

# CARACTERÍSTICAS DO RESÍDUO DE MINERAÇÃO DE AREIA COMO COMPONENTE DE SUBSTRATOS PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE PUPUNHEIRA (*Bactris gasipaes* Kunth)<sup>1</sup>

Valéria Augusta Garcia<sup>2</sup>, Valéria Aparecida Modolo<sup>3</sup>,  
Ana Maria Magalhães Andrade Lagôa<sup>3</sup>, Edson Shigueaki Nomura<sup>4</sup> e Luis Alberto Sães<sup>4</sup>

**RESUMO** – O experimento foi realizado com o objetivo de avaliar as características físicas, químicas e biológica do resíduo fino de mineração de areia como componente de substratos para a produção de mudas de pupunheira. Para isso, foram testados quatro substratos com as proporções de resíduo de mineração de areia:casca de arroz carbonizada (RA:CA): 1:0; 3:1; 1:1; 1:3, e comparados ao substrato testemunha: 3:1 (Latosolo Amarelo Podzólico álico:esterco de búfalo curtido). Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com cinco repetições, com 10 mudas por parcela. As mudas de pupunheira foram produzidas em recipiente com capacidade para 1,1L, em ambiente protegido. Quando as mudas encontravam-se prontas para o transplante, 210 dias após a repicagem, foram determinados diâmetro do coleto, altura da haste, número de folhas, massa seca da parte aérea e radicular. Concluiu-se que o resíduo de mineração de areia pode ter uso no sistema produtivo da pupunheira como componente de substrato para produção de mudas. Sua proporção máxima deve ser de 75% do volume do substrato, sempre agregado a outros materiais para que a composição final apresente densidade seca entre 500 e 800 kg.m<sup>-3</sup>.

**Palavras-chave:** Palmito, Pupunha e Substrato.

## CHARACTERISTICS OF SAND MINING RESIDUES AS COMPONENT OF SUBSTRATE FOR PEACH PALM (*Bactris gasipaes* KUNTH) SEEDLINGS PRODUCTION

**ABSTRACT** – The objective of this experiment was to evaluate the physical, chemical and biological characteristics of fine sand mining residue as a component of the substrate for production of peach palm seedlings. Thus, it was tested four substrate with the proportions of sand mining residue: carbonized rice husk (RA/CA): 1:0; 3:1; 1:1; 1:3, and compared to the control substrate: 3:1 (alic podzolic yellow latosol:buffalo manure). It was used a random block experimental design, with five replications, with 10 seedlings per plot. Peach palm seedlings were produced in 1.1-L containers in a protected environment. When seedlings were ready to be transplanted to the field, 210 days after the transplanting to bags, stem base diameter, seedlings height, number of leaves, dry mass of aerial part and root were measured. It was concluded that residue of sand mining can be used in the production system of peach palm as a component of the substrates for seedling production. Its maximum ratio must be 75% of the substrate volume, and it has to be always combined with other materials so that the dry density of the final composition is between 500 and 800 kg.m<sup>-3</sup>.

**Keywords:** Heart of palm, Peach palm and Substrate.

---

<sup>1</sup> Recebido em 11.03.2009 e aceito para publicação em 18.04.2011.

<sup>2</sup> Pólo Vale do Ribeira - Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, APTA, Brasil. E-mail: <valeriagarcia@apta.sp.gov.br>.

<sup>3</sup> Instituto Agronômico de Campinas, IAC/APTA, Brasil. E-mail: <vamodolo@iac.sp.gov.br> e <alagoa@iac.sp.gov.br>.

<sup>4</sup> Pólo Vale do Ribeira - Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, APTA, Brasil. E-mail: <edsonnomura@apta.sp.gov.br> e <luisalbertosaes@apta.sp.gov.br>.



## 1. INTRODUÇÃO

O palmito é uma iguaria fina, valiosa e de grande aceitação no mercado, tanto no Brasil como no exterior (LIMA et al., 1999). A pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth) é uma espécie bem aceita para a produção de palmito e é considerada uma alternativa promissora no Brasil. O maior produtor de palmito cultivado é o Estado de São Paulo, com cerca de 25% do total implantado no país, seguido de Espírito Santo, Rondônia, Pará, Bahia, Mato Grosso, Goiás, Minas Gerais, Rio Grande do Norte, Amazonas, Acre, Paraná, Santa Catarina (BOVI, 2003). Estima-se que atualmente a área cultivada em São Paulo seja superior a 3.900 ha (ANEFALOS et al., 2007), distribuídos tanto na região litorânea quanto no planalto paulista.

Comparado com outras culturas, poucos trabalhos científicos foram realizados sobre a pupunheira (*B. gasipaes*) para produção de palmito, e muitas são as dúvidas referentes à produção de mudas, principalmente no que tange aos substratos que se devem utilizar nos 6 a 8 meses que a muda permanece no viveiro.

Substrato é definido como um meio físico, natural ou sintético, onde se desenvolvem as raízes das plantas que crescem em um recipiente, com um volume limitado (BALLESTER-OLMOS, 1992), composto por uma ou mais matérias-primas misturadas, que são utilizadas como substituto do solo (MINAMI, 1995). Essa mistura é feita para que as propriedades químicas e físicas se tornem adequadas às necessidades específicas de cada cultivo (FONTENO, 1993).

No Brasil, a normatização oficial de substrato é recente, porém tem ocorrido uma evolução rápida em seu uso e nas técnicas de produção. A existência legal do produto no país ocorreu com o Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004. Mas, de acordo com Kämpf (2004), na prática, o uso de substratos se iniciou bem antes de seu reconhecimento oficial.

Para a produção de muda, podem ser utilizados substratos de origem mineral ou orgânica, natural ou sintético (GUERRERO; POLO, 1989), não existindo um material ou uma mistura de materiais considerada universalmente válida como substrato para todas as espécies (ABAD, 1991), verificando-se a necessidade de avaliar os melhores substratos para cada espécie e em diferentes situações.

Um bom substrato para a formação de mudas deve apresentar certas características, como disponibilidade de aquisição na região, facilidade no transporte, baixo custo, ausência de patógenos, riqueza de nutrientes, e condições adequadas ao crescimento da planta (SILVA et al., 2001).

Dentre as características físicas do substrato, a textura e a estrutura são importantes pela ação sobre a aeração e a retenção de umidade (SOUZA et al, 1995). Com relação às propriedades químicas, o índice de acidez (pH) se destaca devido ao efeito deste sobre a disponibilidade de nutrientes (KÄMPF;FERMINO, 2000). São importantes ainda as propriedades biológicas, destacando-se o grau de infestação de agentes competidores ou causadores de prejuízos às plantas, e daqueles agentes benéficos, como os fungos micorrízicos arbusculares.

No caso de mudas de pupunheira (*B. gasipaes*), há relatos de que o substrato utilizado pode ser composto por terra de boa qualidade e uma fonte de matéria orgânica (esterco, composto de lixo, tortas, composto de usina de beneficiamento de algodão, palha de café, casca de cacau, etc.) na proporção de 3:1, que seja disponível e de fácil aquisição (BOVI, 1998; FONSECA et al., 2001; SILVA, 2007).

Outras formas de substratos são sugeridas, podendo ser composto, de acordo com Ferreira (2005), por uma mistura de 3 a 5 partes de solo franco-arenoso a franco-argilo-arenoso para 1 parte de matéria orgânica; e uma mistura com proporções iguais de terra, areia e esterco foi o que teve melhor resultado dentre os substratos testados por Silva et al. (2006). Lorenzi et al. (1996) recomendam a utilização de um substrato organo-argiloso para produção de mudas de pupunheira (*B. gasipaes*).

Para a composição de substratos, buscam-se materiais regionais que aliem características ideais para a formação de mudas, fácil aquisição e transporte, que possam otimizar e baratear o processo de produção. Algumas empresas são geradoras de resíduos que podem poluir o ambiente, mas que, por outro lado, são passíveis de serem reciclados. O uso destes resíduos como componentes de substratos hortícolas propicia a minimização da poluição decorrente do acúmulo de resíduos no ambiente (SCHMITZ et al., 2002).

Na região do Vale do Ribeira (SP), tem sido constatado o uso do resíduo fino de mineração de areia por produtores de bananeira (*Musa* sp.) e de pupunheira

(*B. gasipaes*). Esse resíduo é obtido da extração de areia de leito de rio, e, de acordo com a Associação dos Mineradores de Areia do Vale do Ribeira (SP), são 11 as empresas associadas, compreendendo 20 minas ativas (portos de areia), que juntas produzem mensalmente cerca de 800 m<sup>3</sup> de resíduo fino de mineração de areia. Esse material é depositado em terrenos próximos ao local de processamento, ocupando, a cada dia, mais áreas que poderiam ser destinadas à agricultura, à conservação ambiental, ou mesmo à restauração florestal sistêmica.

A obtenção de um material alternativo à disposição de produtores e viveiristas, de fácil e constante disponibilidade e de baixo custo, além de indicar um destino final à grande quantidade de resíduo de mineração de areia produzida, ajudaria a minimizar a degradação decorrente do seu acúmulo no meio ambiente, caso se formule um plano de reaproveitamento. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade do uso do resíduo fino de mineração de areia como componente de substrato para a produção de mudas de pupunheira (*B. gasipaes*).

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido entre setembro/2007 e março/2008, na área experimental do Polo Regional de Desenvolvimento Sustentável dos Agronegócios do Vale do Ribeira – APTA, que apresenta as coordenadas 24° 36' 31" S e 47° 53' 48" O, a 25 m de altitude, no município de Pariquera-açu (SP).

O resíduo de areia utilizado no experimento foi oriundo de porto de areia localizado às margens do Rio Ribeira de Iguape, município de Registro/SP, denominado Porto Seguro. Esse resíduo encontrava-se de acordo com as normas da ABNT 10.000/2004, não apresentando teores de metais pesados ou de outro composto químico com valores acima dos recomendados, sendo classificado como Classe II B, ou seja, resíduo inerte não perigoso (Tabela 1), de acordo com análise realizada na Ecolabor Comercial Consultoria e Análises Ltda. em São Paulo (SP), com identificação nº 306828.

Foi realizada a avaliação da taxa de colonização micorrízica do resíduo de mineração de areia no Laboratório de Análises Microbiológicas do Instituto Agronômico Campinas (SP), pelo método de Gerdemann e Nicolson (1963) e de Jenkins (1964), sendo observada a ausência de fungos micorrízicos arbusculares.

A análise granulométrica do resíduo de mineração de areia foi realizada no Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Solos e Recursos Ambientais do Instituto Agronômico, Campinas, SP, conforme método de Camargo et al. (1986), e apresentou: 6% de argila (diâmetro de partículas <0,002mm); 15% de silte (0,002 – 0,053 mm); 21% de areia muito fina (0,053 – 0,105 mm); 33% de areia fina (0,105 – 0,21 mm); 16% de areia média (0,21 – 0,50 mm); 7% de areia grossa (0,50 – 1,00); 2% de areia muito grossa (1,00 – 2,00 mm).

Para a obtenção de plântulas, foram utilizadas sementes de pupunheiras (*B. gasipaes* Kunth) originárias de Yurimáguas, Peru, semeadas em germinadores contendo areia e serragem proveniente de madeira, na proporção 1:1, em ambiente protegido. Após 118 dias da semeadura, apenas plântulas que não apresentavam espinhos (inermes) foram repicadas para sacos de polietileno preto, de 8x20 cm (volume de 1,1 L), preenchidos com os diferentes substratos (tratamentos). Cada recipiente recebeu uma plântula em estágio de uma folha bífida.

Para a composição dos tratamentos, foram utilizadas diferentes proporções volumétricas de resíduo de mineração de areia (RA) e casca de arroz carbonizada (CA), e uma testemunha segundo o padrão recomendado por BOVI (1998), sendo: Tratamento 1 = RA, Tratamento 2 = 3 RA:1 CA, Tratamento 3 = 1 RA:1 CA, Tratamento 4 = 1 RA:3 CA, Tratamento 5 = testemunha (3 Latossolo Amarelo Podzólico álico : 1 esterco de búfalo curtido). O delineamento experimental empregado foi blocos ao acaso, com cinco tratamentos, cinco repetições, contendo dez mudas por parcela.

De acordo com Minami (1995), a utilização de dois ou mais componentes se mostra, geralmente, superior que a utilização de um único material como substrato. A casca de arroz carbonizada foi escolhida para compor, com o resíduo de mineração de areia, alguns dos substratos do experimento devido às suas características físicas e grande disponibilidade na região do Vale do Ribeira (SP).

A testemunha foi elaborada por meio da indicação de Bovi (1998) de se utilizar terra acrescida de uma boa fonte de matéria orgânica curtida (esterco de curral ou composto de lixo ou húmus ou turfa ou palha de café) na proporção de 3:1 em volume. O esterco de búfalo curtido é amplamente utilizado na produção de mudas pelos produtores de pupunheira na região do Vale do Ribeira (SP), tendo em vista a criação de bubalinos e a conseqüente disponibilidade desse material.

**Tabela 1** – Concentrações de elementos obtidas no resíduo de mineração de areia (RA) em amostra bruta, ensaio de lixiviação e ensaio de solubilidade, e os limites máximos (LM) obtidos no extrato de acordo com a ABNT NBR 10.004/2004 para a classificação do resíduo.

**Table 1** – Concentrations of elements observed in sand mining residue (SR) in natural sample, leachate and solubility tests, and their maximum limits (L.M.) set by ABNT – NBR 10.004/2004 – for the classification of the residue.

Elemento	Amostra bruta <sup>1</sup> (mg.kg <sup>-1</sup> )		Ensaio de Lixiviação <sup>2</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )		Ensaio de Solubilização <sup>3</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	
	L.M.	RA	L.M.	RA	L.M.	RA
Alumínio	-	-	-	-	0,2	n.d.
Antimônio	-	0,8	-	-	0,01	n.d.
Arsênio	-	n.d.	1,0	n.d.	-	-
Bário	-	162	70	0,46	0,07	0,06
Berílio	-	1,28	-	n.d.	-	-
Cádmio	-	n.d.	0,5	n.d.	0,05	n.d.
Chumbo	-	17	1,0	n.d.	0,01	n.d.
Cobalto	-	24,3	-	-	-	-
Cobre	-	7,0	-	-	2,0	n.d.
Cromo	-	40	5,0	n.d.	0,05	n.d.
Ferro	-	-	-	-	0,3	0,232
Manganês	-	-	-	-	0,1	0,055
Mercúrio	-	n.d.	0,1	n.d.	0,001	n.d.
Molibdênio	-	n.d.	-	-	-	-
Níquel	-	20	-	-	-	-
Prata	-	n.d.	5,0	n.d.	0,05	n.d.
Selênio	-	n.d.	1,0	n.d.	0,01	n.d.
Sódio	-	-	-	-	200	1,14
Tálio	-	n.d.	-	-	-	-
Vanádio	-	54	-	-	-	-
Zinco	-	99	-	-	5,0	0,122
Cianetos	250	n.d.	-	-	0,07	0,006
Cloretos	-	-	-	-	250	8,4
Fluoreto	-	2.851	150	<0,5	1,5	<0,50
Nitratos	-	-	-	-	10	9,7
Sulfato	-	-	-	-	250	23
Fenóis totais	-	n.d.	-	-	0,01	<0,002
Sulfactantes	-	-	-	-	0,5	<0,28
Classificação do resíduo <sup>1</sup>	Classe II B – inerte não perigoso					

<sup>(1)</sup> NBR 10.004/04 (classificação de resíduos sólidos); <sup>(2)</sup> NBR 10.005/04 (ensaio de lixiviação); <sup>(3)</sup> NBR 10.006/04 (ensaio de solubilização). n.d.: não detectado; (-): não realizado ou não atribuído.

Foram coletadas amostras homogêneas dos substratos para a realização de análises físicas e químicas no Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Solos e Recursos Ambientais do Instituto Agrônomo, Campinas, SP, de acordo com os métodos descritos na Instrução Normativa SDA Nº 17, de 21 de maio de 2007, e por Camargo et al. (1986) com modificação.

Para a determinação da densidade seca (DS):

$$DS \text{ (kg.m}^{-3}\text{)} = DU \text{ (kg.m}^{-3}\text{)} \times \frac{(100 - \text{umidade atual (\%)})}{100}$$

Determinaram-se espaço poroso total (PT) por umidade de saturação do substrato, e espaço preenchido com água (capacidade de retenção de água e microporosidade) e porosidade de aeração (macroporosidade) pela mesa de tensão, e para a análise granulométrica utilizou-se o método da pipeta.

Os substratos de todos os tratamentos receberam adubação química antes de acondicionados nos sacos plásticos, sendo: 500 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> m<sup>-3</sup> e 100 g de K<sub>2</sub>O m<sup>-3</sup>, proveniente de superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente. O Latossolo Amarelo

Podzólico álico utilizado no tratamento testemunha recebeu, 60 dias antes da implantação do experimento, 9,75 kg de calcário dolomítico (PRNT 67) por m<sup>3</sup> de terra, para igualar ao V% do resíduo de mineração (56%).

As mudas foram mantidas em ambiente protegido com irrigação, variando conforme as condições de temperatura e umidade do ambiente, de forma a evitar a ocorrência de déficit hídrico dos substratos. Realizaram-se análises fitossanitárias das mudas no Laboratório de Sanidade Vegetal e Animal da UPD de Registro – APTA para detecção de possíveis doenças. Efetuaram-se pulverizações quinzenais preventivas e curativas com fungicidas a partir de 48 dias do transplante, quando foram observados sintomas de *Colletotrichum* spp. nas folhas. Após 75 dias do transplante, iniciou-se a adubação de cobertura com sulfato de amônia como fonte, aplicando 0,8 g de N por muda.

Após 210 dias da repicagem, determinaram-se em 4 mudas por parcela as variáveis: altura da haste (do solo até o ponto entre a flecha e a folha +1, ou seja, a folha mais nova expandida); o diâmetro do colo (coleta da planta acima da superfície do solo) e o número de folhas funcionais (folhas verdes completamente expandidas).

Na obtenção da massa seca da parte aérea e das raízes, utilizaram-se 3 mudas por parcela, onde, após a separação da parte aérea radicular, cada órgão separadamente foi acondicionado em sacos de papel, identificados e submetidos à estufa de circulação forçada de ar, a 60 °C, até atingirem massas constantes, quando realizou-se pesagem em balança analítica com precisão de 0,01g.

A relação parte aérea : sistema radicular (RPASR) foi calculada pela equação:

$$RPASR = \frac{\text{massa da matéria seca da parte aérea (g)}}{\text{massa da matéria seca do sistema radicular (g)}}$$

Para as variáveis relativas ao crescimento das mudas, foi efetuada análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A densidade (DS) dos substratos secos situou-se entre 461,4 e 949,1 kg.m<sup>-3</sup> (Tabela 2). ADS ideal, de acordo com BUNT (1973), para substratos de cultivo hortícolas, está entre 400 kg.m<sup>-3</sup> e 500 kg.m<sup>-3</sup>, observando-se que apenas o substrato do tratamento 1 RA:3 CA encontrou-se nessa faixa (461,4 kg.m<sup>-3</sup>). O substrato composto unicamente com o resíduo de mineração de areia apresentou quase

**Tabela 2** – Análises físicas e químicas dos substratos que formam os tratamentos: 1 = resíduo de mineração de areia (RA); 2 = 3 RA: 1 casca de arroz carbonizada (CA); 3 = 1 RA:1 CA; T4 = 1 RA:3 CA; 5 = testemunha (3 Latossolo Amarelo Podzólico álico: 1 esterco de búfalo curtido).

**Table 2** – Physical and chemical analyses of the substrates used in the treatments: 1 = sand mining residue (SR); 2 = 3 SR: 1 carbonized rice husk (RH); 3 = 1 SR:1 RH; T4 = 1 SR:3 RH; 5 = control (3 alic podzolic yellow latosol: 1 buffalo manure).

Características	Tratamentos				
	1	2	3	4	5
Densidade Seca (kg.m <sup>-3</sup> )	949,1	842,0	645,3	461,4	621,7
Espaço poroso total (% v/v)	60	62	65	71	76
CRA 10 (% v/v)	56	54	57	44	55
Microporosidade (% v/v)	46	41	36	26	46
Macroporosidade (% v/v)	14	21	30	44	30
Argila (%)	6,08	6,73	6,67	6,95	48,75
Silte (%)	15,34	16,31	18,02	18,03	31,48
Areia total (%)	78,59	76,96	75,31	75,02	19,77
pH	5,6	5,6	6,0	6,6	5,4
EC (mS.cm <sup>-1</sup> )	0,6	0,6	0,7	0,7	2,1
C <sub>org</sub> (%)	2,65	8,91	15,18	22,14	11,95

Método de extração: pH e condutividade elétrica (CE) 1:2. Carbono orgânico (C<sub>org</sub>): método de Walkley-Black. Capacidade de retenção de água (CRA 10): mesa de tensão a 10 cm de coluna d'água (10 hPa). Microporosidade, macroporosidade (mesa de tensão a 60 cm de coluna d'água (60 hPa). Argila: diâmetro de partícula <0,002 mm; silte: entre 0,053 – 0,002 mm; areia total: 2,00 – 0,053 mm.

o dobro da densidade recomendada ( $949,1 \text{ kg.m}^{-3}$ ). Os resultados obtidos quanto à DS mostram que, à medida que se elevou a dose de casca de arroz carbonizada nos substratos, ocorreu decréscimo da densidade e aumento da porosidade total, proporcionando menor microporosidade e maior macroporosidade. Isso também foi observado por Trigueiro e Guerrini (2003) quando aumentou a proporção de casca de arroz carbonizada ao lodo de esgoto em substratos para a produção de mudas de eucalipto. Lacerda et al. afirmam que a porosidade está relacionada com a densidade, pois obtiveram maior porosidade total nos substratos com menores valores de densidade.

A capacidade de retenção de água (CRA 10) dos substratos dos cinco tratamentos apresentou valores próximos aos indicados por Conever (1967), Verdonck et al. (1981) e Penningsfeld (1983), de 50% do volume do substrato.

Quanto ao volume de espaço poroso total (PT), observou-se variação entre 60% e 76% nos tratamentos testados. Para os substratos hortícolas, Verdonck e Gabriels (1988) indicam 85% e Riviere (1980) 75%. Assim, os substratos dos tratamentos 1 RA:3 CA (71%) e 5 (76%) foram os que mais se aproximaram desses valores.

A macroporosidade dos substratos dos tratamentos situou-se entre 14% e 44%, sendo o indicado por Abad et al. (1992) e Ballester-Olmos (1992) para a produção de mudas, variações de 10 a 30%. O tratamento RA apresentou a menor macroporosidade entre todos os substratos testados (14%), já que foi formado unicamente por resíduo de mineração de areia, que, além de apresentar alta densidade, apresenta maior volume de microporos que de macroporos devido à presença de pequenas partículas. O tratamento 1 RA:3 CA apresentou a maior macroporosidade (44%), acima da considerada ideal pelos autores citados, e menor densidade ( $461,4 \text{ kg.m}^{-3}$ ) de todos os tratamentos estabelecidos. Além disso, esse tratamento apresentou partículas com maior diâmetro, devido à casca de arroz carbonizada em 75% de seu volume, responsável pela formação de poros maiores que são ocupados por ar. A casca de arroz carbonizada é um material leve, inerte e não hidratável, que aumenta a porosidade do substrato à medida que se eleva a sua percentagem na mistura, principalmente pela elevação no percentual de poros maiores. Uma característica desfavorável à adição de proporções elevadas de casca de arroz carbonizada

para formação de substratos é a dificuldade na operacionalidade na ocasião do transplante por não propiciar uma boa formação de torrão, como observado por Modolo e Tessarioli Neto (1999) a produção de mudas de quiabeiro (*Abelmoschus esculentus*).

A microporosidade ficou entre 26% e 46%, sendo os tratamentos RA e testemunha os que apresentaram os maiores valores, 46% para ambos. No tratamento testemunha, é provável que o alto valor tenha sido devido à presença de esterco de búfalo curtido, visto que o esterco é um reservatório de umidade (JANICK, 1968). Além disso, observou-se maior quantidade de argila (Tabela 2) nesse material (48,75%), o que eleva a capacidade de retenção de água e a capacidade de reidratação das misturas (RÖBER, 2000). Já o tratamento RA apresentou partículas de argila ( $<0,002 \text{ mm}$ ), de silte ( $0,002 - 0,053 \text{ mm}$ ), grande quantidade de areia muito fina ( $0,053 - 0,105 \text{ mm}$ ) e fina ( $0,105 - 0,21 \text{ mm}$ ), e valores de microporos de 21% e 33%, acarretando maior formação de microporos que são ocupados por água. O tratamento 1 RA:3 CA apresentou o menor valor de microporosidade, o que pode ter prejudicado a retenção e a capilaridade da água no substrato.

Os valores de pH de todos os substratos estão na faixa considerada ideal para substratos de acordo com Ansorena (1994) e Valeri e Corradini (2000). Com respeito à condutividade elétrica (EC), os substratos dos tratamentos RA, 3 RA:1 CA, 1 RA:1 CA e 1 RA:3 CA podem ser caracterizados como moderados em sais solúveis totais, portanto adequados para a maioria das plantas. Já o tratamento testemunha encontra-se na faixa de EC ligeiramente alta ( $1,80 - 2,25 \text{ mS.cm}^{-1}$ ) em sais solúveis totais, de acordo com Bik e Boertje (1975) e Bunt (1988). Nenhum dos substratos apresenta mais de 25% de carbono orgânico, o que é indicado como teor ideal para substratos, sendo o tratamento 1 RA:3 CA o que mais se aproximou deste percentual (22,14%).

As plantas do tratamento RA apresentaram diâmetro do coleto (Tabela 3) menor, significativamente distinto ( $P > 0,05$ ) daquelas desenvolvidas no tratamento testemunha. Como era esperado, observou-se inferioridade do resultado do tratamento RA, e isso se deve, provavelmente, à presença de grande quantidade de partículas finas: argila ( $<0,002 \text{ mm}$ ) e silte ( $0,002 - 0,053 \text{ mm}$ ) além de partículas de areia muito fina ( $0,053 - 0,105 \text{ mm}$ ) e fina ( $0,105 - 0,21 \text{ mm}$ ), 21% e 33%

**Tabela 3** – Médias do diâmetro de coleto (coleta), altura da haste (haste), número de folhas (nº folhas), comprimento das 3 raízes mais compridas (raiz 1, 2 e 3), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do sistema radicular (MSR) e relação massa seca da parte aérea : massa seca do sistema radicular (MSPA/MSR) de 4 mudas de pupunheira (*B. gasipaes* Kunth) cultivadas nos diferentes substratos, em Pariquera-açu (SP).

**Table 3** – Diameter of stem, height of plantlet, number of leaves, length of the 3 longest roots (root 1, 2 and 3), dry mass of aerial part (APDM), dry mass of root system (RDM) and ratio between dry mass of aerial part:dry mass of root system (MSPA/MSR) for 4 peach palm (*B. gasipaes* Kunth) seedlings grown on different substrates, in Pariquera-açu (SP).

Trat	coleta (cm)	haste (cm)	nº folhas (un)	raiz 1 (cm)	raiz 2 (cm)	raiz 3 (cm)	MSPA (g)	MSR (g)	MSPA/MSR (g)
1	0,86b	7,19b	3,07a	18,09a	16,41a	15,14a	1,80b	0,85a	2,12a
2	1,16ab	10,06ab	3,71a	23,28a	19,86a	11,55a	2,68ab	0,89a	3,01a
3	1,06ab	8,70ab	3,01a	23,64a	16,90a	11,65a	1,94b	0,85a	2,27a
4	1,06ab	10,44ab	3,99a	20,61a	16,88a	14,05a	2,74ab	1,62a	1,68a
5	1,20a	11,64a	4,01a	22,15a	18,65a	12,84a	4,99a	2,18a	2,28a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, a 5% , pelo teste de Tukey.

respectivamente (Tabela 2). Essas partículas finas se arranjam entre as mais grossas e formam poros de menor diâmetro e, conseqüentemente, acarretam menor porosidade de aeração. Além disso, a densidade desse substrato é alta (949,1 kg.m<sup>-3</sup>), condizendo com a menor porosidade total desse material. Essas características físicas do substrato do tratamento RA devem ter afetado a respiração das raízes devido à redução da aeração, o que pode ter provocado problemas na absorção de nutrientes, afetando tanto o crescimento do diâmetro do coleto, como a altura da haste.

As medidas da variável altura da haste apresentam-se de maneira semelhante às da variável diâmetro do coleto, tanto para blocos como para tratamentos. Observa-se que a altura da haste das plantas conduzidas no substrato RA diferiu significativamente daquelas do tratamento testemunha. A inferioridade da altura da haste das mudas desenvolvidas no substrato formado por resíduo de mineração de areia puro (RA) se deve provavelmente à sua alta densidade e à baixa porosidade de aeração ou macroporosidade (14%).

Constatou-se que não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ) entre blocos para o parâmetro número de folhas, nem para os diferentes tratamentos. Pode se observar que a quantidade de folhas das mudas de pupunheira após 210 DAR, em todos os tratamentos, foi abaixo das seis folhas expandidas indicadas por Bovi (1998), para se considerar uma muda pronta para se transplantar no campo. Garcia e Fonseca (1991) observaram 5,92 folhas em mudas de pupunheiras produzidas em substrato formado por terço de mata

da parte superficial do solo adicionando adubado mineral, aos 205 dias após a repicagem. A quantidade de folhas das mudas de pupunheira encontrada na avaliação final do experimento, entre 3,01 folhas e 4,01 folhas, provavelmente ocorreu devido à incidência de doenças foliares observadas durante o decorrer do experimento, principalmente nos últimos 60 dias, mesmo efetuando-se o controle fitossanitário.

O desenvolvimento e a eficiência do sistema radicular são influenciados pelo volume e aeração do substrato, contribuindo para tal o tamanho das partículas e a sua textura (STURION, 1981). No entanto, neste experimento, não houve diferença significativa entre os tratamentos quanto ao comprimento das três raízes mais compridas (Tabela 3).

Mesmo com a provável limitação imposta ao crescimento radicular devido à alta densidade do substrato seco do tratamento RA (949,1 kg.m<sup>-3</sup>), as mudas demonstraram-se capazes de superar esse impedimento físico, uma vez que a média do comprimento das três raízes mais compridas não diferenciou com o das mudas submetidas aos outros tratamentos.

Não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos quanto à massa seca do sistema radicular (MSSR), semelhante ao observado para o comprimento das três raízes mais longas. A MSPA das mudas de pupunheira diferiu significativamente entre os tratamentos. As plantas conduzidas no substrato do tratamento testemunha apresentaram maior quantidade de massa seca da parte aérea (4,99 g), seguidas das mudas que cresceram no substrato dos tratamentos

3 RA:1 CA e 1 RA:3 CA (2,68 g e 2,47g respectivamente). Os menores valores foram observados nos substratos dos tratamentos RA e 1 RA:1 CA (1,80 g e 1,94 g respectivamente) de acordo com a Tabela 3.

Pode-se observar que o tratamento RA apresentou-se significativamente inferior à testemunha nas variáveis diâmetro do coletoe altura da haste, o que também ocorreu nos resultados de MSPA quando as mudas encontravam-se no ponto de transplante (após 210 dias da repicagem).

O aumento da densidade de substratos acarreta modificações importantes como aumento da resistência mecânica à penetração radicular, redução da aeração, alteração da condutividade hidráulica e da disponibilidade de água e nutrientes, o que pode restringir o desenvolvimento das plantas, tendo em vista a necessidade de maior gasto de fotoassimilados para sobrelevar impedimento físico (CAMARGO; ALLEONI, 1997). Isso poderia explicar a inferioridade das plantas cultivadas no substrato do tratamento RA para todas as variáveis avaliadas, já que substratos formados por um único material isolado geralmente se mostra inferior que aqueles compostos por dois ou mais, como se pode observar nos resultados dos outros tratamentos.

No desenvolvimento das mudas, verifica-se interdependência entre a parte aérea e as raízes (*feed back*), uma vez que o crescimento do sistema radicular depende do suprimento de carboidratos sintetizados nas folhas e da área foliar (TAVARES JÚNIOR, 2004), e o crescimento da parte aérea depende das propriedades físicas que o substrato proporciona às raízes.

As mudas de pupunheira acumularam mais massa seca na parte aérea (MSPA) que na raiz (Tabela 3) em todos os substratos testados, o que corrobora os resultados de Garcia e Fonseca (1991). De acordo com Daniel et al. (1997) e Barbosa et al. (1997), o indicativo de que a planta mantém proporções adequadas entre o desenvolvimento da raiz e o da parte aérea da planta é que haja uma razão MSPA:MSSR de aproximadamente 2. Nas mudas de pupunheira avaliadas, essa razão ficou entre 1,68 (tratamento 1 RA:3 CA) e 3,01 (tratamento 3 RA:1 CA), demonstrando mais MSPA que a MSSR aos 210 dias após a repicagem.

#### 4. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, pode se concluir que:

- O resíduo de mineração de areia pode ter uso no sistema produtivo da pupunheira (*B. gasipaes* Kunth) como componente de substrato para produção de mudas.

- A proporção máxima de resíduo de mineração de areia para produção de mudas de pupunheira deve ser de 75% do volume do substrato, sempre agregado a outros materiais para que a composição final seca apresente densidade entre 500 e 800 kg.m<sup>-3</sup>.

#### 5. AGRADECIMENTOS

À Associação dos Mineradores de Areia do Vale do Ribeira/SP, pelo apoio financeiro.

#### 6. REFERÊNCIAS

ABAD, M. Los sustratos hortícolas y técnicas de cultivo sin suelo. In: RALLO, L., NUEZ, F. (Ed.). **La horticultura Española en la C.E.**. Reus: Horticultura S.L, 1991. p.271-280.

ABAD, M. et al. Evaluation agronomica de los substratos de cultivo. **Actas de Horticultura**, v.11, p.141-154, 1992.

ANEFALOS, L. C.; TUCCI, M. L. S.; MODOLO, V. A. Uma visão sobre a pupunheira no contexto do mercado de palmito. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, v.2, n.7, 2007. Disponível em <http://www.iea.gov.br>.

ANSORENA, J. M. **Sustratos**: propiedades y caracterizacion. Espanha: Mundi-Prensa, 1994. 172p.

BALLESTER-OLMOS, J. F. **Substratos para el cultivo de plantas ornamentales**. Valencia: Instituto Valenciano de Investigaciones Agrárias, 1992. 44p. (Hojas Divulgadoras, 11).

BARBOSA, W. et al. Conservação e germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas da pereira porta-enxerto Taiwan Nashi-C. **Scientia Agricola**, v.54, n.3, p.147-151, 1997.

BIK, A. R.; BOERTJE, G. A. Fertilising standards for potting compost base Don the 1:1 volume extratxtion method of soil testing. **Acta Horticulturae**, v.50, p.153-156, 1975.

BOVI, M. L. A. **Palmito pupunha**: informações básicas para cultivo. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, 1998. (Boletim Técnico, 173).



- BOVI, M. L. A. O agronegócio palmito de pupunha. **Horticultura Brasileira**, v.21, n.1, 2003. (contracapa).
- BUNT, A. C. Some physical and chemical characteristics of loamless pot-plant substrates and their relation to plant growth. **Plant and Soil**, v.38, p.1954-1965, 1973.
- BUNT, A. C. **Media and mix for container-grown plants**. London: Unwin Hyman, 1988.
- CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1997. 132p.
- CAMARGO, O. A. et al. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do IAC**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1986. (IAC Publicação, 106)
- CLEMENT, C. R.; BOVI, M. L. A. Padronização de medidas de crescimento e produção em experimento com pupunheiras para palmito. **Acta Amazonica**, v.30, n.3, p.349-362, 2000.
- CONOVER, C. A. Soil amendment for pot and Field growth flower. **Florida Flower Grower**, v.4, n.4, p.1-4, 1967.
- DANIEL, O. et al. Aplicação de fósforo em mudas de *Acacia mangium*. **Revista Árvore**, v. 21, n.2, p.163-168, 1997.
- FERREIRA, S. A. N. Pupunha, *Bactris gasipaes* Kunth. In: FERRAZ, I. D. K.; CAMARGO J. L. C. (Orgs.). **Manual de sementes da Amazônia**. Manaus: INPA, 2005. v.5. p.1-12.
- FONSECA, E. B. A.; MOREIRA, M. A.; DE CARVALHO, J. G. **Cultura da pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth.)**. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2001. (Boletim de Extensão, 29) Disponível em: [http://www.editora.ufla.br/BolExtensao/pdfBE/bol\\_29.pdf](http://www.editora.ufla.br/BolExtensao/pdfBE/bol_29.pdf)
- FONTENO, W. C. Substrates in horticulture. **Acta Horticulture**, v.342, n.1, p.93-122, 1993.
- GARCIA, T. B.; FONSECA, C. E. L. Crescimento de mudas de pupunheira em condições de viveiro coberto com palha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, n.9, p.1447-1451, 1991.
- GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactios of the British Mycological Society**, v.46, p.235-246, 1963.
- GUERRERO, F.; POLO, A. Control de las propiedades hidrofísicas de las turbas para su utilización agrícola. **Agricultura Mediterránea**, v.119, p.453-459, 1989.
- JANICK, J. Orientação do crescimento da planta. In: JANICK, J. **A ciência da horticultura**. 2.ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1968. p.202-237.
- JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, v.48, n.9, p.692, 1964.
- KÄMPF, A. N. Evolução e perspectivas do crescimento do uso de substratos no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATO PARA PLANTAS, 4., 2004, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2004. p.106-128.
- KÄMPF, A. N.; FERMINO, M. H. (Ed.). **Substrato para plantas: a base da produção vegetal em recipientes**. Porto Alegre: Gênese, 2000. 312p.
- LACERDA, M. R. B. et al. Características físicas e químicas de substratos à base de pó de coco e resíduo de sisal para produção de mudas de sabiá (*Mimosa Caesalpiniaefolia* Benth). **Revista Árvore**, v.30, n.2, p.163-170, 2006.
- LIMA, G. B. N.; CARVALHO, G. R.; MALUF, W. R. **Cultivo de palmito de pupunha**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1999. (Boletim Técnico de Hortaliças, 22)
- LORENZI, H. et al. **Palmeiras no Brasil: exóticas e nativas**. Nova Odessa: Plantarum, 1996. 303p.

- MINAMI, K. **Produção de mudas de alta qualidade em horticultura**. São Paulo: T.A. Queiroz, 1995. 136p.
- MODOLO, V. A.; TESSARIOLI NETO, J. Desenvolvimento de mudas de quiabeiro [*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench] em diferentes tipos de bandeja e substrato. **Scientia Agricola**, v.56, n.2, p.377-381, 1999.
- PENNINGSFELD, F. Kultursubstrate für den gartenbau, besonders in Deutschland: ein kritischer Überblick. **Plant and Soil**, v.75, p.269-281, 1983.
- RIVIÉRE, L. M. Importance des caractéristiques physiques dans le choix des substrats pour les cultures hors sol. **Revue Horticole**, v.209, n.1, p.23-27, 1980.
- ROBER, R. Substratos hortícolas: possibilidades e limites de sua composição e uso; exemplos da pesquisa da indústria e do consumo. In: KAMPF, A. N.; FERMINO, M. H. (Eds.) **Substratos para plantas: a base da produção vegetal em recipientes**. Porto Alegre: Gênese, 2000. p.123-138.
- SCHMITZ, J. A. K.; SOUZA, P. V. D.; KAMPF, A. N. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. **Ciência Rural**, v.32, n.6, p.937-944. 2002.
- SILVA, M. G. C. P. C. Cultivo da pupunheira. **Boletim Informativo CEPEC**, v.9, n.30, 2007, 17p.
- SILVA, R. P.; PEIXOTO, J. R.; JUNQUEIRA, N. T. V. Influência de diversos substratos no desenvolvimento de mudas de maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims flavicarpa DEG). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.23, n.2, p.377-381, 2001.
- SILVA, V. L. et al. Morfologia e avaliação de crescimento inicial de plântulas de *Bactris gasipaes* Kunth. (Arecaceae) em diferentes substratos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, n.3, p.477-480, 2006.
- SOUZA, M. M.; LOPEZ, L. C.; FONTES, L. E. Avaliação de substratos para o cultivo do crisântemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat., Compositae) White Polaris em vasos. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v.1, n.2, p.71-74, 1995.
- STURION, J. A. **Método de produção e técnicas de manejo que influenciam o padrão de qualidade de mudas de essências florestais**. Curitiba: Embrapa – URPFCS, 1981.p.5. (Documentos, 3)
- TAVARES JÚNIOR, J. E. **Volume e granulometria do substrato na formação de mudas de café**. 2004. 59f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.
- TRIGUEIRO, R. M.; GUERRINI, I. Uso de bio-sólido como substrato para produção de mudas de eucalipto. **Scientia Forestalis**, v.64, p.150-162, 2003.
- VALERI, S. V.; CORRADINI, L. Fertilização em viveiro para produção de mudas de Eucalyptus e Pinus. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p.168-190.
- VERDONCK, O., GABRIELS, R. Substrate requirements for plants. **Acta Horticulturae**, v.221, n.1, p.19-23, 1988.
- VERDONCK O.; VLEESCHAUWER, D.; De BOODT, M. The influence of the substrate to plant growing medium for plants. **Acta Horticulturae**, n.126, p.251-258, 1981.
- YUYAMA, K.; MESQUITA, S. M. S. Crescimento de mudas de pupunheira (*Bactris gasipaes*) transplantadas em diferentes estádios de plântula, substratos e volume de substrato. **Acta Amazonica**, v.30, n.3, p.515-520, 2000.