

## EFEITO DA COMPACTAÇÃO DO SUBSTRATO NO CRESCIMENTO DE MUDAS DE PUPUNHEIRA<sup>1</sup>

Rafael von Zuben Previtali<sup>2</sup>, Maria Luiza Sant'Anna Tucci<sup>3</sup>, Flávio Bussmeyer Arruda<sup>4</sup>, Regina Célia de Matos Pires<sup>4</sup> e Ana Maria Magalhães Andrade Lagôa<sup>5</sup>

**RESUMO** – A pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth), que vem sendo largamente cultivada no Brasil para produção de palmito, é propagada por sementes, sendo a formação de mudas a etapa bastante importante para o êxito do cultivo. Esta pesquisa foi realizada entre setembro de 2005 e agosto de 2006, em Campinas, SP, e teve por objetivo avaliar a compactação do substrato no crescimento da parte aérea de mudas de pupunheira. As plantas foram cultivadas em vasos de PVC de 25 cm de diâmetro e 27 cm de altura, em substrato arenoso. Os níveis de compactação empregados, impostos mediante o uso de prensa hidráulica, foram: 0; 0,204; 2,037; 4,074; e 6,112 kg cm<sup>-2</sup>, que propiciaram as seguintes densidades: 1,11; 1,12; 1,64; 1,84; e 2,00 g cm<sup>-3</sup>, respectivamente. O efeito dos tratamentos sobre o crescimento das plantas foi avaliado por meio de medidas mensais das variáveis: altura da planta e altura da haste, diâmetro do colo e comprimento da folha mais jovem completamente expandida (folha +1). A densidade de 1,64 g cm<sup>-3</sup> propiciou o maior crescimento em altura total e da haste, diâmetro do colo e comprimento da folha +1, que no fim do experimento corresponderam a 80 cm, 30 cm, 28 cm e 50 cm, respectivamente. Essa foi a densidade em que as mudas se tornaram aptas ao plantio no campo mais cedo, aos cinco meses.

Palavras-chave: *Bactris gasipaes* e Densidade do substrato.

## PEACH PALM SEEDLINGS DEVELOPMENT AS A FUNCTION OF THE SUBSTRATE COMPACTATION

**ABSTRACT** – Peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth) has been widely grown in Brazil for the production of heart-of-palm. The species is propagated by seeds and the formation of seedlings is a very important step for the success of the cultivation. This work was carried out from September, 2005 to August, 2006, in Campinas, SP, and its objective was to evaluate the influence of substrate compactation on the growth of seedlings of peach palm. The seedlings were grown in PVC pots with 25 cm of diameter and 27 cm of height in a sandy substrate. The compactation levels reached by means of a hydraulic press were the following: 0; 0.204; 2.037; 4.074 and 6.112 kg cm<sup>-2</sup>, which corresponded to the following densities: 1.11; 1.12; 1.64; 1.84 and 2.00 g cm<sup>-3</sup>, respectively. The effects of the treatments on seedlings growth were evaluated by monthly measurements of the following growth variables: total height, stem height, stem diameter, length of the rachis of the youngest fully expanded leaf (leaf + 1). The density of 1.64 g cm<sup>-3</sup> provided the highest growth in total height, stem height, stem diameter and length of the youngest fully expanded leaf (leaf + 1), which at the end of the experiment were 80 cm, 30 cm, 28 mm and 50 cm, respectively. This was the density under which seedlings could be transplanted to field earlier, at 5 months of age.

Keywords: *Bactris gasipaes* and Substrate density.

<sup>1</sup> Recebido em 09.09.2009 e aceito para publicação em 22.03.2012.

<sup>2</sup> Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical, Instituto Agronômico de Campinas, IAC, Brasil. E-mail: <rafagrovzp@yahoo.com.br>.

<sup>3</sup> Instituto Agronômico de Campinas, Divisão de Horticultura. E-mail: <tucci@iac.sp.gov.br>.

<sup>4</sup> Instituto Agronômico de Campinas, Centro de Ecofisiologia e Biofísica, Setor de Irrigação e Drenagem. E-mail: <farruda@iac.sp.gov.br> e <rcmpires@iac.sp.gov.br>.

<sup>5</sup> Instituto Agronômico de Campinas, Centro de Ecofisiologia e Biofísica, Setor Fisiologia Vegetal. E-mail: <analagoa@uol.com.br>.



## 1. INTRODUÇÃO

Entre as palmeiras utilizadas para a produção de palmito, destaca-se como opção interessante a pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth), nativa da região tropical das Américas.

O início das pesquisas no Estado de São Paulo com o cultivo da espécie para produção de palmito foi motivado pela necessidade de fonte alternativa de palmito para evitar a exploração predatória da espécie tradicional, o palmitreiro-juçara (*Euterpe edulis* Mart.) da Mata Atlântica, ameaçado de extinção.

Características da pupunheira, como a produção precoce de palmito em relação às espécies tradicionais, a rusticidade e a alta sobrevivência no campo, indicam a possibilidade de cultivá-la para produção de palmito. A capacidade da pupunheira de produzir perfilhos (BOVI, 1998) confere à exploração dessa planta o caráter de cultivo perene, interessante, portanto, para regiões com problemas de conservação do solo. Essas características desejáveis e os resultados favoráveis das primeiras pesquisas sinalizaram para a possibilidade do cultivo da pupunheira para palmito no Estado de São Paulo.

Atualmente, a área plantada naquele Estado com a pupunheira está em expansão e pode ser estimada em 3.900 ha, 90% dos quais no litoral e vale do Ribeira e, os restantes, no planalto paulista (ANEFALOS et al., 2007). Em termos nacionais, vários aspectos do cultivo da pupunheira para palmito têm sido estudados, inclusive seu desempenho em sistemas agroflorestais (BENTES-GAMA et al., 2005).

A pupunheira é propagada por mudas cuja formação, fase muito importante para o êxito do cultivo, deve ser conduzida de tal forma a permitir que as plantas possam se desenvolver sem restrições, expressando o seu vigor. Estudos têm sido realizados no sentido de diminuir o período de formação de mudas de pupunheira, quer seja por meio de processos que aumentem a velocidade de germinação, quer seja pela utilização de substratos e adubações químicas e orgânicas que favoreçam o seu desenvolvimento (SILVA; FALCÃO, 2002).

Trabalhos sobre a produção de mudas de pupunheira têm sido amplamente realizados nas últimas décadas, evidenciando-se aqueles sobre a natureza

dos substratos empregados (JULCA-OTINIANO et al., 2001), o crescimento e a nutrição mineral (SILVA; FALCÃO, 2002).

Com respeito, no entanto, à influência da compactação do substrato na formação de mudas de pupunheira, em toda a literatura consultada uma única referência foi encontrada (BORDIN et al., 2006), em que os autores não observaram influência do aumento dos níveis de densidade do substrato no crescimento da parte aérea das mudas. Ao contrário, para outras espécies de importância econômica, a compactação do substrato tem sido bastante estudada em vasos em condição de casa de vegetação, a exemplo da soja (QUEIROZ-VOLTAN et al., 2000; SILVA; ROSOLEM, 2001; 2002), milho (FOLONI et al., 2003), forrageiras (MAPFUMO et al., 1998) e espécies florestais (OUDEN; VOGELS, 1997).

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a influência da compactação de um substrato arenoso no crescimento de mudas de pupunheira.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação durante o ano agrícola 2005 - 2006, na Fazenda Tapera, Município de Campinas, SP, a 22°54' S, 47°05' O e 674 m s.n.m. As mudas de pupunheiras inermes, provenientes de sementes de Yurimaguas, Peru, foram cultivadas em substrato arenoso constituído dos primeiros 20 cm de solo de textura franco argiloarenosa, tipo Latossolo Amarelo álico, horizonte A moderado, coletado em Pariquera-Açu, SP, tradicional área de cultivo da pupunheira no Estado de São Paulo. O substrato apresentou as seguintes características físicas e químicas: areia grossa – 324 g kg<sup>-1</sup>; areia fina – 186 g kg<sup>-1</sup>; silte – 262 g kg<sup>-1</sup>; argila – 228 g kg<sup>-1</sup>; pH (CaCl<sub>2</sub>) – 4,1; matéria orgânica – 44,0 g dm<sup>-3</sup>; H+Al<sup>3+</sup> – 72,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; CTC – 106,9 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; V – 33,0%; P<sub>Resina</sub> – 14,0 mg dm<sup>-3</sup>; K – 2,3 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca – 23,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg – 10,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Fe – 129,0 mg dm<sup>-3</sup>; Mn – 10,1 mg dm<sup>-3</sup>; Cu – 0,5 mg dm<sup>-3</sup>; Zn – 2,1 mg dm<sup>-3</sup>; e B – 0,43 mg dm<sup>-3</sup>.

Para o plantio foram utilizados vasos cilíndricos de PVC com volume de 13,3 L, 27 cm de altura e 25 de cm diâmetro, preenchidos com o substrato, com uma camada de brita e areia de 2 cm no fundo, para facilitar a drenagem, cuja umidade foi uniformizada a 16,9%. Mediante o uso de prensa hidráulica, foram aplicados quatro níveis de compactação (tratamentos):

0,204; 2,037; 4,074; e 6,112 kg cm<sup>-3</sup>. Na testemunha (sem compactação), os substratos não foram submetidos à prensagem.

Após a montagem dos vasos, cada um recebeu uma plântula de 10 cm de altura em média, com várias radículas e bom estado fitossanitário. Para o plantio, a fim de não danificar a estrutura física dos vasos, foi aberto um orifício no centro de cada um, com o auxílio de trado. Foram realizadas três irrigações semanais com fornecimento de quantidades iguais de água em todos os vasos.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, tendo como fatores: cinco níveis de compactação e 11 épocas de avaliação. O experimento foi instalado em parcela subdividida no tempo, com três repetições. A pupunheira é uma espécie de domesticação recente, com reprodução por sementes, havendo, portanto, alta variabilidade genética. A fim de minimizar esse efeito, foi realizada criteriosa seleção nas várias fases do plantio.

As respostas das plantas aos tratamentos foram registradas pelas seguintes variáveis consideradas importantes em análise de crescimento de pupunheiras (CLEMENT; BOVI, 2000): altura total da planta, altura da haste, diâmetro do colo e comprimento da folha +1 e a folha mais jovem completamente desenvolvida, segundo a nomenclatura de Tomlinson (1990). As medidas de altura total (cm) foram realizadas com régua, do colo até a ponta da folha mais alta; a altura da haste (cm) foi medida com régua do colo até a região onde a folha +1 se insere na haste; o diâmetro do colo (mm) foi medido com paquímetro digital no coleto da planta acima da superfície do solo; e o comprimento da folha +1 foi medido com régua desde a inserção do primeiro folíolo basal até a extremidade apical da ráquis. As avaliações foram mensais, realizadas durante 11 meses para as variáveis altura total, altura da haste e comprimento da folha +1 e durante 10 meses para o diâmetro do coleto.

No início de março de 2006, foram coletadas amostras indeformadas a 10 cm de profundidade, para determinação da densidade do substrato (g cm<sup>-3</sup>), em três repetições por tratamento. As amostras foram coletadas com anéis volumétricos de cerca de 3 cm de altura e 4,8 cm de diâmetro e, uma vez que as dimensões variavam ligeiramente entre os anéis, o volume de cada anel foi determinado individualmente.

Efetuar-se a análise de variância e comparações de médias de crescimento pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas pelo software SISVAR 5.1 (FERREIRA, 2007). Os dados de crescimento em altura da planta e da haste, diâmetro do colo e comprimento da ráquis da folha+1 dos meses de crescimento mais intenso foram submetidos a ajuste linear e os coeficientes angulares das retas, ajustados em relação às densidades, por função quadrática. Os valores de todas as variáveis estudadas, observados no fim do experimento, também foram ajustados em relação às densidades, por função quadrática. Foi realizada análise de correlação simples entre todas as variáveis analisadas, pelo método de Pearson (STEEL; TORRIE, 1980). As regressões foram ajustadas com o auxílio do programa Curve Expert 1.3 (HYAMS, 1997). As equações foram selecionadas em função dos valores de R<sup>2</sup> e do significado biológico.

### 3. RESULTADOS

O efeito do condicionamento do substrato imposto como tratamento foi avaliado por meio da densidade em função da compactação (Tabela 1).

A macroporosidade (Figura 1A) variou entre 14,3 e 30,6%, enquanto a variação da microporosidade (Figura 1B) foi de 27,9 a 37,5.

Foram observadas diferenças significativas em altura total a partir de abril de 2006 (Figura 2A), cerca de 210 dias após o plantio. O maior desenvolvimento

**Tabela 1** – Compactações aplicadas, correspondentes densidades do substrato e dias necessários para que as mudas de pupunheira cultivadas sob essas densidades de substrato alcançassem a altura de 30 cm e o diâmetro do colo de 20 mm apropriados para plantio no campo

**Table 1** – Compactations applied to substrates, corresponding substrates densities and time (days) for peach palm seedlings grown under the mentioned densities to reach the height (30 cm) and the stem diameter (20 mm) suitable for planting in the field

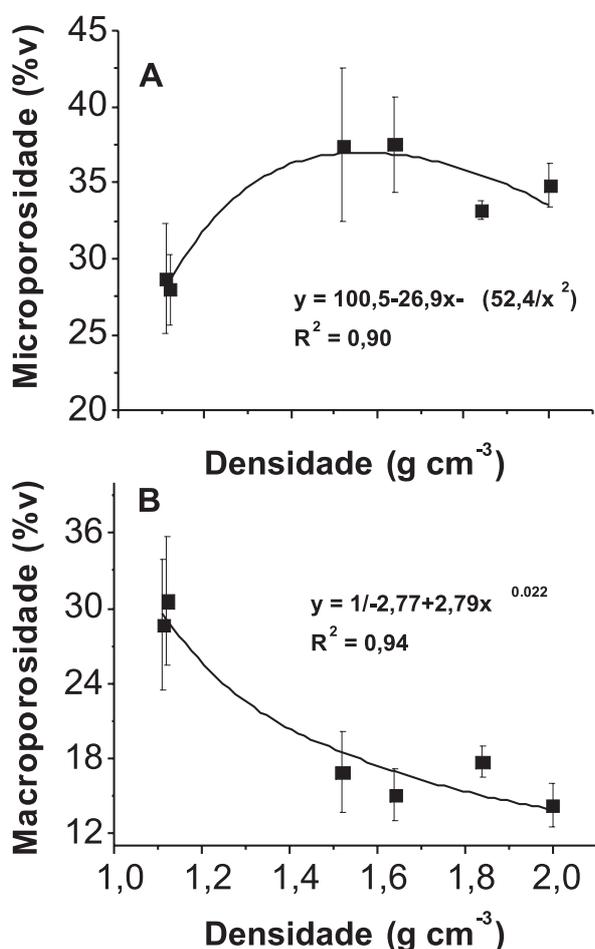
Compactação (kg cm <sup>-3</sup> )	Densidades de substrato (g cm <sup>-3</sup> )	Tempo para alcançar as medidas adequadas para plantio no campo (dias)	
		Altura total	Diâmetro colo
0	1,11	181	242
0,204	1,12	181	273
2,037	1,64	153	212
4,074	1,84	212	242
6,112	2,00	212	Não alcançou

em altura total ocorreu na densidade de  $1,64 \text{ g cm}^{-3}$ , seguido daquele correspondente a  $1,12 \text{ g cm}^{-3}$ . Na primeira, a altura final das plantas foi de 80 cm. A menor altura correspondeu ao tratamento de densidade de  $2,00 \text{ g cm}^{-3}$ , que propiciou altura final de cerca de 40 cm. A partir de março de 2006, 180 dias após o plantio, começaram a ser observadas diferenças significativas entre os tratamentos com relação à altura da haste (Figura 2B). A densidade intermediária, de  $1,64 \text{ g cm}^{-3}$ , da mesma

forma que para a altura total, foi a que propiciou maior crescimento em altura da haste, correspondendo a 30 cm no fim do experimento. O crescimento menos acentuado ocorreu na densidade de  $2,00 \text{ g cm}^{-3}$ , com altura final de 12 cm.

Para o diâmetro do coleto foram verificadas diferenças significativas entre as densidades a partir de abril de 2006 (Figura 2C), 210 dias após o plantio. Nesse estágio até o fim do experimento, maiores diâmetros do colo foram observados no tratamento com densidade de  $1,64 \text{ g cm}^{-3}$ . Nos quatro últimos meses do experimento, nas mudas plantadas em densidade de  $2,00 \text{ g cm}^{-3}$  foi observada correlação negativa significativa entre o diâmetro do colo das mudas e a densidade do substrato ( $P < 0,05$ ;  $r = -0,36$ ). Quanto ao comprimento da folha +1, diferenças significativas entre os tratamentos foram observadas a partir de abril (Figura 2D), quando o comprimento da folha +1, tal como aconteceu com as demais variáveis avaliadas, foi maior nas plantas em substrato com densidade de  $1,64 \text{ g cm}^{-3}$ , correspondendo no último mês do experimento a 50 cm.

A Tabela 1 apresenta o resumo do tempo transcorrido (dias) para que as mudas dos diferentes tratamentos atingissem os requisitos mínimos de altura e diâmetro do coleto para plantio no campo. O melhor desempenho foi observado no tratamento que propiciou ao substrato a densidade intermediária de  $1,64 \text{ g cm}^{-3}$ . Mudas cultivadas nessa densidade de substrato atingiram porte comercial pelo menos 30 dias antes dos demais tratamentos. De acordo com as curvas de crescimento da pupunheira nos diferentes tratamentos (Figura 2), o crescimento mais intenso corresponde à parte linear da curva ( $y = a + bx$ ) e ocorreu entre os 130 e 200 dias após o plantio. Foram calculados os coeficientes angulares dessa parte da curva, os quais foram estudados em função da densidade do substrato (Figura 3). Em todas as variáveis foi observado marcado efeito da densidade do substrato, e os resultados foram representados por uma função do segundo grau, em que se verificou a ocorrência do melhor desempenho nas seguintes densidades, de acordo com o ponto de máxima:  $1,45 \text{ g cm}^{-3}$  para máxima taxa de crescimento em altura,  $1,46 \text{ g cm}^{-3}$  para máxima taxa de crescimento da haste,  $1,43 \text{ g cm}^{-3}$  para máxima taxa de crescimento em diâmetro do coleto e  $1,47 \text{ g cm}^{-3}$  para máxima taxa de crescimento da folha +1.



**Figura 1** – Variação da microporosidade do substrato (%) (A) e de sua macroporosidade (%) (B), em função da densidade do substrato. As barras verticais representam o erro- padrão da média ( $n = 3$ ). Campinas, SP, 2006.

**Figure 1** – Microporosity (%) (A) and macroporosity (%) (B) substrate variation as a function of substrate density ( $n=3$ ). Vertical bars represent the average standard error. Campinas, SP, 2006.

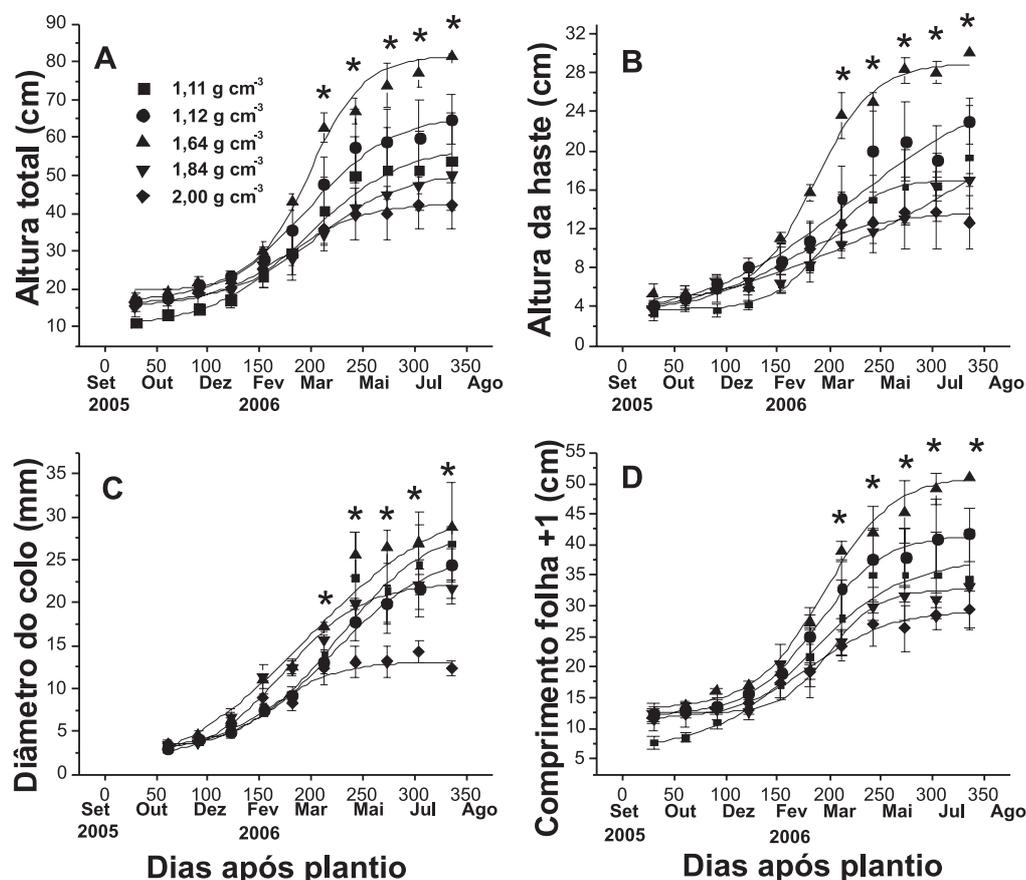


Figura 2 – Curvas de crescimento em função dos dias após o plantio, ajustadas pela função Boltzmann ( $y = a + (b - a) / (1 + e^{(x - c)/d})$ ), com valores médios da altura total (A), altura da haste (B), diâmetro do colo (C) e comprimento da folha +1 (D) de mudas de pupunheira cultivadas em substrato arenoso em cinco densidades. As barras verticais representam o erro-padrão da média, e os asteriscos indicam significância estatística (teste de Tukey,  $p < 0,05$ ,  $n = 3$ ). Campinas, SP, 2005/2006.

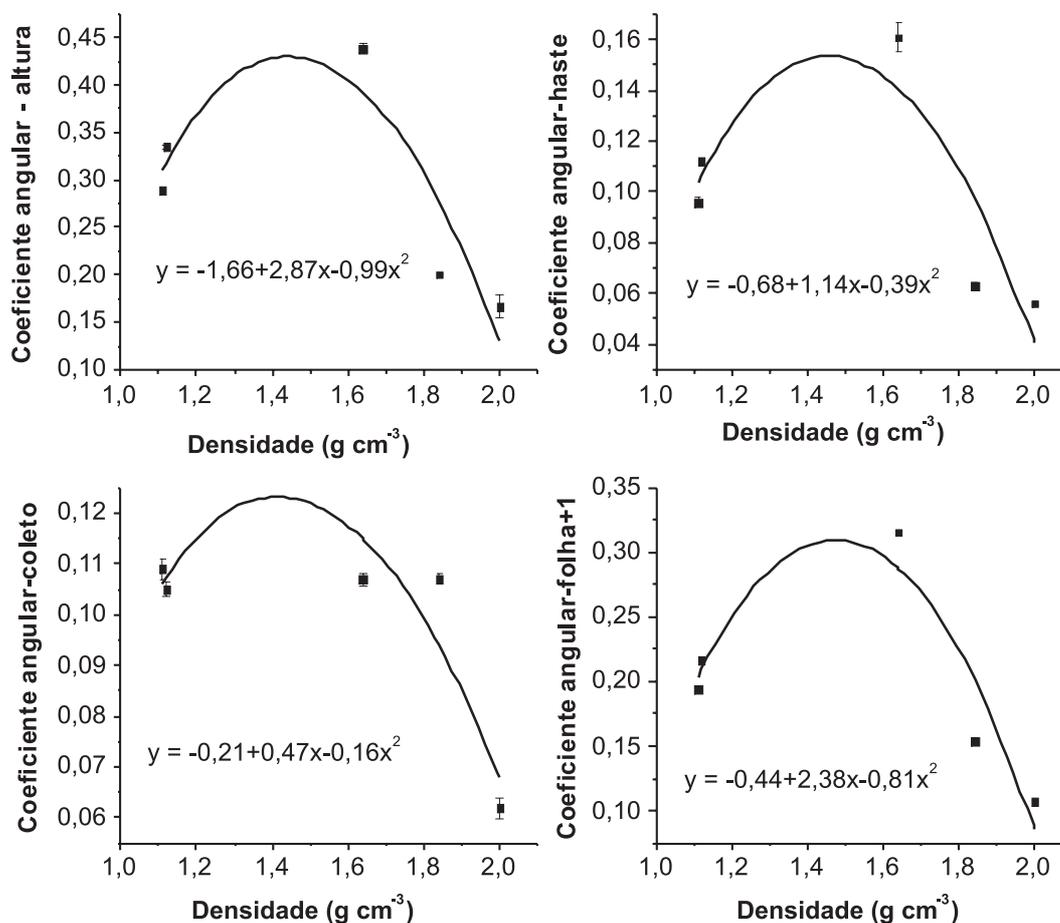
Figure 2 – Growth curves as a function of days after planting, adjusted by Boltzmann function ( $y = a + (b - a) / (1 + e^{(x - c)/d})$ ), with average values of total height (A), stem height (B), stem diameter (C) and leaf +1 length (D) of peach palm seedlings grown in sandy substrate under five densities. Vertical bars represent the average standard error and asterisks indicate statistical significance (Tukey test,  $p < 0,05$ ,  $n = 3$ ).

Os valores finais, medidos em agosto de 2006, foram relacionados às densidades do substrato (Figura 4), mostrando acentuada relação entre eles e admitindo ajuste de equações do segundo grau. Os valores calculados de densidade do substrato que apresentaram melhores resultados foram:  $1,48 \text{ g cm}^{-3}$  para altura total final,  $1,47 \text{ g cm}^{-3}$  para altura final da haste,  $1,43 \text{ g cm}^{-3}$  para diâmetro final do colo e  $1,48 \text{ g cm}^{-3}$  para comprimento total da folha +1. As curvas ajustadas e apresentadas na Figura 4 indicaram a tendência de existência de platô, em que os valores entre o máximo

e próximo do máximo (95% do máximo) ocorreram numa amplitude de densidade de substrato entre  $1,32 \text{ g cm}^{-3}$  e  $1,60 \text{ g cm}^{-3}$ .

#### 4. DISCUSSÃO

Observou-se que com a compactação ocorreu incremento na densidade do substrato próximo de linear até o valor próximo à densidade de  $1,6 \text{ g cm}^{-3}$ , e a partir de então foi necessária a imposição de maior compactação para o adensamento do substrato até um valor máximo



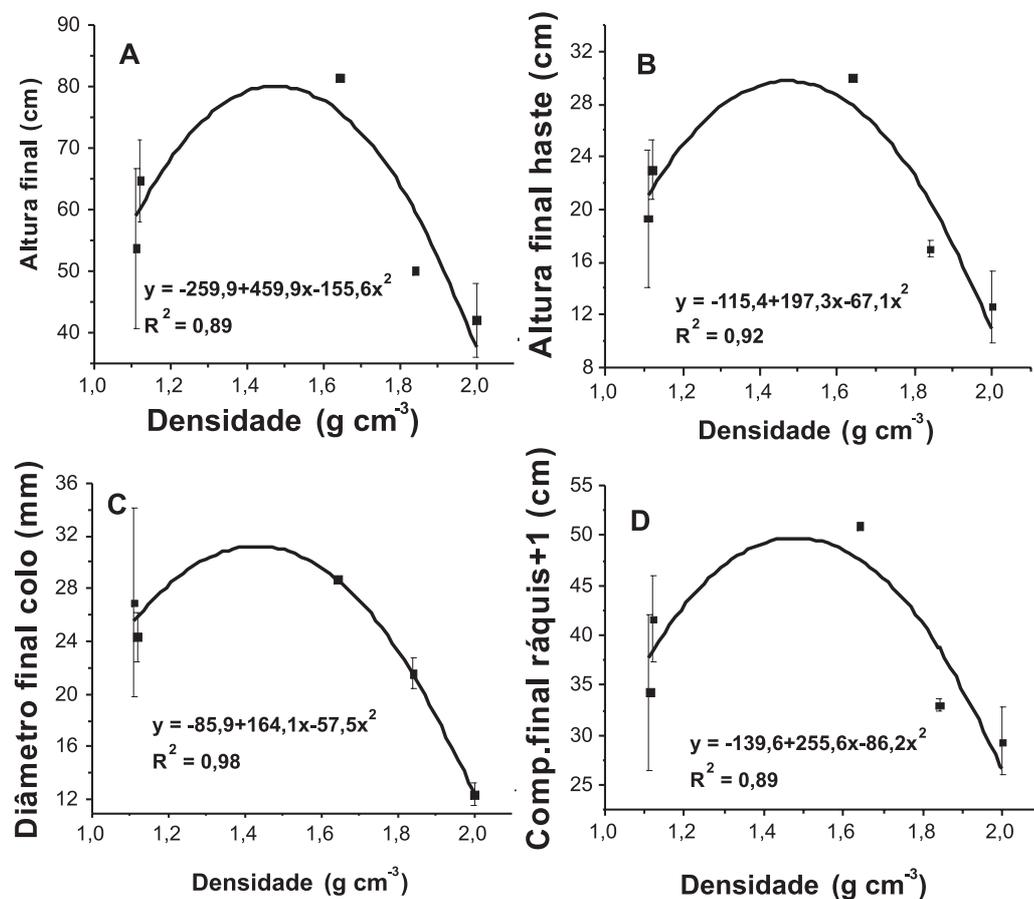
**Figura 3** – Coeficientes angulares da parte exponencial da curva de crescimento ( $y = a + bx$ ), em função da densidade de substrato para a altura total (A), altura da haste (B), diâmetro do coleto (C) e comprimento da folha +1 (D), cm dia<sup>-1</sup>, em função da densidade do substrato, para mudas de pupunheira cultivadas sob cinco níveis de densidade de substrato. Campinas SP, 2005/2006.

**Figure 3** – Angular coefficient of the exponential portion of the growth curve ( $y = a + bx$ ), as a function of substrate density for total height (A), stem height (B), stem diameter (C), and leaf +1 length (D), cm day<sup>-1</sup>, as a function of the substrate density, for peach palm seedlings grown in sandy substrate under five densities. Campinas, SP, 2005/2006.

de 2,0 g cm<sup>-3</sup>. Essa relação entre densidade e compactação é dependente da constituição do solo, do teor de matéria orgânica e da umidade no momento da compactação e foi similar à observada por Braida et al. (2006). O solo utilizado como substrato era de textura franco argiloarenosa, com teor de argila mais silte de 490 g kg<sup>-1</sup> e de matéria orgânica de 44 g dm<sup>-3</sup>, teor elevado de matéria orgânica, segundo Lepsch et al. (1982), que pode reduzir o efeito do adensamento na compactação do solo (DIAS JR.; PIERCE, 1996; DIAS JUNIOR; MIRANDA, 2000; BRAIDA et al., 2006). Arruda et al. (1987), analisando 46 amostras de solos do Estado de São Paulo com textura compatível

ao do utilizado neste trabalho, observaram que cerca de 62% apresentavam, na camada arável, densidade de 1,08 a 1,48 g cm<sup>-3</sup>, representados, portanto, nos valores apresentados na Tabela 1.

Para Mourão Filho et al. (1998), um substrato adequado deve garantir boas características físicas, como boa drenagem e retenção de água. Modificações de importância agrônômica que ocorrem com o aumento da densidade dizem respeito à redução da aeração, à alteração do fluxo de água, à alteração da disponibilidade de nutrientes e ao aumento da resistência mecânica



**Figura 4** – Medidas ao fim do experimento, em agosto de 2006, da altura total (A), altura da haste (B), diâmetro do colo (C) e comprimento da folha +1 (D) de mudas de pupunheira em função da densidade de substrato, ajustadas por função quadrática ( $y = a + bx + cx^2$ ). As barras verticais representam o erro-padrão da média ( $n = 3$ ). Campinas, SP, 2005/2006.

**Figure 4** – Total height (A), stem height (B), stem diameter (C) and leaf +1 length (D), measured at the end of the experiment, on august, 2006, of peach palm seedlings as a function of the substrate density, adjusted by quadratic function ( $y = a + bx + cx^2$ ). Vertical bars represent the average standard error ( $n = 3$ ). Campinas, SP, 2005/2006.

à penetração radicular (CAMARGO; ALLEONI, 1997; COSTA et al., 2003). Assim, as características físicas dos substratos têm fundamental importância no desenvolvimento das plantas.

As variáveis de crescimento avaliadas (Figura 2) foram escolhidas pela facilidade de mensuração e por apresentarem alta correlação com a produção de palmito em pupunheiras, bem como em palmeiras de outros gêneros (BOVI et al., 1990; BOVI et al., 1993; CLEMENT; BOVI, 2000; ARES et al., 2002). Nas palmeiras em geral, a altura da haste e, principalmente, o diâmetro do colo

têm sido apontados como variáveis importantes, pois se correlacionam com o vigor das plantas (MARTEL; CLEMENT, 1987; BOVI et al., 1992). O comprimento da folha +1, que na pupunheira apresenta baixa variabilidade genética, podendo, portanto, ser utilizada na seleção de pupunheiras para palmito (PADILHA et al., 2003), segundo Bovi et al. (1992), mostrou-se positivamente correlacionado com a massa do palmito.

É relevante mencionar que mudas de pupunheira aptas para plantio no campo devem apresentar cerca de 30 cm de altura (BOVI, 1998) e na densidade mais

favorável,  $1,64 \text{ g cm}^{-3}$ . Essa altura foi alcançada a partir de fevereiro de 2005, aos 5 meses. A alta densidade do solo representa um dos fatores que limitam a disponibilidade de água, de oxigênio e de nutrientes às plantas (NADIAN et al., 1998), assim contribuindo para o baixo crescimento em altura total e corroborando os resultados observados na Figura 2A. Esses resultados contrastam com aqueles verificados por Bordin et al. (2006), que, em mudas de pupunheira em vasos com densidades entre  $1,0$  e  $1,44 \text{ g cm}^{-3}$ , portanto em menor amplitude de variação que a deste trabalho, não observaram diferenças significativas para altura total entre as densidades.

A altura da haste é considerada medida vegetativa essencial em análises de crescimento e produção de pupunheiras (CLEMENT; BOVI, 2000), por estar altamente correlacionada com a fitomassa aérea, com a área foliar e com a produção de palmito (BOVI et al., 1993). Os resultados observados nessas variáveis são coerentes com Kopi e Douglas (1991) e Hakansson et al. (1998), segundo os quais substratos com baixos valores de densidade podem provocar menor crescimento de plantas devido à menor absorção de nutrientes, pelo contato deficiente entre o solo e as raízes.

O diâmetro do colo da muda está diretamente correlacionado com a precocidade da planta e com a produtividade de palmito (BOVI, 1998; CLEMENT; BOVI, 2000). Os resultados diferiram daqueles verificados por Bordin et al. (2006), que trabalharam com pupunheiras em quatro diferentes valores de compactação e não observaram diferenças no diâmetro do colo entre os tratamentos. É desejável que mudas de pupunheira para plantio no campo apresentem diâmetro na região do colo entre 15 e 30 mm (BOVI, 1998). Assim, segundo esse critério, apenas a maior densidade ( $2,00 \text{ g cm}^{-3}$ ), provavelmente pelos já mencionados efeitos negativos de altas densidades de substratos sobre as mudas, não propiciou mudas aptas para plantio no campo. Observou-se que, nas densidades de substrato de  $1,64$  e  $1,84 \text{ g cm}^{-3}$ , o diâmetro apropriado para ir ao campo já havia sido alcançado no mês de abril de 2006, sete meses após o plantio.

O melhor desempenho das mudas foi alcançado com a densidade do substrato de  $1,64 \text{ g cm}^{-3}$ , mostrando efeito benéfico de leve compactação do substrato para a produção de mudas. Isso foi certamente devido

ao melhor contato das raízes com o substrato, facilitando o transporte de água e nutrientes para a planta, além da fixação desta. No entanto, os ajustes das equações entre os atributos medidos e a densidade indicaram valor ótimo de densidade mais baixo do que  $1,64 \text{ g cm}^{-3}$ , apresentando amplitude bastante grande. Os resultados indicaram também que o diâmetro do coleto foi o atributo mais sensível em relação à compactação e o comprimento total da folha +1, o menos sensível. O teor elevado de matéria orgânica no solo original e a manutenção de um nível elevado de umidade no solo pelas regas frequentes, além de um sistema radicular vigoroso, característico das mudas de pupunheira, devem ter contribuído para esse grau de tolerância ao adensamento.

#### 4. CONCLUSÕES

O melhor desempenho das mudas de pupunheira foi obtido no tratamento com densidade do substrato de  $1,64 \text{ g cm}^{-3}$ , que foi a densidade em que as mudas se tornaram aptas ao plantio no campo mais cedo, aos cinco meses.

#### 5. REFERÊNCIAS

- ANEFALOS, L. C.; MODOLO, V. A.; TUCCI, M. L. S. Expansão do cultivo da pupunheira no Vale do Ribeira, Estado de São Paulo, 2002-2006. **Informações Econômicas**, v.37, n.10, p.37-43, 2007.
- ARES, A. et al. Allometric relationships in *Bactris gasipaes* for heart-of-palm production agroecosystems in Costa Rica. **Journal of Agricultural Science**, v.138, p.285-292, 2002.
- ARRUDA, F. B.; ZULLO, J. R. J.; OLIVEIRA, J. B. Parâmetros de solo para o cálculo da água disponível com base na textura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.11, n.1, p.11-15, 1987.
- BENTES-GAMA, M. M. et al. Economic analysis of agroforestry systems in eastern Amazônia, Machadinho D'Oeste – RO, Brazil. **Revista Árvore**, v.29, n.3, p.401-411, 2005.
- BORDIN, M. R. F. et al. Desenvolvimento de mudas de pupunheira em Latossolo Argiloso compactado artificialmente em subsuperfície. **Ciência Rural**, v.36, n.1, p.290-203, 2006.

- BOVI, M. L. A. **Palmito pupunha informações básicas para cultivo**, Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), 1998. 50p. (Boletim Técnico, 173)
- BOVI, M. L. A. et al. Relação entre caracteres da planta e do palmito de açazeiros. **Bragantia**, v.49, n.1, p.69-81, 1990.
- BOVI, M. L. A.; SAES, L. A.; GODOY JR., G. Correlações fenotípicas entre caracteres não destrutíveis e palmito em pupunheiras. **Revista Turrialba**, v.42, n.3, p.382-390, 1992.
- BOVI, M. L. A. et al. **Seleção precoce em pupunheiras (*Bactris gasipaes* H.B.K.) para produção de palmito. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE BIOLOGIA, AGRONOMIA E INDUSTRIALIZACIÓN DEL PIJUAYO, 4., 1993, Iquitos. Anais...** Iquitos, 1993. p.177-195.
- BRAIDA, J. A. et al. Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio Proctor. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, n.4, p.605-614, 2006.
- CAMARGO, O.A.; ALLEONI, L.R.F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1997. 132p.
- CLEMENT, C. R.; BOVI, M. L. A. Padronização de medidas de crescimento e produção em experimentos com pupunha para palmito. **Acta Amazônica**, v.30, n.3, p.349-362, 2000.
- COSTA, C. et al. Sample size determination for chlorophyll meter readings on maize hybrids with a broad range of canopy types. **Journal of Plant Nutrition**, v.26, n.5, p.1117-1130, 2003.
- DIAS JUNIOR, M. S.; PIERCE, F. J. O processo de compactação do solo e sua modelagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.20, n.1, p.1-8, 1996.
- DIAS JUNIOR, M.; MIRANDA, E. E. Comportamento da curva de compactação de cinco solos da região de Lavras (MG). **Ciência e Agrotecnologia**, v.24, n.2, p.337-346, 2000.
- FERREIRA, D. F. **SISVAR (Sistema de Análise de Variância para Dados Balanceados)**. Versão 5.1 (Built 72). Lavras: DEX/UFLA/Software Estatístico, 2007.
- FOLONI, J. S. S.; CALONEGO, J. C.; LIMA, S. L. Efeito da compactação do solo no desenvolvimento aéreo e radicular de cultivares de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.8, p.947-953, 2003.
- HAKANSSON, I.; STENBERG, M.; RYDBERG, T. Long-term experiments with different depths of mouldboard ploughing in sweden. **Soil and Tillage Research**, v.46, p.209-223, 1998.
- HYAMS, D. **Curve Expert 1.3: a comprehensive curve fitting system for Windows**. Starkville: 1997. [software].
- JULCA-OTINIANO, A.; ZAPATA, S. L.; COSTA, R. C. Crecimiento de *Bactris gasipaes* Kunth em almácigos con substractos orgánicos de la selva peruana. **Investigación Agrícola, Producción y Protección Vegetal**, v.16, n.3, p.367-378, 2001.
- KOPI, A. J.; DOUGLAS, J. T. A rapid inexpensive and quantitative procedure for accessing soil structure with respect to cropping. **Soil Use and Manegement**, v.7, n.1, p.52-56, 1991.
- LEPSCH, I. F.; SILVA, N. M.; SPIRONELLO, A. Relação entre matéria orgânica e textura de solos sob cultivo de algodão e cana-de-açúcar, no Estado de São Paulo. **Bragantia**, v.41, n.7, p.231-236, 1982.
- MAPFUMO, E. et al. Forage growth and yield components as influenced by subsurface compactation. **Agronomy Journal**, v.90, p.805-812, 1998.
- MARTEL, J. H. I.; CLEMENT, C. R. Comparação preliminar da área foliar de três acessos de pupunha (*Bactris gasipaes* H.B.K., Palmae) oriundos de três populações distintas da Amazônia Ocidental. **Acta Amazônica**, v.16, n.17, p.13-18, 1987.
- MOURÃO FILHO, F. A. A.; DIAS, C. T. S.; SALIBE, A. A. Efeito da composição do substrato na formação de mudas de laranjeira pêra. **Scientia Agricola**, v.55, n.1, p.35-42, 1998.

NADIAN, H. et al. Effects of soil compaction on phosphorus uptake and growth of *Trifolium subterraneum* colonized by four species of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytologist**, v.139, p.155-165, 1998.

OUDEN, J.; VOGELS, D. Mechanical resistance by an ectorganic soil layer on root development of seedling *Pinus sylvestris*. **Plant and Soil**, v.197, p.209-217, 1997.

PADILHA, N. C. C.; OLIVEIRA, M. S. P.; MOTA, M.G.C. Estimate of repeatability in morphological and heart-of-palm production characters in peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth). **Revista Árvore**, v.27, n.4, p.435-442, 2003.

QUEIROS-VOLTAN, R.B.; NOGUEIRA, S.S.S.; MIRANDA, M.A.C. **Aspectos da estrutura da raiz e do desenvolvimento de plantas de soja em solos compactados**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.35, n.5, p. 929-938, 2000.

SILVA, J. R. A.; FALCÃO, N. P. S. Caracterização de sintomas de carências nutricionais em mudas de pupunheira cultivadas em solução nutritiva. **Acta Amazonica**, v.32, n.4, p.529-539, 2002.

SILVA, R. H.; ROSOLEM, C. A. Crescimento radicular de soja em razão da sucessão de cultivos e da compactação do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.6, p.855-860, 2002.

SILVA, R. H.; ROSOLEM, C. A. Influência da cultura anterior e da compactação do solo na absorção de macronutrientes em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.10, p.1269-1275, 2001.

STEEL, R. G.; TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistics**. New York: MacGraw-Hill, 1998. 632p.

TOMLINSON, P. B. **The structural biology of palms**. Oxford: Clarendon Press, 1990. 463p.