

Fertilidade de substratos para mudas de mangabeira, contendo fibra de coco e adubados com fósforo

Thiago Jardelino Dias^{1*}, Walter Esfrain Pereira² e Geocleber Gomes de Sousa¹

¹Programa de Pós-graduação em Manejo de Solo e Água, Universidade Federal da Paraíba, Rua Prof. Xavier Junior, 254, 58397-000, Areia, Paraíba, Brasil. ²Departamento de Ciências Fundamentais e Sociais, Centro de Ciências Agrárias, Areia, Paraíba, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: tjardelino@hotmail.com

RESUMO. Este experimento foi executado no Centro de Ciências Agrárias da UFPB, Areia, Estado da Paraíba, com objetivo de avaliar a fertilidade de substratos compostos por diferentes concentrações de fibra de coco (0 a 40%), esterco bovino (0 a 25%), terra vegetal (25 a 70%), 15% de areia e adubados com superfosfato triplo (0; 5,5 e 11 g L⁻¹). Houve aumento das características químicas desejáveis do substrato com aumento da concentração de terra vegetal, fibra de coco e dose máxima do superfosfato triplo. A fibra de coco provocou aumento do teor de sódio nos substratos. Recomenda-se utilizar o substrato constituído de 0 % de esterco, 46% de terra vegetal, 39% de fibra de coco, 15% de areia e 11 g L⁻¹ de superfosfato triplo para obtenção dos máximos valores estimados de matéria orgânica, potássio, magnésio, cálcio e fósforo, e mínimo para H⁺+Al⁺³ e sódio.

Palavras-chave: *Hancornia speciosa*, resíduos orgânicos, misturas.

ABSTRACT. Fertility of substrata for mangabeira seedlings, containing coconut fiber and fertilized with phosphorus. This experiment was carried out at Centro de Ciências Agrárias of UFPB, Areia, state of Paraíba, whose objective was to evaluate the fertility of the substrata composed by concentrations of coconut fiber from 0 to 40%, manure bovine from 0 to 25.5%, soil from 25 to 70%, sand 15% and triple superphosphate between 0 and 11 g L⁻¹. There was increase of the desirable chemical characteristics to the substratum with the increase of the concentration of soil, coconut fiber and maximum dose of the triple superphosphate. The coconut fiber increased the tenor of sodium in the substrata. It is recommended to use the concentrations of 0% of manure, 46% of soil, 39% of coconut fiber, 15% of sand and 11 g L⁻¹ of triple superphosphate, to obtain the maxima estimated values of organic matter, potassium, magnesium, calcium and phosphorus, and minima for H⁺+Al⁺³ and sodium.

Key words: *Hancornia speciosa*, organic residues, mixtures.

Introdução

A crescente demanda por produtos processados de frutas tropicais fez com que muitas agroindústrias se instalassem no Nordeste brasileiro, as quais têm mostrado extrema dificuldade na obtenção de matérias-primas que garantam o seu pleno funcionamento (Lederman *et al.*, 2000).

A mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) é uma frutífera nativa do Brasil, sendo seu fruto bastante apreciado pelas excelentes características organolépticas e elevado valor nutritivo (Lemos *et al.*, 1989). No entanto, a exploração de uma espécie nativa depende dos conhecimentos técnicos que são escassos, dificultando a exploração da cultura, havendo a necessidade de serem solucionados viabilizando sua exploração comercial (Souza e Araújo, 1999; Donadio *et al.*, 2002).

Para a obtenção de mudas de boa qualidade, faz-se necessária a utilização de substratos, os quais devem apresentar propriedades físicas, químicas e biológicas adequadas e fornecer os nutrientes necessários, requisitos fundamentais no processo germinativo e estabelecimento da muda. Além disso, a qualidade do substrato depende das proporções e dos materiais que compõem a mistura (Silva *et al.*, 2001).

A casca de coco, que em muitas regiões causa transtorno ao serviço de limpeza pública pelo volume e dificuldade de decomposição, vem sendo processada para utilização, pois além da importância econômica e social, produz uma fibra que pode ser utilizada como substrato de boa qualidade para a produção de mudas (Rosa *et al.*, 2001).

A utilização do fósforo na produção de mudas é

indicada por desempenhar função-chave na fotossíntese, além de promover a formação inicial e o desenvolvimento da raiz, aumentando a eficiência da utilização de água pela planta, bem como a absorção e a utilização de todos os outros nutrientes (Malavolta *et al.*, 1997).

Quando variáveis de mistura estão envolvidas em uma otimização, o resultado depende da proporção em que esses componentes se encontram e seus níveis não podem ser variados sem levar em conta os outros componentes. Desta forma, misturas são sistemas cujas propriedades dependem das proporções relativas dos seus componentes e não de suas concentrações (Coscione *et al.*, 2005; Gomez e Diniz, 2002).

A técnica de experimentos com mistura tem sido utilizada principalmente em algumas áreas, como na indústria de alimentos (Kim, 2003) e na indústria química (Coscione *et al.*, 2005). Na pesquisa agrícola, somente nos últimos anos tem sido avaliada a sua utilização (Bondari, 2005).

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a fertilidade dos substratos em diferentes misturas de componentes submetidos à adubação fosfatada.

Material e métodos

Este experimento foi conduzido no Viveiro de Fruticultura do Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Estado da Paraíba. A temperatura e a umidade relativa do ar no período de execução do experimento variaram entre 24-32°C e 60-80%, respectivamente. As sementes foram provenientes de frutos obtidos de plantas adultas que apresentaram crescimento vegetativo e estado fitossanitário satisfatório. Os frutos foram despulpados manualmente para extração das sementes, as quais foram lavadas sob água corrente e postas para secar em local ventilado e parcialmente sombreado durante 1 dia, quando foram semeadas a 1 cm de profundidade em recipientes de polietileno preto com 15 cm de largura e 28 cm de comprimento e com capacidade para 4 litros de substrato.

Os substratos testados foram obtidos pela combinação de esterco bovino (0 a 25%), fibra de coco (0 a 40%), terra vegetal (25 a 70%) e 15% de areia (Tabela 1), adubados com 0; 5,5 e 11 g L⁻¹ de superfosfato triplo. Foram semeadas quatro sementes por saco, sendo realizado desbaste, deixando uma muda por saco, mantido em viveiro coberto com tela de propileno objetivando a

diminuição de 50% da radiação solar, até as mudas emitirem as quatro primeiras folhas.

Tabela 1. Composição dos substratos testados, composto por fibra de coco, matéria orgânica, terra vegetal e areia, adubado com superfosfato triplo.

Tratamentos	Fibra de Coco (%)	Esterco Bovino (%)	Terra Vegetal (%)	Areia (%)	Superfosfato triplo (g L ⁻¹)
01	0,00	25,00	60,00	15,00	0,00
02	0,00	15,00	70,00	15,00	11,00
03	0,00	25,00	60,00	15,00	11,00
04	0,00	20,00	65,00	15,00	5,50
05	8,50	8,50	70,00	15,00	0,00
06	15,00	0,00	70,00	15,00	11,00
07	17,50	25,50	42,00	15,00	11,00
08	17,50	25,50	42,00	15,00	0,00
09	22,00	14,00	49,00	15,00	0,00
10	25,00	7,00	53,00	15,00	11,00
11	27,50	0,00	57,00	15,00	0,00
12	35,00	25,00	25,00	15,00	11,00
13	35,00	25,00	25,00	15,00	0,00
14	35,00	25,00	25,00	15,00	5,50
15	40,00	0,00	45,00	15,00	0,00
16	40,00	0,00	45,00	15,00	5,50
17	40,00	0,00	45,00	15,00	11,00

Os tratamentos foram distribuídos em delineamento em bloco casualizados, com três blocos e quatro mudas por parcela. O experimento foi implantado no mês de novembro de 2004, tendo duração de 150 dias após germinação das sementes, sendo avaliada a composição química do substrato ao início e ao término do experimento, analisando a fertilidade completa dos substratos segundo Embrapa (1999). Os resultados foram submetidos à análise de variância (Tabela 2) e de regressão, apropriada para os experimentos com misturas (Cornell, 2001), considerando até 5% de significância pelo teste F. As análises estatísticas foram realizadas com o software Design Expert 6.0 Trial (Stat-Ease Inc., Minneapolis- MN).

Tabela 2. Esquema do quadro da ANOVA.

FV	GL
Blocos	2
Tratamentos	(16)
Efeito Linear ^a	2
Terra x Esterco	1
Terra x Fibra	1
Terra x P ^b	1
Esterco x Fibra	1
Esterco x P	1
Fibra x P	1
Terra x P ²	1
Esterco x P ²	1
Fibra x P ²	1
Terra x Esterco x Fibra	1
Terra x Esterco x P	1
Terra x Fibra x P	1
Esterco x Fibra x P	1
Fibra x Terra x Esterco x P	1
Resíduo	32
Total	50

^aEfeito isolado do esterco e da fibra de coco; ^bEfeito das doses de superfosfato triplo.

Resultados e discussão

Características químicas iniciais do substrato

A adição de fibra de coco e do esterco proporcionou aumento do teor de matéria orgânica nos substratos, variando entre 25,0 e 63 g kg⁻¹ (Tabela 3). Contribuíram ainda com o aumento do pH, pois com o aumento da matéria orgânica aumentou a capacidade que esta tem de liberar ou receber íons de H⁺, dependendo da disponibilidade desses íons nos substratos, podendo, em alguns casos, atingir até a alcalinidade (Rosa *et al.*, 2002; Vieira Neto, 2001). O pH interferiu nos substratos que se apresentavam mais ácidos, visto que a maioria dos estudos revela que a absorção máxima de fósforo pelas plantas ocorre em pH entre 5,5 e 6,5, porque é nessa faixa de pH que o fósforo é mais adsorvido, sendo encontrado na forma monovalente, H₂PO₄⁻ (Salisbury e Ross, 1991; Schachtman *et al.*, 1998).

Os teores do fósforo nos substratos ultrapassaram os valores considerados altos por Malavolta *et al.* (1997), de 20 mg dm⁻³, atingindo valores de 82,7 e 532,0 mg dm⁻³ nas doses 0,0 e 11,0 g L⁻¹ de superfosfato triplo, respectivamente.

O potássio atingiu teores de até 1.200 mg dm⁻³ devido ao esterco, pois o material ofertado como ração ao rebanho bovino de onde foi coletado o material foi contaminado com a urina dos animais, que é fonte de potássio (Gadelha *et al.*, 2002), fator este que pode ter influenciado também o teor do sódio nos substratos, observado com o aumento da concentração do esterco no volume dos substratos. A fibra de coco também aumentou o teor de sódio nos substratos, porque é um material que apresenta

teores elevados de sódio e de condutividade elétrica, segundo Bezerra e Rosa (2002) e Marrocos *et al.*, (2004). O superfosfato triplo diminuiu o teor do sódio nos substratos, provavelmente por conter aproximadamente 10% de cálcio, que nas reações no substrato ou para com a solução em que o cálcio foi fixado ou adsorvido e o sódio teve maior capacidade para ser lixiviado.

O teor de cálcio variou entre 2,35 a 7,05 cmol_c dm⁻³, sendo que o esterco e a adubação fosfatada contribuíram para o aumento nos teores dos substratos. O esterco era enriquecido em cálcio, uma vez que o material foi coletado de rebanho leiteiro, no qual é fornecido concentrado e farelo de osso, elemento rico em cálcio e o superfosfato triplo por possuir cálcio em sua formulação (Tabela 3).

O magnésio também apresentou valores elevados, atingindo até 2,25 cmol_c dm⁻³, possivelmente sendo o esterco o responsável, porque a elevação do teor de magnésio se dá a medida que é aumentada a concentração de esterco nos substratos, devido à sua composição por apresentar ácidos orgânicos e inorgânicos, que associados à terra vegetal contribuem para a maior disponibilidade do magnésio nos substratos.

Os teores de H⁺ + Al³⁺ e do Al³⁺ diminuíram com a adição do esterco nos substratos, visto que o aumento da matéria orgânica nos substratos reduziu a atividade do alumínio na solução, sendo que as reações de complexação por grupos funcionais da superfície rica em ânions tocáveis da matéria orgânica reagem com o alumínio complexado fixando-o, tornando indisponível a solução do solo.

Tabela 3. Características químicas iniciais de substratos com diferentes concentrações de fibra de coco, esterco bovino, terra vegetal, areia e adubados com superfosfato triplo, para produção de mudas de mangabeira.

Trat.	pH	-- mg dm ⁻³ --			----- cmol _c dm ⁻³ -----				SB	CTC	M.O. g kg ⁻¹
		P	K	Na	H+Al	Al	Ca	Mg			
01	6,8	92	411	0,17	0,41	0,00	4,55	2,25	8,02	8,43	31,7
02	6,4	284	285	0,13	0,99	0,05	5,05	1,75	7,59	8,58	28,8
03	6,6	330	473	0,24	1,16	0,00	4,75	2,05	8,25	9,41	46,8
04	6,8	248	650	0,24	0,91	0,05	8,85	2,35	10,10	11,01	41,9
05	5,9	82	247	0,13	2,48	0,00	3,35	0,85	4,96	7,31	25,6
06	4,8	315	258	0,12	2,48	0,15	5,35	0,95	7,08	9,56	25,0
07	6,4	500	882	0,18	2,31	0,00	6,55	1,45	10,45	12,58	40,8
08	6,6	232	779	0,17	1,82	0,00	5,05	1,25	8,47	10,12	37,0
09	6,4	148	650	0,19	1,32	0,05	4,75	1,85	8,45	9,77	44,6
10	5,4	262	607	0,18	3,63	0,15	5,05	1,35	8,13	11,58	39,2
11	5,2	143	539	0,15	3,14	0,10	3,75	1,15	6,43	9,42	31,1
12	6,3	532	1126	0,30	2,56	0,00	7,05	0,95	11,18	13,74	63,5
13	6,4	287	1160	0,29	2,06	0,00	5,65	1,95	10,86	12,92	52,1
14	6,5	531	1144	0,33	2,39	0,05	6,85	2,15	12,26	14,65	62,8
15	5,5	259	851	0,17	2,39	0,05	2,35	0,75	5,45	7,84	41,9
16	5,1	302	731	0,16	2,81	0,10	3,75	1,35	7,13	9,94	35,6
17	5,0	306	779	0,18	4,29	0,25	5,65	0,75	8,57	12,68	56,4

Houve aumento da soma de bases, demonstrando que os substratos utilizados apresentaram fertilidade adequada e capacidade para atender à demanda nutricional para formação das mudas de mangabeira. A capacidade de troca catiônica CTC resultante da soma de bases, adicionado ao hidrogênio e alumínio, variaram conforme a concentração dos componentes de cada elemento que compunham os substratos, observando-se que a CTC dos substratos, de modo geral, apresentou valores adequados.

Características dos substratos no final do experimento

Verificou-se efeito significativo das interações entre esterco, terra vegetal e superfosfato triplo, como também da fibra de coco, terra vegetal e superfosfato triplo em relação aos teores de matéria orgânica encontrada nos substratos ao término do experimento (Tabela 4).

Tabela 4. Equação de regressão para as características químicas do substrato em função dos componentes: esterco bovino, terra vegetal, fibra de coco e superfosfato triplo.

Característica	Equação	R ²
Matéria Orgânica	$\hat{y} = 2,22A + 0,79B + 0,05C - 0,04AB - 0,04AP + 0,0036^*BC - 0,05BP - 0,15CP + 0,0034^*ABP + 0,0047^*BCP$	0,84
Fósforo	$\hat{y} = 0,54A + 0,70B + 3,25C - 0,08AP + 0,21^{**}BP - 0,08CP$	0,73
Potássio	$\hat{y} = 0,77A + 0,46B + 1,61C + 0,04^{**}AB$	0,38
Cálcio	$\hat{y} = 0,10A + 0,02B + 0,09^*C - 0,0016^*AC - 0,0094AP + 0,0022^{**}BP - 0,00094CP$	0,59
Magnésio	$\hat{y} = 0,01A + 0,01B + 0,01C + 0,000091^{**}AP^2 + 0,05^{**}A + 0,009B + 0,06C - 0,0011AB - 0,0034AC - 0,01AP - 0,0012AC - 0,002BP - 0,0082^{**}CP - 0,000091AP^2 + 0,000093^*BP^2 - 0,00039CP^2 + 0,00005ABC + 0,0002^*ABP + 0,0005ACP + 0,00019BCP - 0,000008^*ABCP$	0,52
Sódio	$\hat{y} = 0,01A + 0,01B + 0,02C - 0,00043AC + 0,00021AP - 0,00057CP + 0,00035^{**}ACP$	0,50

A = esterco bovino; B = terra vegetal; C = fibra de coco; P = superfosfato triplo; *, **: Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

O esterco provocou aumento do teor de matéria orgânica no substrato por apresentar teores elevados de carbono orgânicos em sua composição. A matéria orgânica foi ainda afetada com a adição do superfosfato triplo (Figura 1); isso ocorreu provavelmente porque os microrganismos assimilam determinadas quantidades de fósforo para a formação e o desenvolvimento de suas células (Cardoso et al., 1992; Taiz e Zeiger, 2003). Com a maior disponibilidade de fósforo, resultante da adubação fosfatada, possivelmente houve estímulo ao crescimento da população microbiana, agilizando e quebrando os compostos das cadeias que formam os substratos.

Com o aumento das concentrações de terra vegetal e fibra de coco, houve aumento do teor de matéria orgânica até atingir a concentração média

nos substratos, passando, a partir desse ponto, a decair, atingindo os valores próximos aos iniciais para a concentração máxima da terra vegetal e da fibra de coco nos substratos.

As atividades microbianas dependem basicamente das relações existentes entre o carbono do material a ser decomposto e sua relação entre o nitrogênio e o fósforo. Os substratos testados apresentaram aumento do teor de matéria orgânica à medida que foi aumentada a quantidade de fósforo. Esse aumento de fornecimento e da disponibilidade do fósforo resultou em uma diminuição e adequação da relação C/P, o qual propiciou o crescimento das populações microbianas, passando a predominar o processo de mineralização sobre o de imobilização (Moreira, 2004).

Observou-se interação significativa da terra vegetal e do superfosfato triplo, independentemente da dose de superfosfato triplo para os teores de fósforo no substrato (Tabela 4). O maior teor de fósforo nos substratos foi observado nas maiores concentrações de terra vegetal e fibra de coco e na menor concentração de esterco, ou seja, o esterco contribuiu negativamente para o teor de fósforo disponível (Figura 2).

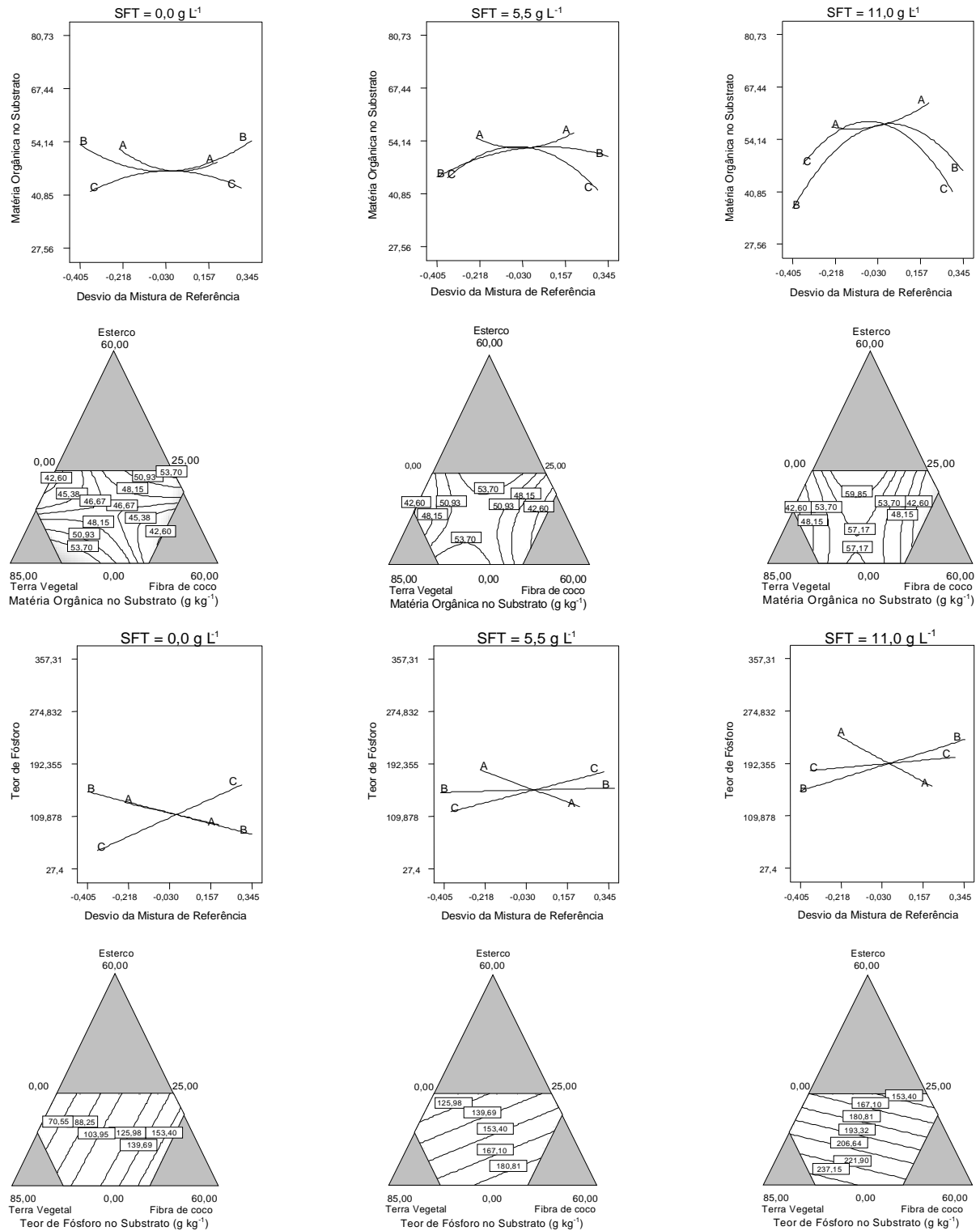
Pode-se afirmar que o aumento da concentração de esterco, inoculador de microrganismos ao substrato, que encontrando material a ser degradado como a fibra de coco e disponibilidade de fósforo, promoveu o aumento das populações de microrganismos solubilizadores, ocasionando uma baixa na disponibilidade do fósforo.

Foi observada interação significativa com relação aos teores de potássio encontrados no substrato entre o esterco e a terra vegetal (Tabela 4). Os teores iniciais de potássio foram classificados como altos, variando de 240 até 1200 mg dm⁻³, passando a variar entre 62 e 88 mg dm⁻³ ao final do experimento (Figura 2). Esses elevados teores iniciais devem-se possivelmente que o material de origem da terra vegetal apresenta mineral de ortoclásio, moscovita, biotita ou leucitas, ou ainda uma possível contaminação do local coletado por fertilizantes ou cinzas. A diminuição do teor de potássio nos substratos se deve provavelmente aos processos de lixiviação e de absorção pelas mudas.

A fibra de coco promoveu aumento do teor de potássio por apresentar teores elevados de cloreto de potássio, os quais podem ser diminuídos com lavagem em água corrente. As espécies de plantas pesquisadas até o momento não têm apresentado restrições de crescimento ou indícios de toxidez decorrentes da utilização da fibra de coco como parte do substrato,

além de não ter sido observado acúmulo excessivo de potássio nas plantas (Carrijo *et al.*, 2002). Houve, ainda, o aumento do teor de potássio com o aumento da

concentração do esterco. O aumento da terra vegetal diminuiu o teor de potássio nos substratos; já o superfosfato triplo não interferiu.



A = Esterco bovino; B = Terra vegetal; C = Fibra de coco

Figura 1. Teor de matéria orgânica e de fósforo no substrato em função dos seus componentes.

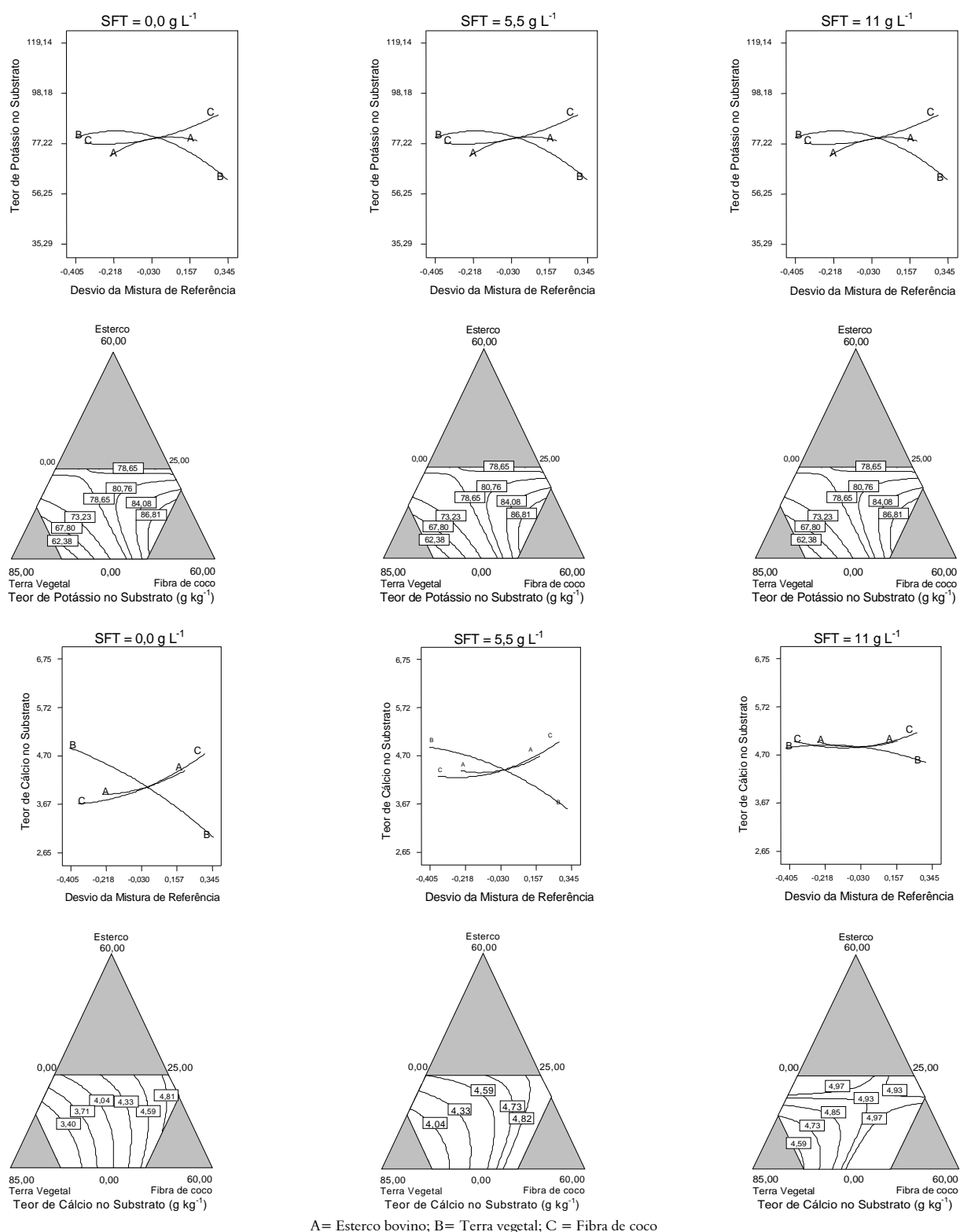


Figura 2. Teor de potássio e cálcio no substrato em função dos seus componentes.

Para medir a disponibilidade de potássio no solo pode-se utilizar a relação entre o potássio e a CTC, denominada Índice de Disponibilidade de Potássio (IDP). Recomenda-se que o IDP não ultrapasse 3%

para prevenir a lixiviação (Vilela *et al.*, 2002; Kinpara, 2003).

O IDP variou de 6,9 até 27,7% nos substratos no início do experimento, atingindo valores não

superiores a 4,2% devido à diminuição dos teores de potássio nos substratos ao término do experimento. Isso ocorreu porque o potássio no solo comporta-se como um íon de cátion monovalente, e nesse estado é altamente reativo, tornando-se facilmente lixiviado, adsorvido ou fixado (Correia, 1986). Além de sua alta reatividade e afinidade com outro elemento, as constantes drenagens do substrato realizadas pelas irrigações diárias também contribuíram para essa redução (Oliveira, 2003; Oliveira 2004).

Para os teores de Ca encontrados no substrato, verificou-se efeito significativo das interações entre a terra vegetal e o superfosfato triplo, e ainda para esterco e fibra de coco (Tabela 4). A fibra de coco, por apresentar concentração de Ca em torno de $0,12 \text{ g kg}^{-1}$ (Sodré *et al.*, 2002), contribuiu significativamente, tanto de forma isolada quanto nas interações com o esterco, para o aumento do teor de cálcio no substrato (Figura 3). Isso provavelmente ocorreu pela mineralização do material fibroso e do esterco pela ação de microrganismos; além disso, como a matéria orgânica contida no esterco apresenta cargas de natureza eletrostática relativamente fracas, provavelmente o potássio que se encontrava retido na matéria orgânica pode ter sido trocado estequiometricamente pelo cálcio, que comporta-se como um íon divalente positivo (Ca^{++}), sendo fortemente adsorvido aos colóides do solo, ficando o potássio disponível na solução do solo, exercendo efeito da lixiviação proveniente das constantes irrigações, possibilitando a liberação de Ca.

O teor de cálcio, ao término do experimento, continuou muito alto, não havendo perdas por deslocamento, nem mesmo carência nos substratos, visto que os valores mantiveram-se superiores a $4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Malavolta, 1997).

Para o teor de magnésio, verificou-se interação significativa entre o esterco e o superfosfato triplo nos substratos (Tabela 4). O esterco contribuiu para seu aumento, atingindo valores superiores a $1,10 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Efeito contrário foi obtido em relação à terra vegetal e à fibra de coco (Figura 3).

A terra vegetal, nas concentrações intermediárias, foi a que proporcionou maior teor de magnésio ao substrato, uma vez que apresenta grande quantidade de humus e de matéria orgânica, sendo rica em magnésio fornecido pela decomposição das folhas devido à presença de clorofila, cujos pigmentos contêm um composto rico em magnésio, substâncias complexas de porfirina-magnésio (Assis *et al.*, 2004).

A fibra de coco, componente pobre em

magnésio, possui apenas $0,10 \text{ g kg}^{-1}$ de magnésio em sua composição (Sodré *et al.*, 2002), por isso a fibra de coco é indicada para a formação de substratos associados a outros materiais.

Observou-se efeito significativo da interação entre o esterco, a terra vegetal, a fibra de coco e superfosfato triplo para com os teores de sódio no substrato. O aumento da concentração de esterco diminuiu o teor de sódio no substrato (Figura 4), sendo esse efeito maior com o aumento das doses de superfosfato triplo. Foi a fibra de coco a que mais contribuiu com o aumento do teor de sódio na dose máxima de superfosfato triplo, porém foi na dose $5,5 \text{ g L}^{-1}$ que atingiu o menor teor de sódio no substrato.

A fibra de coco apresenta valores elevados de sódio e de condutividade elétrica (Bezerra e Rosa, 2002; Marrocos *et al.*, 2004), sendo recomendado que durante o processo de transformação industrial no beneficiamento do coco verde para fibra de coco sejam realizados processos de lixiviação de sais, com lavagem de água corrente de boa qualidade. Mesmo assim, ao término do processo a fibra ainda apresenta valores elevados, sendo indicada a diluição da fibra de coco com outros materiais para proporcionar adequados teores de sódio e de condutividade elétrica.

O teor de sódio nos substratos diminuiu com o aumento da dose de superfosfato triplo. Provavelmente isso ocorreu devido ao teor de cálcio ter aumentado no substrato, proveniente do superfosfato triplo (10 a 11,5% de cálcio), diminuindo o estresse salino, preservando a seletividade do potássio e do sódio, deslocando-os para a solução do solo, sendo em sua maior parte lixiviado pela água de irrigação (Melloni *et al.*, 2000), porque o sódio tem comportamento no solo similar ao do potássio, sendo facilmente removido por lixiviação (Rajj, 1991).

Com relação aos teores de $\text{H}^+ + \text{Al}^{+3}$, verificou-se interação significativa entre o esterco, a fibra de coco e o superfosfato triplo. Os valores de $\text{H}^+ + \text{Al}^{+3}$ foram baixos devido à alta disponibilidade de cálcio, que juntamente com o esterco, diminuiram a acidez, e, conseqüentemente, a ação do hidrogênio e do alumínio, pois a acidez do solo é resultado do hidrogênio dissociado, ou seja, na solução do solo, na forma de H^+ (Figura 4). De forma mais específica, era esperado baixo teor de $\text{H}^+ + \text{Al}^{+3}$, porque a estabilidade do pH na faixa entre 6,0 e 6,5 faz com que o comportamento da acidez trocável dos íons de $\text{H}^+ + \text{Al}^{+3}$ seja reduzido pela falta de hidrogênio e alumínio na solução do solo,

associando-se aos colóides de cargas negativas variável e aos composto de trocável, propiciando condições para o crescimento do esterco radicular e estabilidade das mudas (Maria et al., 1993).

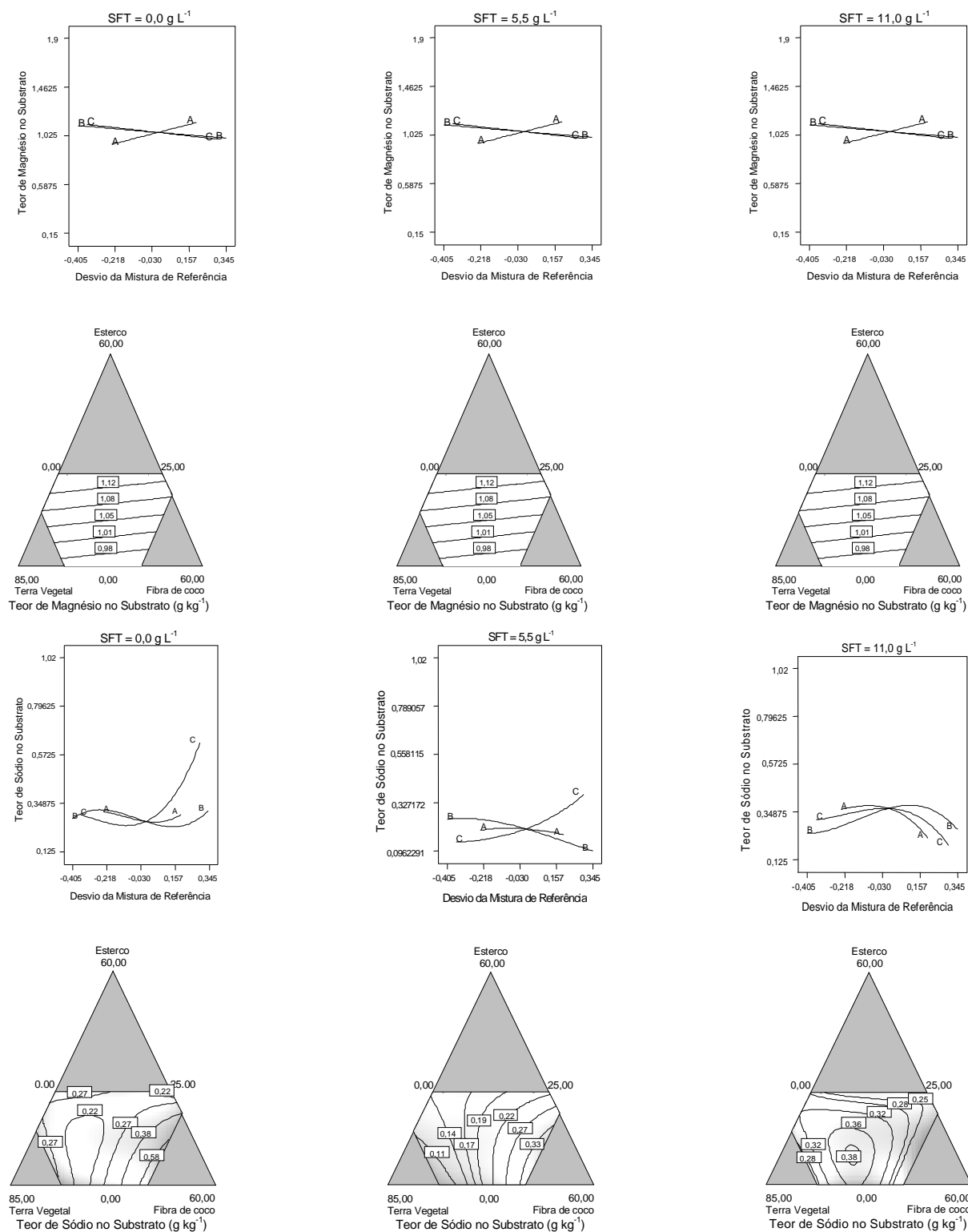


Figura 3. Teor de magnésio e sódio no substrato em função dos seus componentes.

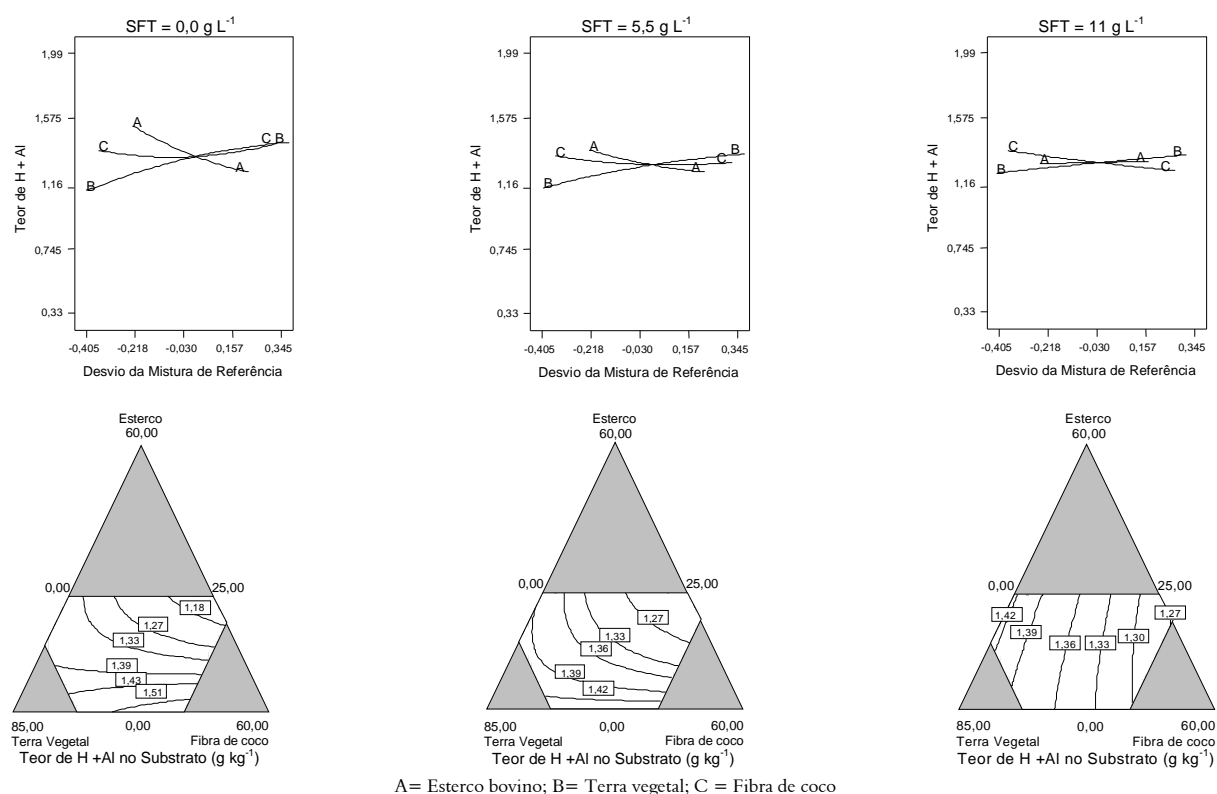


Figura 4. Teor de $H^+ + Al^{+3}$ no substrato em função dos seus componentes.

Para obtenção dos máximos valores estimados da fertilidade do substrato recomenda-se as concentrações de 0% de esterco, 46% de terra vegetal, 3% de fibra de coco e 11 g L⁻¹ de superfosfato triplo (Tabela 5).

Tabela 5. Combinação ideal dos componentes dos substratos para obtenção da melhor fertilidade.

Componentes			Variáveis							
A	B	C	SFT	Ca	H ⁺ +Al ⁺³	Na	Mg	MO	K	P
----- % -----			g L ⁻¹	----- cmol, dm ⁻³ -----	g kg ⁻¹	- mg dm ⁻³ -				
0,00	46,01	38,98	11,00	5,35	1,27	0,21	0,94	48,1	84,5	228,3

A = esterco bovino; B = terra vegetal; C = fibra de coco; SFT = superfosfato triplo; MO = matéria orgânica.

Conclusão

A fertilidade dos substratos avaliados apresentou-se adequada para o crescimento de mudas de mangabeira.

Para obter a máxima fertilidade, recomenda-se o seguinte substrato: 46% de terra vegetal, 39% de fibra de coco, 0% de esterco e 15% de areia, adubado com 11 g L⁻¹ de superfosfato triplo.

Referências

ASSIS, J.S. *et al.* Equilíbrio nutricional e distúrbios fisiológicos em manga 'Tommy Atkins'. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 326-329, 2004.

BEZERRA, F.C.; ROSA, M.F. Pó da casca de coco verde como substrato para plantas. *In: ENCONTRO NACIONAL DE SUBSTRATOS PARA PLANTAS*, 3., 2002, Campinas. *Anais...* Campinas: IAC, 2002. p. 94.

BONDARI, K. Mixture experiments and their applications in agricultural research. *In: SAS® Users Group International Conference 30.*, 2005, Pennsylvania. *Proceedings...* Pennsylvania: SAS Institute Inc., 2005. p. 1-8. Disponível em: <<http://www2.sas.com/proceedings/sugi30/209-30.pdf>>. Acesso em: 8 out. 2005.

CARDOSO, E.L. *et al.* Efeito de doses de superfosfato simples em substrato, sobre o desenvolvimento de mudas de café (Coffea arabica L.) "Mundo Novo" e "Catuai". *Ciência e Prática*, Lavras, v. 16, n. 1, p. 35-38, 1992.

CARRIJO, O.A. *et al.* Fibra da casca do coco verde como substrato agrícola. *Hortic. Bras.*, Brasília, v. 20, n. 4, 2002.

CORNELL, J.A. *Experiments with mixtures: designs, models, and the analysis of mixture data*. 2nd ed. New York: Wiley, 2001.

CORREIA, A.A.D. *Bioquímica nos solos, nas pastagens e forragens*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1986.

COSCIONE, A.R. *et al.* O modelamento estatístico de misturas: experimento tutorial usando voltametria de redissolução anódica. *Química Nova*, São Paulo, v. 28, n. 6, p. 1116-1122, 2005.

DONADIO, L.C. *et al.* *Frutas Brasileiras*. Jaboticabal: Novos Talentos, 2002.

EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Rio

- de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1999.
- GADELHA, R.S.S. et al. Efeito da urina de vaca na produtividade do abacaxi. *Pesq. Agropecu. Desenv. Sust.*, Niterói, v. 1, n. 1, p. 91-95, 2002.
- GOMEZ, P.L.D.; DINIZ, C.A. R. Eficiência de delineamento quase-ótimos em experimentos com misturas. *Rev. de Matemática e Estatística*, São Paulo, v. 20, p.1-14, 2002.
- KIM, S.M. Surimi-alginate gels as affected by setting: a study based on mixture design and regression models. *Food Res. Int.*, Toronto, v. 36, n. 3, p. 295-302, 2003.
- KINPARA, D.I. *A importância estratégica do potássio para o Brasil*. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2003. Série Documentos.
- LEDERMAN, I.E. et al. *Mangaba (Hancornia speciosa Gomes)*. Jaboticabal: Funep, 2000. Série Frutas Nativas, 2.
- LEMOES, R.P. et al. Características pomológicas de mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) da Paraíba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 10., 1989, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: SBF, 1989. p. 346-351.
- MALAVOLTA, E. et al. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. Piracicaba: Potafós, 1997.
- MARIA, L.C. et al. Efeito da adição de diferentes fontes de cálcio no movimento da cátions em colunas de solo. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 50, n. 1, p. 87-98, 1993.
- MARROCOS, P.C.L. et al. *Diagnóstico da produção de mudas do Instituto Biofábrica de Cacau*. Ilhéus, Universidade Estadual de Santa Cruz. Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira - Ceplac, 2004. Disponível em: <<http://www.ceplac.gov.br/Conferencia/DiagBiof.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2005.
- MELLONI, R. et al. Cálcio, magnésio e potássio como amenizadores dos efeitos da salinidade sobre a nutrição mineral e o crescimento de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*). *Cerne*, Lavras, v. 6, n. 2, p. 35-40, 2000.
- MOREIRA, M.F. *Desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea do feijoeiro em função da distribuição e do teor de fósforo no solo*. 2004. Tese (Doutorado)-Escola Superior Agrícola Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2004.
- OLIVEIRA, A.M. *Bicultivo de alfaves americanas consorciadas com cenoura em dois sistemas de cultivo em faixas*. 2003. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Escola Superior Agrícola de Mossoró, Mossoró, 2003.
- OLIVEIRA, E.Q. *Desempenho agroeconômico do bicultivo de alfave consorciada, em faixa, com cenoura*. 2004. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Escola Superior Agrícola de Mossoró, Mossoró, 2004.
- RAIJ, B.V. *Fertilidade do solo e adubação*. Piracicaba: Ceres, 1991.
- ROSA, M.F. et al. *Caracterização do pó da casca de coco verde usado como substrato agrícola*. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2001. (Comunicado Técnico, 5).
- ROSA, M.F. et al. *Utilização da casca de coco como substrato agrícola*. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002.
- SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. *Plant physiology*. 4. ed. Belmont: Wadsworth, 1991.
- SILVA, D.B. et al. *Frutas do Cerrado*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001.
- SODRÉ, G.A. et al. *Avaliação do crescimento de mudas de cacau repicadas em diferentes substratos*. Ilhéus: Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira, 2002. Disponível em: <<http://www.ceplac.gov.br>>. Acesso em: 9 nov. 2005.
- SOUZA, F.X.; ARAÚJO, C.A.T. *Avaliação de propagação de algumas Spondias agroindustriais*. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 1999. (Comunicado Técnico, 31).
- SCHACHTMAN, D.P. et al. Phosphorus uptake by plants: from soil to cell. *Plant physiology*, Rockville, v. 116, p. 447-453, 1998.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Plant physiology*. Sunderland: Sinauer Associates, 2003.
- VIEIRA NETO, R.D. *Recomendações técnicas para o cultivo da mangabeira*. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001. (Circular Técnica, 20).
- VILELA, H. et al. Produção e composição química do capim elefante Paraíso submetido a três alturas de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002. Recife. *Anais...* Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. CD ROM.

Received on January 17, 2006.

Accepted on June 08, 2007.