos macro (a) e micronutrientes (b) absorvidos pela parte aérea de teca aos 8 meses de idade, em função dos níveis de V%.

## 7. CONCLUSÕES

A teca é uma espécie altamente responsiva à adubação e calagem no momento do plantio.

Dos elementos estudados, o fósforo é o mais exigido e o potássio o menos exigido durante seu desenvolvimento inicial.

Para o tipo de solo e condições estudadas, recomenda-se a seguinte adubação e calagem para o desenvolvimento inicial da teca (em  $\text{mg dm}^{-3}$ ): N= 90; P= 180; K= 70; V%= 70%.



## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARADO, A. **Centro de Investigaciones Agronómicas**. San José, Costa Rica. 2006. Disponível em: < [http://www.ipni.net/ppiweb/ltamn.nsf/\\$webindex/415F7D1D384C7A2685256E1B0014553C](http://www.ipni.net/ppiweb/ltamn.nsf/$webindex/415F7D1D384C7A2685256E1B0014553C)>. Acesso em: 25 mar. 2009.

BARROS, J.G. **Adubação e calagem para formação de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King)**. 2001. 63f. 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, p.90-113. 1981.

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

BUFULIN, L.J. **Avaliação Técnica e financeira da implantação de povoamento de teca (*Tectona grandis* L.f.)**. 2001. 43f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical)-FAMEV/Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2001.

CÁCERES FLORESTAL S/A. **Manual de reflorestamento da teca**. Cáceres, 1990. 27 p.

CAMPOLIN, W. R. **Características físicas e químicas, estoque de matéria orgânica (total e nas frações granulométricas) do solo sob cerrado e teca.** 2006. 49 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

CARVALHO, O.S.; SILVA, O.R.R.F. da.; MEDERIOS, J. da C. Adubação e calagem. In: BELTRÃO, N.E. de M. O Agronegócio do Algodão no Brasil. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia. v. 1, p. 175-210, 1999.

CHAVES, E.; FONSECA, W. Teca (*Tectona grandis* L.f.) espécie de árvore de uso múltiplo em América Central. Turrialba. **Informe Técnico.** Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. n. 179, 1991. 47 p.

COSTA, L.R.M.; PARREIRA, E.M. Projeto de Implantação de 24,20 ha de Teca - *Tectona grandis* - em Carmo do Rio Verde. 2004. Goiás. Disponível em: <<http://www.pertec.org/tec.htm>>. Acesso em: 23 mai. 2009.

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 Florestalis**, Piracicaba, v. 21, n. 66, p. 100 - 107, 2004.

DIAS, L.E.; FARIA, S.M.; FRANCO, A.A. Crescimento de mudas de *Acacia mangium* Willd em resposta à omissão de macronutrientes. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 18, p.123-131, 1994.

DUBOC, E. **Desenvolvimento inicial e nutricional de espécies arbóreas nativas sob fertilização, em plantios de recuperação de áreas de cerrado degradado.** 2005. 153 f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Energia na Agricultura)-Universidade Estadual Paulista/ Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2005.

EMBRAPA - Embrapa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Silvicultura de espécies florestais em Rondônia.** 2004. Disponível em: < <http://www.cpafrro.embrapa.br/embrapa/bases/teca.htm>>. Acesso em: 15 ago. 2009.

FARIA, G.E., et al. Produção e estado nutricional de povoamentos de *Eucalyptus grandis*, em segunda rotação, em resposta à adubação potássica. **Revista Árvore**, v.26, n.5, p.577-584, 2002.

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

FERREIRA, F.A.S. **A interação nitrato, fosfato e sulfato na absorção de fosfato e de sulfato, no crescimento eucalipto e no seu metabolismo de nitrato e sulfato.**1986. 95p. Tese (Mestrado em Solos e nutrição de plantas), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

FIGUEIREDO, E.O.; OLIVEIRA, L.C.; BARBOSA, L.K.F. Teca (*Tectona grandis* L.f.): principais perguntas do futuro empreendedor florestal. Embrapa/Acre. **Documentos**, Rio Branco, n. 97. 2005. 22 p.

FRANÇA, S. **Efeitos da disponibilidade de nitrogênio e água na fotossíntese, crescimento e produção do milho, em diferentes sistemas de cultura.** 2003. 170f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Fitotecnia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

FURTINI NETO, A.E. et al. Acidez do solo, crescimento e nutrição mineral de algumas espécies arbóreas, na fase de muda. **Cerne**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 1-12, 1999.

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 Agronomia)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2001.

GAVA, G.J.C. **Compartimentalização do nitrogênio no sistema solo-planta na implantação da semeadura direta no ciclo da cultura do milho.** 2003. 125f. (Tese de Doutorado). Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

GERWIG, J.L.; AHLGREN, G.H. The effect of different fertility levels on yield, persistence, and chemical composition of alfafa. **Agronomy Journal**, v.50, n.6, p.291-294, 1958.

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

GONÇALVES, J.L. de M.; MELLO, S.L. 2000. O sistema radicular das árvores. In.: GONÇALVES, J.L. de M. & BENEDETI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF. 427p.

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.

HONDA, C.S.; HONDA, A.M. **Cultura da alfafa**. São Paulo: Livrocere, 1990. 245p.

ISMAEL, J.J. **Efeitos da fertilização nitrogenada e da umidade do substrato na aclimação e na adaptação no campo de mudas de Eucalyptus grandis W. (Hill ex Maiden)**. 2001. 106 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal)-Universidade Estadual Paulista/Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2001.

KRISHNAPILLAY, B. Silvicultura y ordenación de plantaciones de teca. **Unasyva**, Roma, v. 51, n. 201, 2000, 14-21 p.

KULKARNI, D.H. Distribution of Teak (*Tectona grandis*) on the northern slopes of the Satpuras, with special relation to geology. In: SILVICULTURAL CONFERENCE, 8., 1951, Dehra Dun. **Proceeding...** Dhera Dun. 1951. p. 254-263.

LAURIE, M. V. Teak and its Lime Requirements. **Indian Forester**, Dhera Dun, v. 67, n. 8, 1931. p. 337-381.

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.

LOPES, S. A. **Manual Internacional de Fertilidade do Solo**. Piracicaba: POTAFOS, 2 ed. 1998. 177p.

MAFFEIS, A.R.; SILVEIRA, R.L.V.A.; BRITO, J.O. Reflexos das deficiências de macronutrientes e boro no crescimento de mudas, produção e qualidade de óleo essencial em *Eucalyptus citriodora*. **Scientia Forestalis**, n. 57, p. 87-98, 2000.

MALAVOLTA, E. **Elementos da nutrição mineral de mudas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. p. 252.

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

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plant**. 2.ed. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.

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

MATRICARDI, W.A.T. **Efeitos dos fatores do solo sobre o desenvolvimento da Teca (*Tectona grandis* L.f.) cultivada na grande Cáceres-Mato Grosso**. 1989. 135p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP. 1989.

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

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 4.ed. Bern, International Potash Institute, 1987. 687p.

MUNIZ, A.S.; SILVA, M.A.G. Exigências nutricionais de mudas de Peroba Rosa (*Aspidosperma polyneurom*) em solução nutritiva. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 19, p. 263-271, 1995.

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

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.

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, 1979. p. 27-66.

OLIVEIRA, J.R.V. **Sistema para cálculo de balanço nutricional e recomendação de calagem e adubação de povoamentos de Teca-Nutriteca**. 2003, 93 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas)-Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2003.

ORLANDO FILHO, J.O.; et al. Relações K, Ca e Mg de solo areia quartzosa e produtividade da cana-de-açúcar. **Stab: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.14, n.5, p.13-17, 1996.

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

PRADO, R.M; VALE, D.W. Nitrogênio, fósforo e potássio na leitura SPAD em porta-enxerto de limoeiro cravo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38. n. 4, p. 227-232, 2008.

RAIJ, B. Van. **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba: POTAFOS, 1981. 142 p.

RAIJ, B. Van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Ceres/Potafós, 1991. 343 p.

REFERÊNCIA: Revista do setor madeireiro. Curitiba: Ed.Jota, n. 24, jul. de 2003. 82 p.

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

RESENDE, A.V.de. et al. Crescimento inicial de espécies florestais de diferentes grupos sucessionais em resposta a doses de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 11, p. 2071-2081, 1999.

SANTOS e SILVA, F. de A. ASSISTAT Versão 7.5 beta (2008). UAEG - CTRN – UFCG, Campinas Grande – PB, Brasil.

SILVA, A.R.M.da. et al. Doses de corretivos na formação de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Acta Amazônia**, Manaus, v. 3, n. 2, p. 195-200, 2007.

SILVA, I.R. **Crescimento inicial, absorção de macronutrientes e eficiência nutricional em espécies florestais nativas submetidas à adubação potássica**. 1996. 57 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.

SILVA, A. R. M. *et al.* Efeitos de doses crescentes de calcário na produção de mudas de sumaúma (*Ceiba pentandra* L. Gaertn). **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 2, p. 295-302, 2008.

SILVA, I.R.; FURTINI NETO, A.E.; CURI, N.; VALE, F.R. do. Crescimento inicial de quatorze espécies florestais nativas em resposta à adubação potássica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília v. 32, p. 205-212, 1997.

SILVEIRA, R.L.V.A.; MALAVOLTA, E. Nutrição e Adubação Potássica em *Eucalyptus*. **POTAFÓS**. Informações Agronômicas. n. 19. set. de 2000.

SIMÕES, J.W.; COUTO, H.T.Z.do. Efeitos da omissão de nutrientes na alimentação mineral do pinheiro do Paraná *Araucaria augustifolia* (Bert.) O. Ktze cultivada em vaso. **IPEF**, Piracicaba, n. 7, p. 3-40, 1973.

SORREANO, M.C.M. **Avaliação da exigência nutricional na fase inicial do crescimento de espécies florestais nativas**. 2006. 296 f. Tese. (Doutorado em Ecologia Aplicada)-Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” e Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, 2006.

TECA JOVEM. 2009. Disponível em: <<http://www.tecajovem.com.br/?sessao=conteudo&cod=56>>. Acesso em: 23 mai. 2009.

TUCCI, C. A. F. *et al.* Adubação e calagem para a formação de mudas de sumaúma (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn). **Ciências Agrárias e Ambientais**, Manaus, v. 11, n. 2/2, 2004.

TUCCI, C. A. F. *et al.* Calagem e adubação para produção 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.

VALERI, S.V.; et al. Efeito de fósforo e cálcio no desenvolvimento e na composição química foliar de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, em casa de vegetação. **IPEF**, Piracicaba, n.29, p.47-53, 1985.

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. 55 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.

WEAVER, P.L. *Tectona grandis* L.f. **Teak.** New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, 1993. 18 p.